

PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PEKERJAAN PONDASI TIANG PANCANG DAN STRUKTUR GEDUNG UNTUK OPTIMALISASI PEMBIAYAAN PADA PROYEK KONSTRUKSI

Widi Hartono¹, Larto², Edy Purwanto³

¹Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

³Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 –Telp. 0271-634524

Email: soelartocivilengineering@gmail.com

ABSTRAK

Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek bangunan harus direncanakan dengan efisien dan optimal. Dalam Manajemen Konstruksi (MK) terdapat suatu disiplin ilmu teknik sipil yang dapat digunakan untuk mengefisienkan dan mengefektifkan biaya. Ilmu tersebut dikenal dengan nama *Value Engineering/* Rekayasa Nilai. *Value Engineering* (VE) adalah suatu cara pendekatan yang kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. VE digunakan untuk mencari suatu alternatif-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik/ lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan. Dalam sebuah proyek konstruksi sering kali terjadi pengelembungan pembiayaan yang dirasakan tidak perlu atau sekiranya bisa dikurangi khususnya di proyek pembangunan pabrik farmasi kosmetik PT. Dion Putra Bintang di Klaten. Penelitian ditujukan pada apa saja item pekerjaan yang dapat dilakukan *Value Engineering*, bagaimana cara Memilih dan memperhitungkan jenis pondasi untuk pembangunan konstruksi gedung yang lebih tepat dan efisien dan seberapa besar efisiensi biaya yang diperoleh setelah dilakukan analisis *Value Engineering*.

Beberapa proses yang dilakukan diantaranya tahap pengumpulan informasi, tahap kreatif, tahap analisa dan tahap rekomendasi. Menggunakan metode *Zero one* untuk mengolah data dan mendapatkan alternatif yang diinginkan.

Penggunaan pondasi tiang pancang dengan penampang persegi yang berukuran 40 cm x 40 cm dengan panjang tiang 14 m sebanyak 503 buah dalam pekerjaan struktur bawah proyek pembangunan pabrik farmasi kosmetik PT. Dion Putra Bintang setelah dilakukan penelitian diperoleh pengganti pondasi tiang pancang dengan penampang persegi ukuran 60 cm x 60 cm dan panjang 20 m sebanyak 210 buah dengan total penghematan sebesar Rp 1.148.494.432,-

Kata kunci : Pondasi, Value Engineering, Pabrik farmasi, Zero one

ABSTRACT

Larto.2014. **Application Of Value Engineering In The Work Of Pile Foundation And Building Structure To Optimize The Financing Of Construction Projects.** Skripsi. Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Sebelas Maret Surakarta

Budget Plan (RAB) a building project should be planned efficiently and optimally. In Construction Management (MK) there is a civil engineering disciplines that can be used to streamline costs. The science known as Value Engineering. Value Engineering (VE) is a creative approach and planned with the aim to identify and streamline costs unnecessarily. VE is used to find an alternatives or ideas that aim to produce a better cost / lower than the price that had been planned in advance with functional limitations and quality of work. In a construction project financing is often the case inflate the perceived no need or if it were to be reduced, especially in the construction of pharmaceutical factories cosmetic PT. Dion's Putra Bintang in Klaten. Research aimed at any item of work that can be done Value Engineering, how Choose and taking into account the type of foundation for the building construction more precise and efficient, and how large the cost efficiency obtained after the analysis of Value Engineering.

Some processes were conducted including information gathering phase, creative phase, phase analysis and recommendation stage. Using Zero-one method to process the data and obtain the desired alternative.

The use of pile foundation with square cross section measuring 40 cm x 40 cm with a length of 14 m as many as 503 pole pieces in the work under the structure of the pharmaceutical plant construction projects cosmetic PT. Dion's Putra Bintang after the study was obtained replacement pile foundation with a square cross-section size of 60 cm x 60 cm and a length of 20 m as many as 210 units with a total savings of Rp 1,148,494,432, -

Keywords: Foundations, Value Engineering, Pharmaceutical Factory, Zero one

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam sebuah Proyek konstruksi, Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek bangunan harus direncanakan dengan efisien dan optimal. Banyak hal yang dapat dilakukan sebelum membuat RAB, diantaranya pemilihan desain dan bahan yang akan dipakai, hal ini sangat penting dilakukan karena akan menunjukkan mutu dan kualitas daripada bangunan tersebut. Setelah RAB selesai, terkadang masih ada beberapa item pekerjaan yang memiliki anggaran biaya yang besar. Dalam Manajemen Konstruksi (MK) terdapat suatu disiplin ilmu teknik sipil yang dapat digunakan untuk mengefisienkan dan mengefektifkan biaya. Ilmu tersebut dikenal dengan nama *Value Engineering*/ Rekayasa Nilai.

DASAR TEORI

Pengertian *Value Engineering*

Value Engineering (VE) adalah suatu cara pendekatan yang kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. VE digunakan untuk mencari suatu alternatif-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik/ lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan.

METODE PENELITIAN

Proses pelaksanaan

- Tahap pengumpulan informasi
Untuk memperoleh latar belakang proyek berupa gambar-gambar rencana, RAB, dan lain-lain. Selanjutnya dari data-data yang didapat dilakukan pengelompokan pekerjaan berdasarkan *Master Plan* kemudian dibuat bagan cost model dan analisa fungsi dari item-item berbiaya tinggi.
- Tahap kreatif
Tahap dimana digali sebanyak mungkin alternatif-alternatif baru sebagai pembanding alternatif yang asli / pertama.
- Tahap analisa
Pada tahap analisa ini dilakukan studi lebih lanjut terhadap gagasan-gagasan alternatif, yaitu dengan:
 - Analisa keuntungan dan kerugian,
 - Analisa biaya siklus hidup proyek, dan
 - Analisa pembobotan kriteria dalam pemilihan alternatif guna mendapatkan alternatif yang potensial dan menguntungkan.
- Tahap rekomendasi
Alternatif yang dipilih pada tahap analisa diajukan pada tahap rekomendasi yang selanjutnya disampaikan secara tertulis kepada pemilik proyek

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penggunaan pondasi tiang pancang dengan penampang persegi yang berukuran 40 cm x 40 cm dengan panjang tiang 14 m sebanyak 503 buah dalam pekerjaan struktur bawah proyek pembangunan pabrik farmasi kosmetik PT. Dion Putra Bintang di Klaten.

Analisa kebutuhan tiang pancang berdasar daya dukung pondasi dan kebutuhan material bangunan

Dengan :

P = Beban yang bekerja

Qa = kapasitas dukung ijin tiang tunggal

Jenis pondasi existing : Pondasi tiang pancang tampang persegi ukuran 40/40 cm

Jumlah pondasi : 503 buah

Daya dukung pondasi : 350.40 kN

Total daya dukung untuk seluruh gedung $503 \times 350.40 \text{ kN} = 176251,2 \text{ kN}$

Berdasarkan asumsi bahwa digunakan jenis pondasi lain dengan daya dukung sama dengan pondasi pada perencanaan awal diperoleh jumlah pondasi yang diperlukan sesuai dengan ukuran masing-masing.

Tabel 1 Konversi Jumlah tiang pancang yang diperlukan berdasar daya dukung pondasi maksimum

No	Tiang pancang segitiga		Tiang pancang persegi		Tiang pancang lingkaran		Bored pile	
	S (cm)	Jumlah	S (cm)	Jumlah	D (cm)	Jumlah	D (cm)	Jumlah
1	30	3086	30	2023	30	2576	30	2576
2	35	1445	35	899	35	1144	35	1144
3	40	959	40	503	40	640	40	640
4	50	503	50	316	50	402	50	402
5	60	333	60	210	60	268	60	258

Tabel 2 Rekapitulasi pembiayaan total penggunaan pondasi untuk satu gedung

No	Jenis Pondasi	Dimensi (cm)	Harga (Rp)	Efisiensi (Rp)
1	Tiang pancang segitiga			
	<i>Lebar sisi</i>	30	11.416.831.933,-	
		35	6.359.728.391,-	
		40	6.643.572.565,-	
		50	4.737.827.207,-	
	Alternative 1	60	3.984.450.819,-	205.539.181,-
2	Tiang pancang persegi			
	<i>Lebar sisi</i>	30	9.002.730.028,-	
		35	5.032.154.176,-	
	Existing	40	4.189.990.000,-	0
	Alternative 2	50	3.643.472.387,-	546.517.613,-
	Alternative 3	60	3.041.495.568,-	1.148.494.432,-
3	Tiang pancang lingkaran			
	<i>Diameter</i>	30	12.751.292.605,-	
		35	7.436.759.494,-	
		40	5.783.242.500,-	
		50	4.980.881.031,-	
	Alternative 4	60	4.166.954.438,-	23.035.562,-
4	Bored pile			
	<i>Diameter</i>	30	8.700.235.280,-	
		35	5.212.343.497,-	
	Alternative 5	40	4.003.100.256,-	186.889.743,-
		50	4.617.555.420,-	
		60	5.354.471.221,-	

Perhitungan *Value Engineering* Pekerjaan pondasi
 Analisis Fungsi Pekerjaan pondasi

Tabel 3 Analisis Fungsi Pekerjaan pondasi

No	Uraian	Function			Cost (Rp)	Worth 1 (Rp)	Worth 2 (Rp)	Worth 3 (Rp)	Worth 4 (Rp)	Worth 5 (Rp)	Ket.
		Verb	Noun	Kind							
1	Pondasi	Menahan	Tekan	P	4.189.990.000,-	3.984.450.819,-	3.643.472.387,-	3.041.495.568,-	4.166.954.438,-	4.003.100.256,-	VE
		Efisiensi				205.539.181,-	546.517.613,-	1.148.494.432,-	23.035.562,-	186.889.743,-	
		Cost/Worth				1,051585323	1,149999109	1,377608452	1,005528153	1,046686251	

Keterangan :

- Untuk kolom *cost* nilainya didapat dari biaya pekerjaan *existing*. Untuk kolom *worth 1* nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 1 sedangkan kolom *worth 2* nilainya didapat dari pekerjaan alternatif 2.
- Nilai $cost/worth 1 = Rp1,572,574,574.19 / Rp1,450,912,092.35 = 1,051585323$
- Nilai $cost/worth 2 = Rp1,572,574,574.19 / Rp1,465,795,631.05 = 1,149999109$
- Nilai $cost/worth 3 = Rp1,572,574,574.19 / Rp1,465,795,631.05 = 1,377608452$
- Nilai $cost/worth 4 = Rp1,572,574,574.19 / Rp1,465,795,631.05 = 1,005528153$
- Nilai $cost/worth 5 = Rp1,572,574,574.19 / Rp1,465,795,631.05 = 1,046686251$
- Nilai *cost/worth* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, baik pada pekerjaan alternatif karena nilainya lebih dari 1, meskipun penghematan yang terjadi tidak besar.

Analisa Rangkings Pekerjaan pondasi

Tabel 4 Penilaian Bobot Sementara

No	Fungsi	Angka Rangkings	Bobot	Keterangan
1	Penghematan Biaya (I)	5	33.333	Prioritas Tertinggi
2	Kualitas (II)	4	26.667	Prioritas Tinggi

3	Kemudahan Pelaksanaan (III)	3	20.000	Prioritas Sedang
4	Mobilisasi (IV)	2	13.333	Prioritas Rendah
5	Waktu Pelaksanaan (V)	1	6.667	Prioritas Terendah
Jumlah Rangkaing		15	100	

Angka rangking yang dimiliki

$$= \frac{\text{Jumlah angka rangking}}{\text{Jumlah Rangkaing}} \times 100$$

Jumlah angka rangking

Setelah diketahui bobot, maka dilakukan penganalisaan untuk semua kriteria dengan dimunculkan preferensi sebagai acuan penting dan kurang penting masing-masing alternatif.

Preferensi alternatif untuk kriteria Penghematan Biaya (I) adalah sebagai berikut ;

Alternatif	Preferensi	Keterangan
Alternative 1 (A)	A < B : A < C	Alt A Kurang baik dari Alt B & C
Alternative 2 (B)	B > A : B < C	Alt B Lebih baik dari Alt A & Kurang baik dari Alt C
Alternative 3 (C)	C > A : C > B	Alt C Lebih baik dari Alt A & B
Alternative 4 (D)	D < A : D < B	Alt B Kurang baik dari Alt A & B
Alternative 5 (E)	E < A : E < B	Alt E Kurang baik dari Alt A & B

Tabel 5 Penilaian dengan Zero-One terhadap fungsi I

Alternatif	A	B	C	D	E	Jumlah	Indeks
A	X	0	0	1	1	2	2/10
B	1	X	0	1	1	3	3/10
C	1	1	X	1	1	4	4/10
D	0	0	0	X	0	0	0
E	0	0	0	1	X	1	1/10
Jumlah						10	1

Preferensi alternatif untuk kriteria Kualitas (II) adalah sebagai berikut ;

Alternatif	Preferensi	Keterangan
Alternative 1 (A)	A < B : A < C	Alt A Kurang baik dari Alt B & C
Alternative 2 (B)	B > A : B < C	Alt B Lebih baik dari Alt A & Kurang baik dari Alt C
Alternative 3 (C)	C > A : C > B	Alt C Lebih baik dari Alt A & B
Alternative 4 (D)	D > B : C > C	Alt D Lebih baik dari Alt B & C
Alternative 5 (E)	E > A : E > B	Alt E Lebih baik dari Alt A & B

Tabel 6 Penilaian dengan Zero-One terhadap fungsi II

Alternatif	A	B	C	D	E	Jumlah	Indeks
A	X	0	0	0	0	0	0
B	1	X	0	0	0	1	1/10
C	1	1	X	0	0	2	2/10
D	1	1	1	X	1	4	4/10

E	1	1	1	0	X	3	3/10
Jumlah						10	1

Preferensi alternatif untuk kriteria Kemudahan Pelaksanaan (III) adalah sebagai berikut ;

Alternatif	Preferensi	Keterangan
Alternative 1	(A) $A < B : A < C$	Alt A Kurang baik dari Alt B & C
Alternative 2	(B) $B > A : B < C$	Alt B Lebih baik dari Alt A&Kurang baik dari Alt C
Alternative 3	(C) $C > A : C > B$	Alt C Lebih baik dari Alt A & B
Alternative 4	(D) $D > B : C > C$	Alt D Lebih baik dari Alt B & C
Alternative 5	(E) $E > A : E > B$	Alt E Lebih baik dari Alt A & B

Tabel 7 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap fungsi III

Alternatif	A	B	C	D	E	Jumlah	Indeks
A	X	0	0	0	0	0	0
B	1	X	0	0	0	1	1/10
C	1	1	X	0	0	2	2/10
D	1	1	1	X	0	3	3/10
E	1	1	1	1	X	4	4/10
Jumlah						10	1

Preferensi alternatif untuk kriteria Mobilisasi (IV) adalah sebagai berikut ;

Alternatif	Preferensi	Keterangan
Alternative 1	(A) $A > B : A > C$	Alt A Lebih baik dari Alt B & C
Alternative 2	(B) $B < A : B > C$	Alt B Kurang baik dari Alt A & Lebih baik dari Alt C
Alternative 3	(C) $C < A : C < B$	Alt C Kurang baik dari A & B
Alternative 4	(D) $D < A : D < C$	Alt D Kurang baik dari Alt A & C
Alternative 5	(E) $E > A : E > D$	Alt C Lebih baik dari Alt A & D

Tabel 8 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap fungsi IV

Alternatif	A	B	C	D	E	Jumlah	Indeks
A	X	1	1	1	0	3	3/10
B	0	X	1	1	0	2	2/10
C	0	0	X	1	0	1	1/10
D	0	0	0	X	0	0	0
E	1	1	1	1	X	4	4/10
Jumlah						10	1

Preferensi alternatif untuk kriteria Waktu Pelaksanaan (V) adalah sebagai berikut;

Alternatif	Preferensi	Keterangan
Alternative 1	(A) $A < B : A < C$	Alt A Kurang baik dari Alt B & C
Alternative 2	(B) $B > A : B < C$	Alt B Lebih baik dari Alt A & Kurang baik dari Alt C

Alternative 3	(C)	$C > A : C > B$	Alt C Lebih baik dari Alt A & B
Alternative 4	(D)	$D > A : D > C$	Alt B Lebih baik dari Alt A & C
Alternative 5	(E)	$E < A : E < B$	Alt E Kurang baik dari Alt A & B

Tabel 9 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap fungsi V

Alternatif	A	B	C	D	E	Jumlah	Indeks
A	X	0	0	0	1	1	1/10
B	1	X	0	0	1	2	2/10
C	1	1	X	0	1	3	3/10
D	1	1	1	X	1	4	4/10
E	0	0	0	0	X	0	0
Jumlah						10	1

Tabel 10 Penganalisaan Metode *Zero-One*

No	Alternatif	Kriteria					Total	Ket
		I	II	III	IV	V		
	bobot	33.33	26.67	20.00	13.33	6.67		
1	Alt A	2/10	0	0	3/10	1/10		indeks
		6,666	0	0	3,999	0,666	11,3316	bobot
2	Alt B	3/10	1/10	1/10	2/10	2/10		indeks
		9,999	2,666	2	2,666	1,333	18,6642	bobot
3	Alt C	4/10	2/10	2/10	1/10	3/10		indeks
		13,333	5,333	4	1,333	1,999	25,9988	bobot
4	Alt D	0	4/10	3/10	0	4/10		indeks
		0	10,666	6	0	2,666	19,3324	bobot
5	Alt E	1/10	3/10	4/10	4/10	0		indeks
		3,333	7,999	8	5,333	0	24,6652	bobot

Keterangan :

- A adalah pekerjaan alternatif 1, B adalah pekerjaan alternatif 2, C adalah pekerjaan alternatif 3, D adalah pekerjaan alternatif 4, dan E adalah pekerjaan alternatif 5.
- Pemberian nilai pada bobot berdasarkan kepentingan kriteria didapat dari tabel 4.12, tabel 4.13, tabel 4.14, tabel 4.15, dan tabel 4.16 sedangkan *indeks* didapat dari tabel 4.11.
- Pada baris A,B,C,D,E dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian atas diisi *indeks* dan bagian bawah diisi nilai bobot dikalikan *indeks*.
- Total hasil adalah jumlah dari bobot dikali nilai. Untuk memilih pekerjaan alternatif dilihat dari yang memiliki total nilai terbesar dan dari tabel 4.17 diketahui bahwa pekerjaan alternatif 3 atau menggunakan pondasi tiang pancang tampang persegi dengan lebar sisi 60 cm dapat dipilih karena memiliki total nilai terbesar.

Tahap Pengembangan

Pekerjaan pondasi karena dalam perencanaannya sudah direncanakan kuat menahan beban, maka tidak memerlukan biaya operasional dan pemeliharaan atau biaya lain yang timbul pasca pembangunan proyek. Untuk itu, pada tahap pengembangan ini tidak dilakukan perhitungan pekerjaan pondasi dalam siklus *life cycle cost*.

Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi pada item pekerjaan struktur pelat dan balok dalam penggunaan material adalah sebagai berikut :

a. Rencana Awal

Pada item pekerjaan beton bertulang dalam proyek ini menggunakan Pondasi tiang pancang tampang persegi dengan sisi 40 cm sedangkan biaya pekerjaan sebesar Rp 4.189.990.000,-

b. Usulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan struktur, maka penggunaan Pondasi tiang pancang tampang persegi dengan lebar sisi 60 cm yang diterapkan dalam pekerjaan pondasi akan terjadi penghematan biaya sebesar Rp 1.148.494.432,-

c. Dasar Pertimbangan

Dengan beberapa nilai pembobotan yang didasarkan analisa rangking maka menjadi dasar pertimbangan pengambilan item terekomendasi diantaranya yaitu :

- 1) Penghematan masalah biaya akibat perubahan jenis pondasi yang digunakan
- 2) Kualitas yang baik
- 3) Mobilisasi lebih mudah karena jumlahnya lebih sedikit
- 4) Pelaksanaan pekerjaan yang mudah
- 5) Waktu pelaksanaan lebih cepat

Kesimpulan

Hasil analisa *Value Engineering* (VE) pada struktur pondasi di proyek pembangunan Pabrik Farmasi PT Dion Putra Bintang Klaten diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Item pekerjaan yang dapat dilakukan rekayasa nilai pada proyek pembangunan gedung farmasi kosmetik PT Dion Putra Bintang yang mempunyai nilai cukup besar diantaranya pada struktur pondasi, dilakukan beberapa sampling dengan mengganti jenis pondasi yang berbeda
2. Jenis pondasi yang lebih efektif dan aman untuk pembangunan konstruksi gedung bertingkat terutama pada proyek pembangunan gedung farmasi kosmetik PT Dion Putra Bintang adalah tiang pancang penampang persegi lebar sisi 60 cm dan panjangnya 20 m.
3. Nilai efektifitas penggantian pondasi existing dengan alternative 3 sebesar 1,377608452, hal ini berarti menunjukkan adanya penghematan pada pekerjaan alternatif karena nilainya lebih dari 1, meskipun penghematan yang terjadi tidak besar.
4. Penerapan *Value Engineering* pada pekerjaan pondasi memunculkan alternatif 1 dengan mengganti pondasi tiang pancang tampang persegi dengan lebar sisi 40 cm dan panjang tiang 14 m menjadi tiang pancang dengan penampang segitiga lebar sisi 60 cm dan panjangnya 20 m, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 205.539.181,- . Alternative 2 dengan penampang persegi lebar sisi 50 cm dan panjangnya 17 m, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 546.517.613,-. Alternative 3 dengan penampang persegi lebar sisi 60 cm dan panjangnya 20 m, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 1.148.494.432,- . Alternative 4 dengan penampang lingkaran diameter 60 cm dan panjangnya 20 m, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 23.035.562,- dan alternative 5 menjadi pondasi bored pile dengan penampang lingkaran diameter 60 cm dan panjangnya 20 m, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 186.889.743,-

Setelah dilakukan analisa *Value Engineering* atas dasar penghematan biaya, kualitas bahan yang digunakan, kemudahan pelaksanaan, mobilisasi alat dan bahan serta waktu pelaksanaan dipilih alternative 3 dan dihasilkan penghematan total sebesar Rp 1.148.494.432,- atau sebesar 27,41 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada bapak Widi Hartono dan bapak Edy Purwanto yang telah membimbing dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penelitian.

REFERENSI

- Apriyatno, H. 2004. *Diktat Perkuliahan Struktur Beton II*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Arya Wirawan dan Wildan Fachrurrozi. 1999. *Studi Kasus Analisis Daya Dukung Pondasi "Mini Pile" Dengan Metode "Coyle Reese" Pada Proyek USM Semarang*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Badarudin dan Yuska Herbiantoro. 1997. *Studi Komparasi Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode T – Z dan Metode Terzaghi*. Tugas Akhir JTS. Surabaya: Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember.