

# ANALISIS VALUE ENGINEERING PADA PERENCANAAN FONDASI DI TANAH LUNAK DENGAN MENGGUNAKAN PERBAIKAN TANAH METODE *VACUUM*

Anthony Kesumah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara

Email: [anthony\\_kesumah@hotmail.com](mailto:anthony_kesumah@hotmail.com)

Masuk : 29-08-2021, revisi: 06-04-2022, diterima untuk diterbitkan : 30-10-2022

---

## ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang didominasi oleh tanah lunak. Tanah lunak merupakan jenis tanah yang kurang mendukung untuk suatu pekerjaan konstruksi. Kegagalan konstruksi pada tanah lunak sudah sering terjadi di Indonesia maupun di negara lain. Oleh karena itu, perencanaan konstruksi pada tanah lunak harus diperhatikan baik dari segi desain maupun segi pelaksanaan sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan dengan baik. Selain itu, pertimbangan dari segi biaya, waktu, dan tingkat keamanan juga tetap harus diperhatikan. Untuk mendapatkan hasil pekerjaan dengan kinerja, biaya, dan waktu yang sesuai, dapat diterapkan metode *Value Engineering* (VE) pada tahap perencanaan proyek. Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari alternatif metode mana yang lebih baik jika konstruksi fondasi berada pada tanah lunak. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa konstruksi langsung tanpa *vacuum* menghasilkan selisih biaya yang lebih murah yaitu sebesar Rp. 2.605.156.860,00. Selain itu waktu penyelesaian pekerjaan fondasi *bored pile* lebih cepat 11 bulan jika dilakukan konstruksi langsung. Metode *vacuum* memberikan keuntungan dimana kondisi tanah menjadi lebih stabil dan juga memberikan efisiensi pemotongan panjang *bored pile*. Tetapi, kestabilan yang diberikan tidak terlalu signifikan perbedaannya. Selain itu, efisiensi biaya dari pemotongan panjang *bored pile* lebih kecil dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk *vacuum*. Dari informasi perbandingan di atas, dihitung koefisien fungsi, koefisien biaya, dan koefisien nilai. Hasil perhitungan menunjukkan koefisien nilai sebesar 1,0649 untuk alternatif konstruksi langsung sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif konstruksi langsung lebih baik dibandingkan dengan melakukan perbaikan tanah metode *vacuum* terlebih dahulu.

**Kata Kunci:** Tanah Lunak, *Value Engineering*, *Vacuum*, *Bored Pile*.

## ABSTRACT

Indonesia is an area that is dominated by soft soils. Soft soils are the type of soil that is less supporting for construction work. Failures of construction on soft soils actually have often occurred in Indonesia and in other countries. Therefore, construction planning on soft soils must be considered both in terms of design and implementation so that the work can be carried out properly. Moreover, cost, time, and safety aspects must also be considered. In order to get appropriate performance, cost, and time results, *Value Engineering* (VE) method can be applied in the initial design stage. This study is intended to find a better alternative method for construction on soft soil. Results of the study shows that direct construction without vacuum has a lower cost with the difference of Rp. 2,605,156,860.00. Moreover, the bored pile production time is 11 months faster using direct construction. The vacuum method gives advantages to the soil condition becomes more stable and also gives an opportunity to cut the bored pile length for cost efficiency. However, the soil stability after improvement is not significantly different. Moreover, the cost efficiency of cutting the bored pile length is smaller than the cost of vacuum works. Based on the comparison information above, the coefficient of function, cost coefficient, and value coefficient calculated. The calculation result shows that the coefficient value for the direct construction alternative is 1.0649, so it can be concluded that the direct construction alternative is better than performing the soil improvement first with vacuum method.

**Keywords:** Soft Soils, *Value Engineering*, *Vacuum*, *Bored Pile*.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat baik dalam infrastruktur maupun gedung tinggi yang bersifat komersil seperti halnya gedung kantor, apartemen, dan hotel. Pembangunan ini diharapkan dalam berlangsung secara terus-menerus di seluruh bagian Indonesia agar dapat terjadi penyamarataan taraf ekonomi di Indonesia. Maka dari itu, para pelaksana kegiatan konstruksi dituntut untuk dapat melakukan pembangunan di segala macam kondisi.

Kendala yang paling sering dihadapi oleh para praktisi adalah jika konstruksi dilakukan pada tanah lunak. Indonesia merupakan daerah yang memiliki penyebaran tanah lunak yang cukup luas (Panduan Geoteknik I, 2002). Tanah jenis ini umumnya dapat ditemui di wilayah Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya dengan ketebalan yang dapat mencapai lebih dari 30 meter. Selain ketiga wilayah tersebut, tanah lunak juga tersebar di kawasan Indonesia lainnya namun dalam jumlah atau proporsi yang relatif lebih sedikit di Indonesia.

Tanah lunak merupakan jenis tanah yang kurang mendukung untuk suatu pekerjaan konstruksi karena memiliki sifat kembang susut yang tinggi serta daya dukung tanah yang rendah. Selain itu, tanah jenis ini memiliki kandungan air yang sangat tinggi dan sulit terdrainasi karena sifat permeabilitas tanah yang relatif rendah serta kompresibilitas yang besar sehingga tanah ini akan mengalami penurunan yang besar dan dalam waktu yang lama (Terzaghi, 1967). Kegagalan geoteknik (termasuk kegagalan konstruksi pada tanah lunak) sudah banyak ditemukan di Indonesia maupun di negara lain (Gouw, 2012). Kejadian yang baru-baru ini ramai di Indonesia adalah robohnya dinding penahan tanah proyek Rumah Sakit Siloam Gubeng yang mengakibatkan amblesnya jalan Gubeng di Surabaya. Selain itu, masih banyak kegagalan geoteknik pada tanah lunak namun tidak terekspose oleh pihak luar.

Melihat dari beberapa kasus kegagalan yang terjadi dan kerugian yang ditimbulkan, perencanaan dan pelaksanaan pembangunan pada tanah lunak harus lebih diperhatikan dan dipertimbangkan secara matang.

Menurut Dell'Isola (1997), untuk mendapatkan hasil yang maksimal, *Value Engineering* (VE) seharusnya dilakukan sedini mungkin karena potensi penghematan dari penerapan VE lebih besar terjadi di tahap awal (perencanaan). Pemilihan metode konstruksi yang baik dan tepat menjadi titik awal keberhasilan suatu pembangunan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses perencanaan dan pemilihan metode ini adalah mutu, biaya, waktu pelaksanaan, dan faktor keamanan. Keseimbangan antar aspek ini perlu diperhatikan karena jika tidak akan ada ketimpangan, seperti mutu, waktu pelaksanaan, dan faktor keamanan yang sangat baik namun dengan biaya yang sangat tinggi, begitupula sebaliknya.

Pada penelitian ini, akan dibahas mengenai perencanaan proses konstruksi gedung tinggi dengan *basement* pada kondisi tanah lunak yang tebal di salah satu kota besar di Indonesia. Penerapan VE dilakukan pada sistem pekerjaan struktur bawah (fondasi dan galian) yang dilaksanakan tanpa adanya perbaikan tanah dibandingkan dengan jika adanya perbaikan tanah terlebih dahulu.

### Rumusan Masalah

- Faktor-faktor apa saja yang perlu diperhatikan saat proses konstruksi bangunan tinggi dengan *basement* pada tanah lunak?
- Dengan mempertimbangkan biaya, waktu pelaksanaan, mutu, dan keamanan, metode mana yang lebih efektif untuk digunakan antara dilakukan tanpa *vacuum* dan dengan *vacuum*?
- Dengan penilaian VE, seberapa perbedaan biaya, fungsi, dan nilai dari kedua metode tersebut pada penelitian ini?

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui (Kasiram, 2008). Penelitian kuantitatif dengan format deskriptif bertujuan untuk menjelaskan, meringkaskan berbagai kondisi, situasi, atau berbagai variabel yang timbul di masyarakat yang menjadi objek penelitian berdasarkan apa yang terjadi (Bungin, 2008).

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder yang didapatkan dari konsultan perencana dan pelaksana konstruksi di Proyek. Data yang didapat kemudian diolah menggunakan instrumen *Value Engineering* (VE). Analisis VE menggunakan beberapa tahapan yaitu:

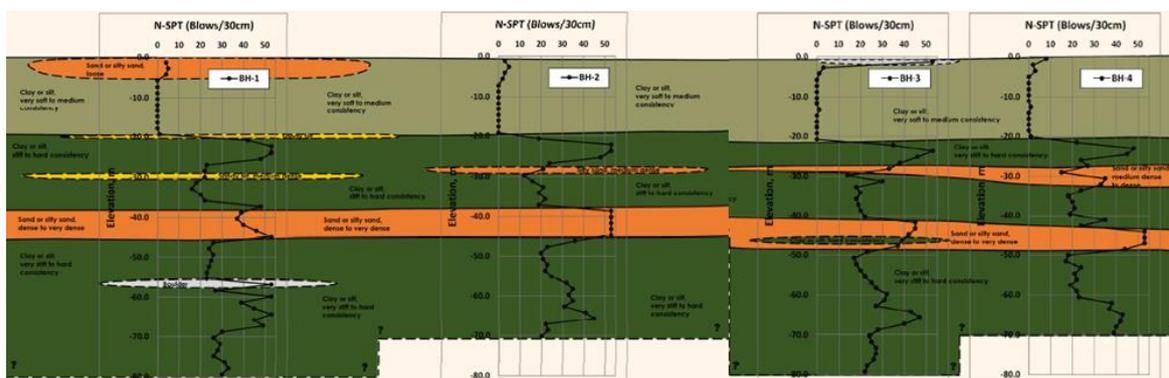
- a. Tahap informasi,  
Semua jenis data dan informasi yang berhubungan dengan objek studi dikumpulkan dalam tahap ini. Data-data yang dimaksud berupa deskripsi proyek, gambar kerja, laporan penyelidikan tanah, dan biaya awal.
- b. Tahap kreatif / spekulasi,  
Pada tahap kreatif, ditentukan alternatif-alternatif beserta dengan kelebihan dan kekurangannya.
- c. Tahap analisis,  
Pada tahap ini, alternatif-alternatif yang ada dilakukan analisis.
- d. Tahap pengembangan,  
Tahap pengembangan merupakan lanjutan dari tahap analisis dimana hasil yang didapat akan diolah lebih lanjut.
- e. Tahap penyajian.  
Pada tahap ini akan disajikan rekomendasi-rekomendasi atas alternatif yang dipilih.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahap Informasi

Data yang diambil merupakan data proyek pembangunan gedung tinggi di kota Surabaya. Fungsi bangunan adalah sebagai *mixed used apartment* dengan satu *basement*. Proteksi galian dengan *diaphragm wall* (d-wall) dan fondasi yang digunakan adalah tiang bor (*bored pile*).

Kondisi tanah lapisan atas pada area proyek didominasi dengan tanah lunak lempung yang cukup tebal (kedalaman -5 meter sampai dengan -20 meter) dengan nilai N-SPT sebesar 0 – 1. Stratifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Stratifikasi tanah

Dalam proses konstruksi direncanakan untuk melakukan perbaikan dengan metode *vacuum* terlebih dahulu untuk memperbaiki kualitas tanah lunak di lapisan atas. PVD dipasang sampai dengan kedalaman 20 meter. Dengan adanya aktifitas perbaikan dengan metode *vacuum*, terjadi peningkatan pada kualitas tanah. Peningkatan kualitas tanah dilakukan dengan cara perhitungan karena proyek ini masih dalam tahap perencanaan. Besaran nilai N-SPT sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai N-SPT sebelum dan setelah perbaikan

Kedalaman (m)	N-SPT (Awal)	N-SPT (setelah perbaikan)
0	0	2,36
- 1,5	8	10,36
- 3	2	4,36
- 4,5	3	5,36
- 6	0	2,36
- 7,5	0	2,36
- 9	0	2,36
- 10,5	0	2,36
- 12	0	2,36
- 13,5	1	3,36
- 15	0	2,36
- 16,5	0	2,36
- 18	0	2,36
- 19,5	0	2,36

Dari tabel di atas didapatkan bahwa ada peningkatan kekuatan tanah yang dapat dilihat dari nilai N-SPT per kedalaman. Peningkatan kekuatan tanah yang terjadi menyebabkan daya dukung tanah meningkat juga sehingga panjang fondasi tiang bor dapat dipotong. Jumlah tiang bor yang digunakan sebagai fondasi adalah 250 titik Ø1200 dan 193 titik Ø800. Panjang tiang awal dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Panjang tiang sebelum dan setelah perbaikan

Fondasi	Panjang Tiang Awal	Panjang Tiang Setelah Perbaikan
Tiang Bor Ø1200	59 meter	57 meter
Tiang Bor Ø800	39 meter	36 meter

Dari tabel di atas, panjang tiang dapat dipotong sekitar 2 – 3 meter. Jika dihitung berdasarkan jumlah tiang bor, maka total panjang yang dapat dipotong adalah 1.079 meter.

### Tahap Kreatif

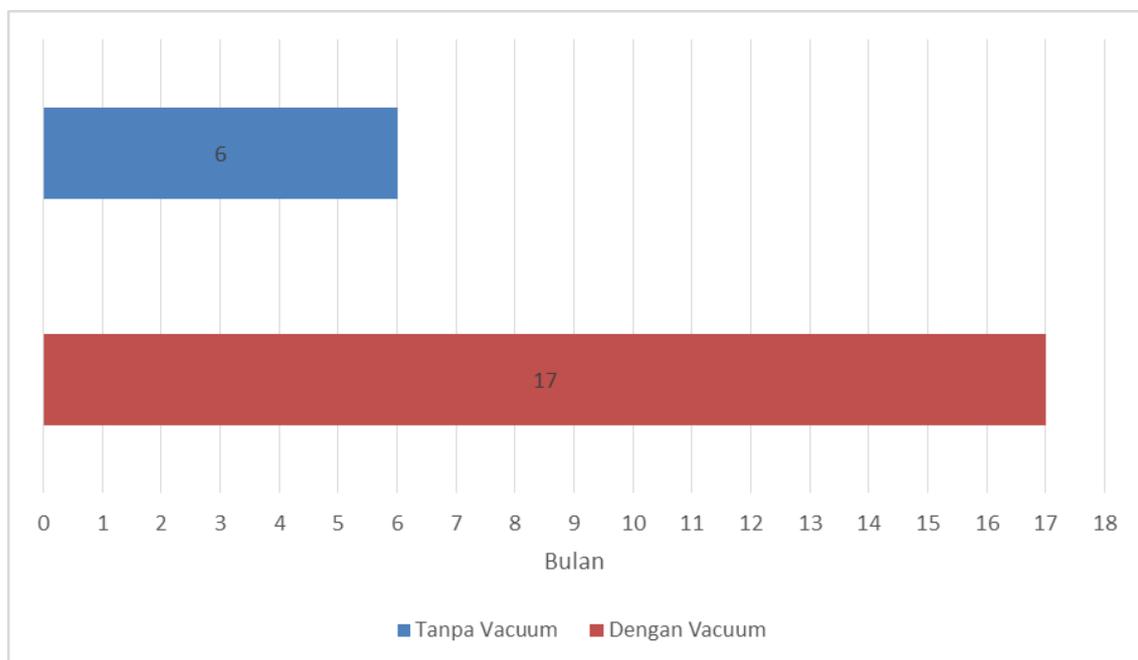
Dalam tahap kreatif / spekulasi, ada dua (2) alternatif metode yang dipilih yaitu pelaksanaan konstruksi langsung tanpa adanya *vacuum* (desain awal) dan pelaksanaan konstruksi dengan *vacuum* terlebih dahulu. Dari dua (2) alternatif tersebut, dibuat beberapa kategori perbandingan

untuk membantu proses analisis. Perbandingan yang dilakukan antara lain adalah perbandingan biaya, waktu, dan juga mutu yang dihasilkan dari masing-masing alternatif.

Tabel 3. Perbandingan biaya alternatif

No.	Alternatif	Biaya Fondasi	Biaya Vacuum	Total Biaya
1	Tanpa Vacuum	Rp. 56.765.743.107	-	Rp. 56.765.743.107
2	Dengan Vacuum	Rp. 54.709.644.767	Rp. 4.661.255.200	Rp. 59.370.899.967

Pada rangkuman tabel biaya dapat dilihat bahwa biaya pembuatan fondasi lebih rendah dengan adanya pekerjaan *vacuum* terlebih dahulu. Tetapi secara total biaya tetap lebih besar karena adanya biaya yang dikeluarkan untuk proses *vacuum*.



Gambar 2. Grafik perbandingan waktu

Selisih waktu antara kedua alternatif adalah sebelas (11) bulan dimana pekerjaan langsung (tanpa *vacuum*) dapat diselesaikan dengan lebih cepat.

Tabel 4. Perbandingan defleksi dan *heave*

No.	Alternatif	Defleksi <i>D-Wall</i> (cm)	<i>Heave</i> pada Tanah (cm)
1	Tanpa Vacuum	5,257	16,638
2	Dengan Vacuum	4,797	11,125

*Vaccum* meningkatkan kekuatan tanah sehingga tanah menjadi lebih stabil. Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa aktivitas *vacuum* mempengaruhi kinerja dari *d-wall*. Ada peningkatan kualitas tanah sehingga defleksi pada *d-wall* relatif lebih kecil. Selain itu, juga terjadi efek naiknya tanah (*basal heave*) yang terjadi relatif lebih kecil daripada desain awal.

### Tahap Analisis

Dari dua (2) alternatif yang diajukan, dibuat 5 kriteria penilaian yaitu:

1. Biaya konstruksi.
2. Jadwal proyek.
3. Tingkat keamanan.
4. Kemudahan pelaksanaan.
5. Resiko kegagalan.

Pada Tabel 5 dapat dilihat keuntungan dan kerugian setiap alternatif sebagai parameter dalam memutuskan alternatif yang lebih baik baik dalam hal biaya, waktu, dan mutu. Penilaian pada Tabel 5 berdasarkan keuntungan dan kerugian dari masing-masing alternatif.

Tabel 5. Analisis keuntungan dan kerugian

No.	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
1	Tanpa <i>vacuum</i>	- Jadwal lebih cepat (pekerjaan <i>bored pile</i> ) dapat langsung dikerjakan bersamaan atau setelah pembuatan <i>d-wall</i> . - Total biaya lebih murah.	- Kestabilan tanah relatif lebih rendah saat penggalian sehingga alat berat dan orang lebih sulit melakukan pekerjaan. - Stabilitas dinding penahan tanah yang relatif lebih rendah saat penggalian. - Terjadi <i>basal heave</i> .
2	Dengan <i>vacuum</i>	- Kestabilan tanah relatif lebih baik saat penggalian sehingga alat berat dan orang lebih mudah melakukan pekerjaan. - Tingkat keamanan saat konstruksi lebih baik.	- Jadwal lebih lama (ada waktu tunggu <i>vacuum</i> sekitar 6 bulan). Sehingga selisih waktu penyelesaian menjadi 11 bulan. - Penambahan biaya awal untuk <i>vacuum</i> . - Terjadi <i>Basal heave</i> tetapi tidak sebesar sebelum adanya <i>vacuum</i> .

Pada Tabel 6 berisi penjelasan bobot relatif untuk pemilihan keputusan dan pada Tabel 7 berisi analisis matriks untuk kedua alternatif.

Tabel 6. Bobot relatif untuk pemilihan keputusan

Kriteria	Bobot Relatif untuk Pemilihan Keputusan										Total Bobot	Bobot yang Diberikan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Biaya Konstruksi	6	5	6	4							21	9,13
Jadwal Proyek	4				5	6	5				20	8,70
Tingkat Keamanan		5			5		6	5			21	9,13
Kemudahan Pelaksanaan			4			4	4		3		15	6,52
Risiko Kegagalan				6			5	5	7		23	10,00

Tabel 7. Analisis matriks

Kriteria Alternatif	Biaya Konstruksi	Jadwal Proyek	Tingkat Keamanan	Kemudahan Pelaksanaan	Risiko Kegagalan	Total
10 = Sangat Penting 0 = Tidak Penting	9,13	8,70	9,13	6,52	10,00	
Tanpa <i>vacuum</i>	4 36,52	4 34,80	2 18,26	2 13,04	3 30,00	132,62
Dengan <i>vacuum</i>	3 27,39	1 8,70	4 36,52	3 19,56	3 30,00	122,17

Tingkat penilaian :

4 = Sangat Baik ; 3 = Baik ; 2 = Cukup ; 1 = Rendah

Dari analisis matriks yang dilakukan dengan kriteria penilaian di atas, dapat dilihat bahwa alternatif konstruksi langsung *tanpa vacuum* mendapat nilai yang lebih tinggi daripada dengan pelaksanaan *vacuum* terlebih dahulu.

### Tahap Pengembangan

Pada tahap ini akan dihitung koefisien fungsi, koefisien biaya, dan koefisien nilai.

Koefisien fungsi diambil dari Tabel 7. Dari tabel tersebut, dihitung masing-masing koefisien untuk masing-masing alternatif.

Koefisien fungsi tanpa *vacuum* =  $132,62 / (132,62 + 122,17) = 0,5205$ .

Koefisien fungsi dengan *vacuum* =  $122,17 / (132,62 + 122,17) = 0,4795$ .

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa alternatif tanpa *vacuum* mendapatkan koefisien fungsi yang lebih besar dibandingkan alternatif dengan *vacuum*.

Tabel 8. Koefisien biaya

Metode	Biaya Fondasi	Biaya <i>Vacuum</i>	Total Biaya	Koefisien Biaya
Tanpa <i>Vacuum</i>	Rp. 56.765.743.107	-	Rp. 56.765.743.107	0,4888
Dengan <i>Vacuum</i>	Rp. 54.709.644.767	Rp. 4.661.255.200	Rp. 59.370.899.967	0,5112
	Total		Rp. 116.136.643.074	1

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa alternatif tanpa *vacuum* mendapatkan koefisien biaya yang lebih kecil dibandingkan alternatif dengan *vacuum*.

Tabel 9. Koefisien nilai

Metode	Koefisien Fungsi	Koefisien Biaya	Koefisien Nilai
Tanpa <i>Vacuum</i>	0,5205	0,4888	1,0649
Dengan <i>Vacuum</i>	0,4795	0,5112	0,9380

Dari hasil evaluasi koefisien nilai di atas, koefisien nilai tanpa *vacuum* > 1. Maka diusulkan untuk menggunakan alternatif konstruksi langsung tanpa *vacuum*.

### **Tahap Penyajian**

Pada tahap ini diberikan rekomendasi akhir berdasarkan semua analisis yang telah dilakukan. Rekomendasi ini terkait dengan pemilihan metode konstruksi bangunan tinggi dengan *basement* pada tanah lunak. Ada dua (2) alternatif yang diajukan dalam penelitian ini yaitu konstruksi langsung tanpa adanya perbaikan tanah dan konstruksi setelah perbaikan tanah dengan metode *vacuum*. Dari analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alternatif konstruksi langsung tanpa *vacuum* lebih diusulkan untuk digunakan.

Secara total biaya secara keseluruhan alternatif konstruksi langsung lebih baik dibandingkan melakukan *vacuum* terlebih dahulu. Alternatif konstruksi langsung memiliki biaya total yang lebih murah yaitu sebesar Rp. 56.765.743.107,00 atau selisih dengan alternatif *vacuum* sebesar Rp. 2.605.156.860,00. Secara waktu, konstruksi langsung menunjukkan waktu penyelesaian pekerjaan fondasi lebih cepat dimana hanya membutuhkan waktu 6 bulan atau selisih waktu dengan *vacuum* selama 11 bulan.

Secara tingkat keamanan dan kemudahan pelaksanaan, alternatif *vacuum* lebih unggul dibandingkan konstruksi langsung. Namun keunggulan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan sehingga faktor biaya dan waktu lebih dipertimbangkan.

## **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

- a. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan saat proses konstruksi bangunan tinggi dengan *basement* pada tanah lunak dalam penelitian ini adalah biaya konstruksi, jadwal proyek, tingkat keamanan, kemudahan pelaksanaan, dan risiko kegagalan.
- b. Metode konstruksi yang lebih efektif digunakan dengan mempertimbangkan biaya, waktu pelaksanaan, mutu, dan keamanan adalah metode konstruksi langsung tanpa perlu adanya pekerjaan *vacuum* terlebih dahulu.
- c. Dari penilaian VE, didapatkan koefisien fungsi, biaya, dan nilai. Besarnya perbedaan koefisien pada kedua metode adalah sebagai berikut :
  - Secara fungsi, metode tanpa *vacuum* mendapatkan koefisien yang lebih baik yaitu sebesar 0,5205. Sedangkan metode *vacuum* mendapatkan koefisien sebesar 0,4795
  - Secara biaya, metode tanpa *vacuum* mendapatkan koefisien yang lebih baik yaitu sebesar 0,4888. Sedangkan metode *vacuum* mendapatkan koefisien sebesar 0,5112.
  - Koefisien nilai yang didapat dari hasil VE untuk metode tanpa *vacuum* adalah sebesar 1,0649. Sedangkan koefisien nilai untuk metode *vacuum* adalah sebesar 0,9381.
- d. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa metode dengan koefisien nilai lebih dari 1 memiliki kinerja yang lebih baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode konstruksi langsung tanpa *vacuum* lebih dipilih untuk pelaksanaan di proyek ini.

### **Saran**

Saran yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini adalah para pelaku konstruksi perlu menerapkan penggunaan VE dalam pengambilan keputusan sehingga nilai dari proyek tersebut dapat tetap terjaga. VE dapat membantu para pelaku konstruksi untuk melihat lebih dalam lagi berbagai dari macam aspek atau faktor yang dapat mempengaruhi nilai proyek.

## REFERENSI

- Asiyanto. (2005). *Construction Project Cost Management*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Atabay, S. & Galipogullari, N. (2013): Application of Value Engineering in Construction Projects. *J. of Traffic and Transportation Eng, 1(1)*, 39-48.
- Barrie, DS. & Paulson, BC. (1984): *Professional Construction Management*. McGraw-Hill Inc. New York.
- Brooks, H. & Nielsen JP. (2013): *Basics of Retaining Wall Design*. HBA Publications. California.
- Coduto, DP. (2001): *Foundation Design Principles and Practices*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Chu, J., Yan, SW., & Indraratna (2005): *Vacuum Preloading Techniques – Recent Development and Applications*, In Proceedings of ASCE GeoCongress: Geosustainability and Geohazard Mitigations, New Orleans, ASCE, Reston, VA, USA, 586-595.
- Cur. (1996): *Building on Soft Soils*. A. A. Balkema Publishers. Rotterdam, Brookfield.
- Das, BM. (2014): *Advanced Soil Mechanics* (4<sup>th</sup> ed.). CRC Press. New York.
- Das, BM. (1994): *Principles of Geotechnical Engineering* (3<sup>rd</sup> ed.). McGraw-Hill Inc. New York.
- Dell'Isola, A.(1997): *Value Engineering : Practical Applications for Design Construction, Maintenance, & Operation*, R.S. Means Company Inc.
- Donomartono. (1999): *Aplikasi Value Engineering Guna Mengoptimalkan Biaya pada Tahap Perencanaan Kontruksi Gedung dengan Struktur Balok Beton Pratekan*, Tugas Akhir JTS, Surabaya, Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gouw, TL. (1992): *Perbaikan Tanah dengan Cara Dinamis dan Statis dan Dengan Penggunaan Geosintetik*. Jakarta.
- Gouw, TL & Yu, L. (2012): *Soil Improvement by Vacuum Preloading for A Power Plant Project in Vietnam*. HATTI-PIT-XVI 2012. Jakarta.
- Han, J. (2015): *Principles and Practice of Ground Improvement*. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey.
- Hardiyatmo, HC. (2012): *Mekanika Tanah 1* (6<sup>th</sup> ed.). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, HC. (2014): *Tanah Ekspansif Permasalahan dan Penanganan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Indraratna, B., Rujikiatkomjorn. C., Balasubramaniam, AS., & Wijeyakulasuriya, V. (2005c): Prediction and Observations of Soft Clay Foundations Stabilized with Geosynthetic drain Vacuum Surcharge. In B. Indraratna & J. Chu (Ed.). *Ground Improvement – Case Histories Book Vol.3* (pp. 199-230). London: Elsevier.
- Ladd, CC., Foott, R., Ishihara, K., Schlosser, F., & Poulos, HG. (1977): *Stress-Deformation and Strength Characteristics*, Proc. 11<sup>th</sup> ICSMFE, Tokyo, 421-482.
- Makarim, CA. (2007): *VE Teori (Terjemahan Bebas) Buku Instruktur*. GDLN (GLAD Batch 3) Value Engineering e-learning 2007 module.
- Mesri, G. (1975): Discussion on The New Design Procedure for Stability of Soft Clays, *Jour. Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol.101*, 409-412.
- Miles, LD. (1972): *Techniques of Value Analysis ang Engineering*. McGraw-Hill Inc. New York.
- Nicholson, PG. (2015): *Soil Improvement and Ground Modification Methods*. Elsevier Inc. Oxford.
- Panguriseng, D. (2017): *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ. Yogyakarta
- Quynh, VM. & Wang, B (2010): *Advantages Study of Vacuum Preloading at Bottom of Soil Layer for Reclamation Projects*, In Proceedings of the 11<sup>th</sup> National Conference on Rock Mechanics and Engineering. Wuhan.

- Rahardjo, PP. (2005): *Manual Pondasi Tiang* (5<sup>th</sup> ed.). Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Reese, LC., Isenhowe, WM., & Wang, ST. (2006): *Analysis and Design of Shallow and Deep Foundations*. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey.
- Soeharto, I. (1997): *Manajemen Proyek*. Erlangga. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia 8460. (2017): *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional.
- Terzaghi, K. & Peck, RB. (1967): *Soil Mechanics in Engineering Practice* (2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey.
- Widjaja, L. (1995): *Aplikasi Secant Pile untuk Proteksi Galian pada Konstruksi Basement*. Seminar Basement Construction'95.
- Zimmerman, LW. & Hart, GD. (1982): *Value Engineering: A Practical Approach for Owners, Designers and Contractors*. Van Nostrand Reinhold Inc. New York.