

Analisis Perubahan Biaya Pada Pembangunan Plengsengan Didaerah X yang Mengalami Kelongsoran Dinding Plengsengan Antara Hasil Pekerjaan di Lapangan pada Proyek yang Dipersyaratkan.

Hosea Adyo Christon¹, Saifoe El Unas, ST.,MT², Dan Eko Andi Suryo,ST.,MT.,Ph.D²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

JL. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : Hoseachriston@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada pelaksanaan pekerjaan bangunan terdapat berbagai kemungkinan perbedaan antara spesifikasi yang ada di lapangan dengan spesifikasi yang di persyaratkan, maka dari itu diperlukan adanya penelitian dan pengujian terhadap mutu pekerjaan di lapangan untuk mendapatkan kekuatan bangunan eksisting. Dari perbedaan spesifikasi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui dampak yang diakibatkan dalam segi kekuatan dan selisih biaya akibat perbedaan spesifikasi yang ada di lapangan dengan spesifikasi yang telah dipersyaratkan.

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran langsung menggunakan alat meteran roll dan meteran biasa. Selanjutnya untuk mendapatkan hasil sampel tanah dilakukan pengambilan sampel tanah lalu diuji di laboratorium mekanika tanah dari data diatas didapatkan perhitungan yang menunjukkan perbedaan spesifikasi dinding penahan tanah yang telah dipersyaratkan.

Biaya yang dikeluarkan dalam dokumen kontrak pada dinding penahan tanah sebesar Rp.125.826.976 sedangkan pada pekerjaan struktur eksisting dinding penahan tanah dana yang dikeluarkan sebesar Rp.33.388,367. Dari perbedaan yang diperoleh antara dokumen kontrak dengan struktur eksisting sebesar Rp.92.438.609. Perbedaan biaya diakibatkan oleh adanya perbedaan spesifikasi mutu dan bentuk bangunan yang dikerjakan. Pengaruh dari ketidaksesuaian mutu dan bentuk bangunan mengakibatkan struktur dinding penahan tanah mengalami kegagalan bangunan, karena tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Kata kunci : Penurunan kekuatan, selisih biaya, pengukuran langsung di lapangan, forensik bangunan.

PENDAHULUAN

Berbagai penyebab kelongsoran menjadi sebuah evaluasi tersendiri bagi pelaksanaan proyek. Salah satunya adalah mandor pekerjaan yang menghilang sebelum pekerjaan selesai dan spesifikasi pekerjaan yang tidak disesuaikan dengan spesifikasi pekerjaan. Sasaran yang ingin dicapai adalah biaya, kualitas, dan waktu pekerjaan yang sesuai dengan apa yang dipersyaratkan dan disetujui. Ketiga sasaran tersebut mempunyai keterkaitan yang erat dalam pelaksanaannya nanti. Mutu yang baik dengan biaya yang sesuai dan waktu pekerjaan yang sesuai akan

memberikan nilai tambah dalam pelaksanaan. Pemilik proyek akan merasa puas jika ketiga saran tersebut dilaksanakan dengan sebaik mungkin, dan jika sasaran proyek tidak dapat terpenuhi maka sasaran tersebut belum bisa dinilai berhasil.

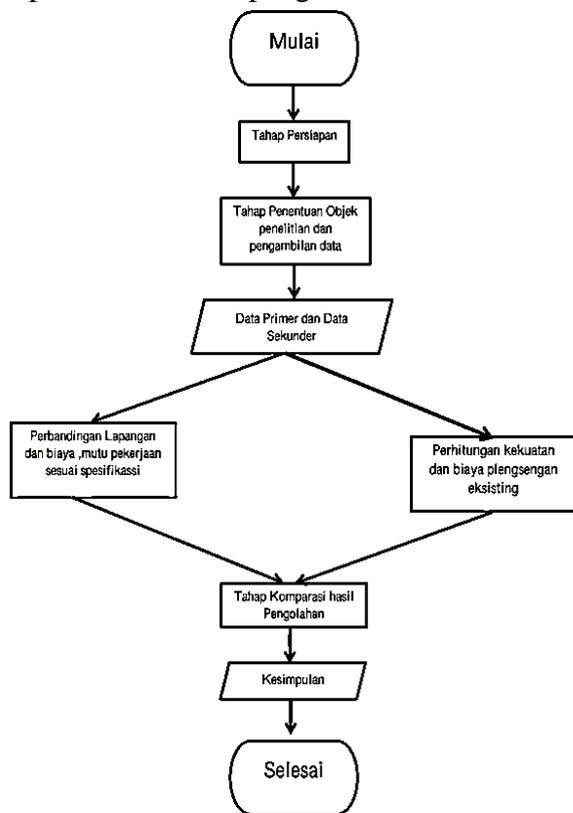
Pembangunan proyek perlu adanya efisiensi biaya yang optimal sesuai dengan yang telah dipersyaratkan maupun dalam segi desain ataupun kekuatan bangunan tersebut dalam kemampuan memikul beban. Seringkali ditemukan berbagai penyimpangan yang tidak sesuai salah satu contohnya adalah pengurangan volume dan bahan yang tidak sesuai spesifikasi.

Hal tersebut memberikan dampak negatif pada pelaksana yang memberikan kepercayaan kepada pekerja yang tidak mematuhi dan memahami spesifikasi pekerjaan

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini menganalisis perubahan biaya yang terjadi, diperlukan metode penelitian di lapangan (desain) secara langsung serta pengambilan beberapa sampel guna mendukung perubahan biaya yang ada.

METODOLOGI PENELITIAN

Subjek dari penelitian ini adalah menganalisa kondisi bangunan yang mengalami kelongsoran. Hal utama yang harus dilakukan adalah menganalisa gambar spesifikasi perencanaan. Kemudian penelitian yang kedua adalah data secara keseluruhan dengan menganalisa perbedaan biaya akibat kelongsoran dan kejadian yang lainnya pada kondisi dilapangan



Gambar 1. *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian tanah di Laboratorium dan Pengukuran di Lapangan

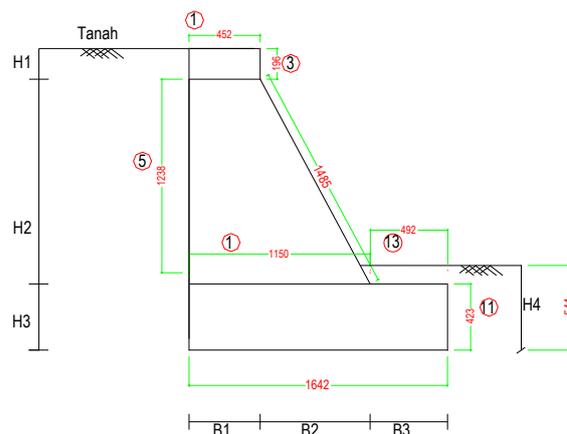
Pelaksanaan penelitian ini mengambil data di lapangan dengan membagi 3 titik lokasi sampel tanah sesuai dengan PT/03 dan 5 titik pengukuran dengan meteran dan theodolith. Pelaksanaan yang digunakan adalah dengan membongkar bangunan pada segment bawah hingga atas. Setelah mendapatkan sampel tanah selanjutnya tanah di uji di laboratorium mekanika tanah.

Tabel 1. Data Hasil Laboratorium Titik Nomor 2 Atas

JENIS		
Berat Volume (γ)	1,459 gr/cm ³	1,459 ton/m
Berat Jenis (Gs)	2,426	2,426
Kohesi (C)	0,033 kg/cm ³	3,3 ton/m ²
Sudut Gesek Dalam (ϕ)	6,16	6,16
Kadar Air Rata-rata	72,13%	72,13%

Hasil Pengukuran di Lapangan

Secara visual terdapat perbedaan bentuk antara perencanaan dan hasil pekerjaan di lapangan. Pengukuran dilakukan dalam 2 tahap yaitu dengan alat meteran biasa dan theodolith dari hasil tersebut dapat di gambarkan dalam autocad dengan nilai rata-rata theodolith maupun meteran biasa, sehingga diperoleh ukuran sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Data yang digambarkan Dalam *Autocad*

Didapat ukuran dengan hasil rata-rata dapat ditabelkan sebagai berikut ini :

Tabel 2. Hasil Pengukuran dengan Menggunakan Rata- Rata

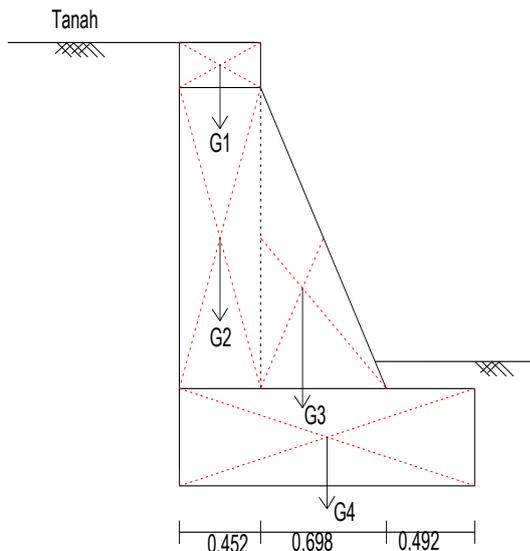
Tinggi		Lebar
H1	= 196 mm = 0,196 m	B1 = 452 = 0,452 m
H2	= 1238 mm = 1,238 m	B2 = 698 = 0,698 m
H3	= 423 mm = 0,423 m	B3 = 492 = 0,492 m
H4	= 995 mm = 0,541 m	

Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Sesuai hasil di Lapangan

perhitungan gaya untuk memperoleh kesetimbangan bangunan terhadap tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja terhadap dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang dihitung antara lain.

1. Gaya Vertikal Berat Sendiri
2. Gaya luar yang bekerja
3. Gaya akibat tekanan tanah aktif
4. Gaya akibat tekanan tanah pasif

Gambar eksisting dibagi dalam 4 segment untuk mempermudah perhitungan dalam perhitungan berat dinding penahan tanah



Gambar 3. Pembagian Segment Titik Berat Bangunan

Diperoleh berat dinding penahan tanah:

- $G1 = P \times L \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 0,1949 \text{ ton}$
 $X = 1,41 \text{ m}$
- $G2 = P \times L \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 1,231 \text{ ton}$
 $X = 1,41 \text{ m}$
- $G3 = 0,5 \times A \times T \times 2,2 \text{ ton}$

$$= 0,9505 \text{ ton}$$

$$X = 0,96 \text{ m}$$

- $G4 = P \times L \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 1,954 \text{ ton}$
 $X = 0,96 \text{ m}$

Gaya dan Tekanan Tanah Aktif

Konstruksi dinding penaha tanah dimana tekanan tanah aktif tersebut di perhitungkan sebagai berikut:

- $Ka = \tan^2(45 - \phi/2)$
 $= 0,8061$

Dalam perhitungan tekanan tanah aktif, parameter tanah yang digunakan adalah parameter dari nilai berat volume tengah (γ).

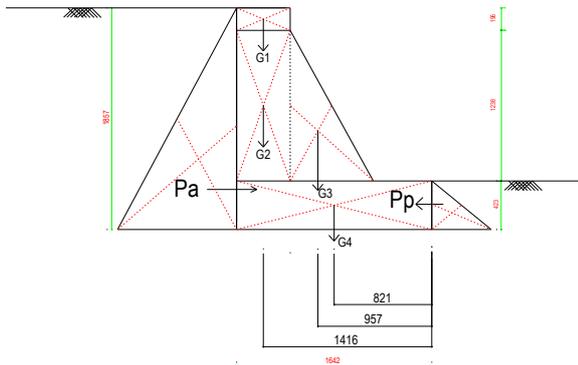
- $Pa = \text{Luas Segitiga}$
 $= 0,5 H^2 \gamma Ka$
 $= 2,027 \text{ ton / m}$
- $\sigma_a = (\gamma x h x ka) - (2 x c x \sqrt{ka})$
 $= (1,459 x 1,857 x 0,8061) - (2 x 3,3 x \sqrt{0,8061})$
 $= -3,74$

Gaya Tekanan Tanah Pasif

Dalam perhitungan tekanan tanah pasif, parameter tanah yang digunakan adalah parameter dari nilai berat volume tanah (γ), akibat tekanan (σ_p) dan gaya (P_p) tanah pasif.

- $Kp = \tan^2(45 + \phi/2)$
 $= \tan^2(45 + 6,16/2)$
 $= 1,2404$
- $\sigma_p = Kp \gamma H$
 $= 1,2404 x 1,4146 x 0,541$
 $= 0,949 \text{ ton / m}$
- $Pp = \text{Luasan Segitiga}$
 $= 0,5 x H x \sigma_p$
 $= 0,5 x 0,423 x 0,949$
 $= 0,2007 \text{ t/m}$

Tekanan Tanah Aktif dan Pasif di tunjukan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 4. Titik Berat yang Bekerja Terhadap Berat

Dari gambar di atas diperoleh momen seperti tabel di bawah ini:

Tabel 3. Perhitungan Momen

Beban	Gaya	Momen Titik	
		Lengan (m)	Momen (ton.m)
Gaya Horizontal			
Pa	2,027	0,62	1,255
Pp	0,2007	0,14	0,028
			1,283
Gaya Vertikal			
G1	0,1949	1,41	0,276
G2	1,1932	1,41	1,688
G3	0,9505	0,96	0,910
G4	1,7881	0,82	1,468
G5	2,8144	2,14	6,028
	6,9411		10,3697

Dari tabel diatas didapatkan nilai yang di gunakan untuk perhitungan stabilitas sebesar: $G = 6,9411$, $MG = 10,3697$, $Ma = 1,255$, $Mp = 0,028$.

Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah

a. Stabilitas Terhadap gaya geser

$$F_k = \frac{\text{Gaya yang menahan}}{\text{Gaya yang menggeser}}$$

$$= \frac{\sum G \tan \phi' + C'B + Pp}{\sum Pa}$$

Ketentuan:

- $G = 6,9411$ t (dari tabel)
- $\tan \phi = \tan (2/3 \times \phi) = 0,071$
- $C = 3,3$ t/m
- $C' = 2/3 \times c = 2,2$ t/m²
- $B = 1,642$ m
- $Pp = 0,2007$ t/m
- $\sum Pa = 3,472$ tm (dari tabel)

Perhitungan:

$$= \frac{\sum G \tan \phi' + C'B + Pp}{\sum Pa}$$

$$= (6,9411 \times 0,71) + (2,2 \times 1,642) + 0,2007 / 3,472 > 2$$

$$= 4,312 > 2 \text{ stabilitas bangunan dinding penahan tanah terhadap geser aman.}$$

b. Stabilitas Terhadap gaya Guling (overturning)

Diketahui dari tabel:

$$MG = 10,37 \text{ t}$$

$$Mp = 0,028 \text{ t}$$

$$Ma = 1,255 \text{ t}$$

Maka faktor keamanan terhadap bahaya guling (Fs overturning) dapat dihitung dengan persamaan :

- $F_g = \frac{\text{Momen Tahan}}{\text{Momen Guling}}$
- $= \frac{MG}{Ma - Mp} > 2$
- $= \frac{10,37}{1,255 - 0,028} > 2$
- $= 8,45 > 2$

konstruksi **aman** terhadap gaya guling

c. Analisa Stabilitas Daya Dukung

Guna menghindari dari keruntuhan bangunan akibat karakteristik tanah. Selanjutnya untuk bentuk pondasi yang di gunakan terzaghi membagi menjadi beberapa rumus kapasitas daya dukung sesuai dengan bentuk dimana:

$$\gamma D_f = \text{Effective overburden Pressure}$$

N_c, N_q, N_γ = Faktor-Faktor daya dukung terzaghi.

Dimana:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 (45^\circ + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0,75 \pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left\{ \frac{K_p \cdot \gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right\}$$

Untuk menghitung daya dukung tanah yang di transfer ke dinding penahan data yang digunakan adalah sampel tanah titik nomor bagian bawah. Sebagian besar kadar air rata-rata yang didapat sangat tinggi sehingga tanah tersebut dapat dikategorikan ke dalam tanah lempung. Dari hasil laboratorium mekanika tanah didapat hasil seperti tabel.

Tabel 4. Data Pengujian di Laboratorium Titik Nomor 2 Bagian Bawah

Jenis		
Berat Volume γ	1,4146	1,4146
Berat Jenis (Gs)	2,426	2,426
Kohesi (c)	0,107 kg/cm ²	1,07 ton/m ²
Sudut Gesek dalam (\emptyset)	6,22	6,22
Kadar air rata-rata	100,35%	100,35%

α dan B Faktor bentuk pondasi

Persegi $\rightarrow \alpha = 1,3$

$$B = 0,4 \text{ m}$$

B = Lebar bentuk Pondasi

$$B = 1,642 \text{ m}$$

Karena tanah ada dibawah muka air terendam maka digunakan berat volume terendam (γ').

Nilai q yang di gunakan

$$\begin{aligned} q &= Df \cdot \gamma \\ &= 0,423 \times 1,4146 \\ &= 0,5983 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan kedalaman pondasi Df = 42,3cm jadi 0,423 m.

Perhitungan berdasarkan *Local Shear*

Untuk perhitungan berdasar kondisi local shear

- Nilai kohesi tanah di reduksi menjadi $c' = 2/3 \cdot C$
 $= 0,713 \text{ ton/m}$
- Di gunakan Nc' , Nq' dan $N\gamma'$ seperti nilai Nc , Nq dan $N\gamma$ dengan nilai yang di reduksi menjadi ϕ' dimana $tg \phi' = 2/3 \cdot tg \phi$
 $= 0,0726$

Dimana :

$q = Df \cdot \gamma \rightarrow$ effective overburden pressure
 $Nc, Nq, N\gamma \rightarrow$ Faktor-faktor Kapasitas

Daya Dukung terzaghi

Perhitungan menggunakan Rumus:

$$Nq = \frac{a^2}{2 \cos (45^\circ + \emptyset/2)}$$

$$a = e(0,75 \pi - \emptyset/2) \tan \emptyset$$

$$Nc = (Nq - 1)$$

$$N\gamma = \frac{\tan \emptyset}{2} \left\{ \frac{Kp \cdot \gamma}{\cos^2 6,22} - 1 \right\}$$

$$\begin{aligned} a &= (0,75 \cdot \pi - 6,22 / 2) \tan 6,22 \\ &= 0,6563 \end{aligned}$$

Setelah dimasukan nilai ke dalam rumus,

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} Kp &= \tan^2 (45 \cdot 6,22 / 2) \\ &= \mathbf{0,706} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N\gamma &= \frac{\tan 6,22}{2} \left\{ \frac{0,706 \times 1,4146 - 1}{\cos^2 6,22} \right\} \\ &= \mathbf{5,7603} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nq &= \frac{0,6563^2}{2 \cos (45^\circ + 6,22 / 2)} \\ &= \mathbf{0,3225} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nc &= (Nq - 1) \cotg \emptyset \\ &= (0,3225 - 1) \cotg 6,22 \\ &= \mathbf{-6,212} \end{aligned}$$

Dari Perhitungan Terzaghi untuk kondisi keruntuhan geser $\emptyset = 6,22^\circ$ diperoleh nilai-nilai Nc ; Nq dan $N\gamma$ masing- masing adalah : **6,212**; **6,212** dan **5,7603**.

Dari data yang sudah didapat maka perhitungan q ultimate dapat dihitung:

$$\begin{aligned} qu &= c \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N\gamma \\ &= 1,07 \cdot 6,212 + 0,5983 \cdot 0,3225 + 0,5 \cdot 1,642 \cdot 1,4146 \cdot 5,7603 \\ &= \mathbf{13,529 \text{ t/m}^2} \end{aligned}$$

Maka diperoleh tegangan tanah sebesar $qu = 13,529 \text{ t/m}^2$

$X = \frac{M \text{ Tahan}}{\Sigma V}$

$$= \frac{\Sigma ma}{\Sigma V} = \frac{1,255}{7,148} = 0,1755 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{1,642}{2} - 0,1755 = 0,6455 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\Sigma V}{1 \times B} \left[1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right] \\ &= \frac{7,148}{1 \times 1,642} \left[1 \pm \frac{6 \times 0,6455}{1,642} \right] \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 14,621 \text{ t/m}^2$$

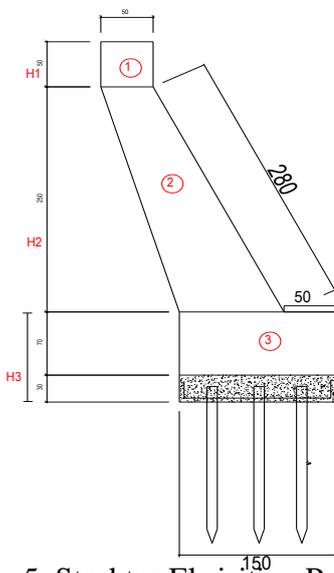
$$\sigma_{\text{min}} = -5,914 \text{ t/m}^2$$

$$Fk \text{ DDT} = \frac{qu}{\sigma_{\text{maks}}} = \frac{13,529}{14,621} = 0,92 < 3$$

konstruksi *tidak aman* terhadap gaya dukung

Analisa Perhitungan Stabilitas Terhadap Gambar Perencanaan

Data yang digunakan dalam perhitungan ini adalah data sampel tanah titik nomor 2 plengsengan. Digunakan sama dengan tabel dan gambar di bawah ini.



Gambar 5. Struktur Eksisting Perencanaan

Dari gambar perencanaan di atas disesuaikan dengan gambar perencanaan yang sudah ada sehingga nilai tersebut dapat diketahui seperti tabel dibawah ini.

Tinggi	Lebar
H1 = 50 Cm = 0,5 m	B = 150 cm = 1,5 m
H2 = 250 Cm = 2,5 m	
H3 = 100 Cm = 1,00 m	

Tabel 5. Ukuran Tinggi dan Lebar pada Perencanaan

Sampel yang di gunakan adalah sampel tanah yang berada dibelakang dinding penahan tanah pada titik nomor 2.

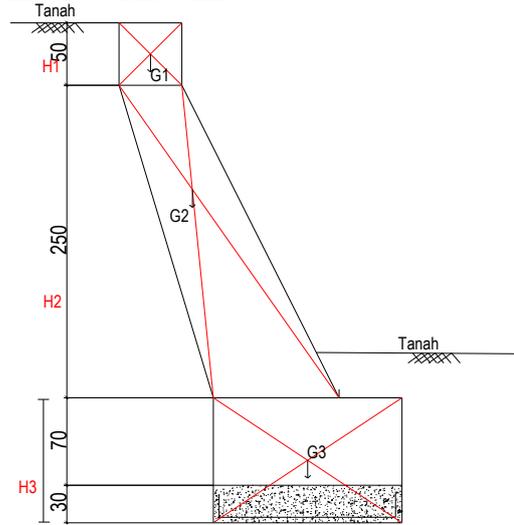
$$C = 3,3 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = 6,16^\circ$$

$$\gamma = 1,459 \text{ ton/m}^3$$

Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Berdasarkan Perencanaan

Analisa perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dihitung dengan data yang sama seperti gambar eksisting begitupula gaya-gaya yang di hitung juga sama. Pembagian segment bangunan dinding penahan tanah dengan gaya berat yang dihasilkan dapat dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Pembagian Segment Titik Berat Bangunan

Berat Dinding Penahan Tanah

- $G1 = P \times L \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 0,55 \text{ ton}$
 $X1 = 0,75 \text{ m}$
- $G2 = \text{Luas trapesium} - \text{luas segita siku-siku} \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 0,5 \times (2,5 + 0,3) \times 0,5$
 $= 0,7 \text{ ton}$

Di kurangi dengan Luas Segitiga

$$= 0,5 \times a \times t$$

$$= 0,5 \times 0,3 \times 0,5$$

$$= 0,075$$

$$\text{Jadi} = 0,7 - 0,075 \times 2,2 \text{ ton}$$

$$= 1,375 \text{ ton}$$

$$X2 = 1,5 \text{ m}$$

- $G3 = P \times L \times 2,2 \text{ ton}$
 $= 3,3 \text{ ton}$
 $X3 = 1,75 \text{ m}$

Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif

Perhitungan dan nilai K_a digunakan sama seperti perhitungan sebelumnya sebesar **0,8061**. parameter tanah yang digunakan adalah parameter dari nilai berat volume tengah (γ).

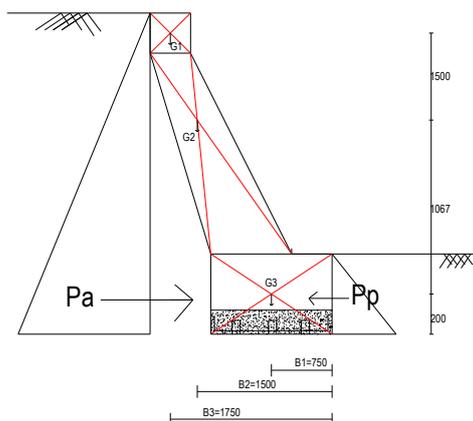
- $P_a = \text{Luas Segitiga} = 0,5 H^2 \gamma K_a = 9,408 \text{ ton / m}$
- $\sigma_a = (\gamma \times h \times k_a) - (2 \times c \times \sqrt{k_a}) = (1,459 \times 4 \times 0,8061) - (2 \times 3,3 \times \sqrt{0,8061}) = -1,221 \text{ ton/m}$
- $Z_1 = (2 \times c \times \sqrt{k_a}) / (\gamma \times h \times k_a) \times h = (2 \times 3,3 \times \sqrt{0,8061}) / (1,459 \times 4 \times 0,8061) \times 4 = 5,038 \text{ t/m}$

Gaya Tekanan Tanah Pasif

Perhitungan dan nilai K_p digunakan sama seperti perhitungan sebelumnya sebesar 1,2404, dan selanjutnya nilai tekanan dan tegangan sebesar:

- $\sigma_p = K_p \gamma H = 1,754 \text{ ton / m}$
- $P_p = \text{Luasan Segitiga} = 0,5 \times H \times \sigma_p = 0,877 \text{ t/m}$

gambar tekanan tanah aktif dan tanah pasif dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Gaya Tekanan Tanah Aktif dan Tanah Pasif

Selanjutnya diperoleh nilai momen pada tabel dibawah ini :

Beban	Gaya	Momen Titik	
		Lengan (m)	Momen (ton.m)
Gaya Horizontal			
Pa	9,408	1,3	12,5440
Pp	0,877	0,3	0,2923
Gaya Vertikal			
G1	0,55	0,75	0,4125
G2	1,375	1,5	2,0625
G3	3,3	1,75	5,7750
	5,225		8,2500

Tabel 6. Perhitungan Gaya- Gaya yang Bekerja pada Desain Perencanaan

Dari tabel diatas didapatkan nilai yang di gunakan untuk perhitungan stabilitas sebesar: $G = 5,225$, $MG = 8,25$, $Ma = 12,544$, $Mp = 0,2923$

Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah

a) Stabilitas terhadap gaya geser (asumsi tanpa dolken)

$$F_k = \frac{\text{Gaya yang menahan}}{\text{Gaya yang menggeser}}$$

Ketentuan:

$$G = 7,975 \text{ (dari tabel)}$$

$$\tan \phi = \tan (2/3 \times \phi) = \tan(2/3 \times 6,16) = 0,071$$

$$C = 3,3 \text{ t/m}$$

$$C' = 2/3 \times c = 2,2 \text{ t/m}^2$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$P_p = 0,877 \text{ t/m}$$

$$\Sigma P_a = 0,61 \text{ tm (dari tabel)}$$

Perhitungan:

$$= \frac{\Sigma G \tan \phi' + C' B + P_p}{\Sigma P_a}$$

$$= \frac{(7,975 \times 0,071) + (2,2 \times 1,5) + 0,877}{0,61} > 2$$

$= 7,77 > 2$ stabilitas bangunan dinding penahan tanah terhadap geser **aman**.

Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah terhadap Guling (*Overturning*)

Kestabilan terhadap guling (*overturning*) dengan asumsi tanpa dolken di lapangan didapatkan nilai yang berasal dari tabel diatas.

Diketahui dari tabel:

$$MG = 9,624t$$

$$Ma = 0,793 t$$

$$Mp = 0,2631 t$$

Maka faktor keamanan terhadap bahaya guling (F_s *overturning*) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_g &= \frac{\text{Momen Tahan}}{\text{Momen Guling}} \\ &= \frac{MG}{Ma - Mp} > 2 \\ &= \frac{9,624}{0,793 - 0,2631} > 2 \\ &= 18,16 > 2 \end{aligned}$$

konstruksi *aman* terhadap gaya guling

Digunakan data laboratorium pada titik nomor 2 bagian bawah Untuk nilai α dan B Faktor Bentuk Pondasi Persegi : $\alpha = 1,3$ dan $B = 0,4$. Nilai Parameter F , C , g yang dipakai pada rumus adalah parameter yang berasal dari tanah yang ada dibawah dasar pondasi. Karena tanah ada dibawah air dalam keadaan terendam maka di gunakan berat volume terendam (γ') dan kedalam pondasi dalam desain perencanaan $D_f = 1,00$ m

Nilai q yang di gunakan :

$$q = D_f \cdot \gamma$$

$$= 1,00 \times 1,4146 = 1,4146 \text{ ton}$$

Untuk Perhitungan berdasar kondisi Local Shear

- Nilai Kohesi tanah di reduksi menjadi $C' = 2/3 \cdot C$
 $= 2/3 \times 1,07$
 $= 0,713 \text{ ton/m}$
- Di gunakan N_c' , N_q' dan N_γ' seperti nilai N_c , N_q dan N_γ dengan nilai yang di reduksi menjadi \emptyset' dimana $tg' = 2/3 \cdot tg\emptyset = 0,0726$
 $= 0,713 \text{ ton/m}$
 $= 0,0726$

Perhitungan Berdasarkan Local Shear

Perhitungan menggunakan Rumus:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos(45^\circ + \emptyset/2)}$$

$$a = e(0,75 \pi - \emptyset/2) \tan \emptyset$$

$$N_c = (N_q - 1)$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \emptyset}{2} \left\{ \frac{K_p \cdot \gamma}{\cos^2 6,22} - 1 \right\}$$

$$a = (0,75 \cdot \pi - 6,22 / 2) \tan 6,22$$

$$= 0,6563$$

Setelah didapatkan nilai ke dalam rumus, maka di dapatkan nilai :

$$\bullet \quad K_p = \tan^2(45^\circ + 6,22/2)$$

$$= 1,2404$$

$$\bullet \quad N_q = \frac{1,5^2}{2 \cos(45^\circ + 6,22/2)}$$

$$= 1,684$$

$$= 0,04$$

$$\bullet \quad N_\gamma = \frac{\tan \emptyset}{2} \left\{ \frac{K_p \cdot \gamma}{\cos^2 6,22} - 1 \right\}$$

$$\bullet \quad a = (0,75 \cdot \pi - 6,22 / 2) \tan 6,22$$

$$= 0,6563$$

$$\bullet \quad N_c = (N_q - 1) \cotg \emptyset$$

$$= 14,4585$$

Dari perhitungan didapatkan nilai N_c , N_q , dan N_γ adalah 14,4585 ; 1,6848 ; 0,04, maka dapat di hitung:

$$q_u = C \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$= 1,07 \cdot 14,4585 + 1,4145 \cdot$$

$$1,6848 + 0,5 \cdot 1,4146 \cdot 1,5 \cdot 0,04$$

$$= 15,47 + 2,3833 + 0,04$$

$$= 17,895 \text{ ton/m}^2$$

Maka diperoleh tegangan tanah tanah sebesar $q_u = 17,895 \text{ ton/m}^2$.

$$X = \frac{M \text{ Tahan}}{\Sigma V}$$

$$\Sigma V$$

$$= \frac{\Sigma ma}{\Sigma V} = \frac{\Sigma Mr - \Sigma mo}{\Sigma V}$$

$$= \frac{9,624 - 1,086}{7,975} = 1,07 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{1,5}{2} - 1,07 = -0,32 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{\sum V}{1 \times B} \left[1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right] = \frac{7,975}{1 \times 1,5} \left[1 \pm \frac{6 \times (-0,32)}{1,5} \right]$$

$$\sigma_{\min} = -1,4886/\text{m}^2$$

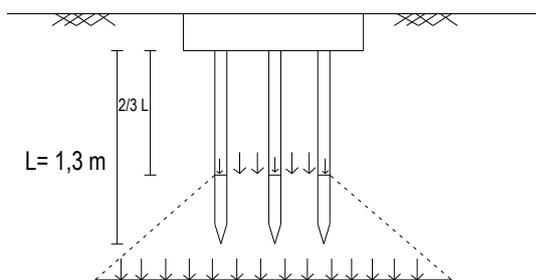
$$\sigma_{\max} = 12,122 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Fk DDT} = \frac{qu}{\sigma_{\max}} = \frac{17,895}{12,122} = 1,47 < 3$$

konstruksi *tidak aman* terhadap gaya dukung.

Perhitungan Pondasi Cerucuk Pada Desain Perencanaan

Analisa terhadap tiang pondasi yang di gunakan, di perlukan sebagai daya dukung pondasi oleh tanah terhadap bangunan diatasnya, dalam penelitian ini di temukan pada pekerjaan pasangan pondasi bagian dasar tanah menggunakan kayu bongkotan/dolken biasa pondasi cerucuk dalam jumlah banyak sepanjang 1,3 m dan diameter d 10 cm, secara jelas dapat di terangkan dalam gambar berikut.



Gambar 8. Struktur Pondasi Cerucuk / Dolken / Pondasi Rakit

$$Q_p = A_p \cdot C \cdot N_c$$

Dimana:

A_p = Luas penampang tiang

C = nilai undrained shear 1,07

N_c' = Faktor daya dukung (≈ 9)

Jadi,

$$Q_p = 78,571 \times 1,07 \times 9 = 756,642 \text{ cm}^2$$

Kapasitas yang di Dukung Grup Tiang

Karena pile dalam perencanaan termasuk dalam grup tiang maka cara perhitungan yang dibuat sesuai dengan perhitungan blok failure.

Dimana :

Q_{ubg} = daya dukung maksimum
 D = Kedalaman grup tiang = 1,3 m
 W = Lebar grup = 0,50 m
 L = Panjang grup tiang = 1,5 m
 F = ac = 1
 C = Kohesi tanah = 3,3 ton / m^2

Dapat dihitung:

$$Q_{ubg} = 2,13 (0,5 + 1,5) + 1,3 \times 3,3$$

$$\times 14,4585 \times 0,5 \times 1,5$$

$$= 1,95 + 46,52$$

$$= 48,470$$

Selanjutnya dapat di hitung dengan gaya dukung ijin $q_{all} = 48,470$ dengan angka keamanan=3

$$\text{FK DDT} = \frac{48,470}{12,122} = 3,99 > 3$$

tehadap struktur bangunan dinding penahan tanah *aman*.

Analisa Perhitungan Anggaran Biaya

Proses perhitungan analisa biaya dalam pekerjaan skripsi ini membutuhkan dokument-dokumen yang lengkap sebagai Acuan hitungan terdapat beberapa dokumen yang diperlukan antara lain gambar perencanaan sebagai pengecekan ulang terhadap bentuk fisik dan kesesuaian volume pada pelaksanaan dengan kebutuhan material yang ada, dokumen asli di gunakan sebagai penyesuaian volume dengan harga perkiraan sendiri yang di pakai untuk perhitungan Volume di kalikan dengan harga satuan pekerjaan, Hasil pengukuran eksisting dalam pelaksanaan di gunakan 2 pengukuran yaitu dengan menggunakan alat meteran biasa dan theodolith dan nilai yang di gunakan adalah nilai rata-rata dari pengukuran Hasil dari pengukuran eksisting di hitung sesuai gambar hasil dan volume hasil pengukuran dan selanjutnya di hitung dengan harga satuan pekerjaan.

Analisa Biaya berdasarkan Gambar Perencanaan

Perhitungan volume yang digunakan adalah dari gambar perencanaan untuk

mengetahui volume yang ada. Analisisnya disajikan dalam tabel berikut

Tabel 7. Perhitungan Volume Berdasarkan Gambar Perencanaan

JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME KONTRAK	VOLUME DI HITUNG DARI GAMBAR PERENCANAAN	KET.
PEKERJAAN PENDAHULUAN				
Sosialisasi	Ls	1,00000	1,00000	Di sesuaikan dengan kontrak
Pengukuran Saluran untuk MC	Km	0,02600	0,02600	
Pembersihan lapangan dan pemprofilan	Ls	1,00000	1,00000	
Sewa direksi keet	Bln	2,00000	2,00000	
Pembuatan dan pemasangan papan nama	Ls	1,00000	1,00000	
PEKERJAAN TANAH				
Galian tanah biasa langsung untuk timbunan / dibuang	m3	87,01900	87,01900	Di sesuaikan dengan kontrak
Timbunan Tanah bekas galian diratakan dan dirapikan	m3	56,56219	56,56219	
PEKERJAAN PASANGAN				
Pembuatan dan pembongkaran kisdam dengan tinggi > 1m	m2	57,00000	57,00000	Perhitungan
Pengeringan / Pemompaan Air	Jam	240,00000	240,00000	
Pasangan Batu Kali 1Pc:4 Ps	m3	86,70000	69,35000	
Plesteran 1,5 cm spesi 1Pc:3 Ps	m2	38,25000	38,25000	
Siaran dengan spesi 1Pc:2Ps	m2	71,40000	71,40000	
Tiang pancang dolken gelam d. > 10 cm, L > 3 m, masuk 1 m	Btg	81,50000	81,50000	
Benangan Logo	Ls	1,00000	1,00000	Di sesuaikan dengan kontrak
Pengecatan dengan cat Weathershields	m2	38,25000	38,25000	
PEKERJAAN BETON				
Pasang Bekisting	m2	53,55000	53,55000	Di sesuaikan dengan kontrak
Wiremesh M.8	m2	53,55000	53,55000	Perhitungan
Beton K.225	m3	11,47500	11,47500	

eksisting yang ditinjau hanya yang dapat diidentifikasi secara fisik pekerjaan yang ada di lapangan seperti.

1. Pasangan batu kali
2. Plesteran
3. Siaran
4. Tiang Pancang bongkotan
5. Wiremesh
6. Beton K225

Didapat perhitungan yang tidak sesuai yaitu perhitungan pasangan batu kali . Cara perhitungannya dengan perhitungan gambar berdasarkan perencanaan dikurangi dengan Perhitungan didapat perhitungan selisih pasangan batu kali 1 : 4 yaitu dalam data perencanaan sebesar 86,7 m³ dan berdasarkan gambar perencanaan sebesar 69,35 m³ selisih yang didapat adalah sebesar 17,35 m³.

Tabel 8. Perhitungan Harga Satuan Berdasarkan Kontrak dan Perhitungan Ulang Berdasarkan Kontrak

JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME KONTRAK	VOLUME HITUNG BERDASARKAN GAMBAR PERENCANAAN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA KONTRAK (Rp)	JUMLAH HARGA KONTRAK BERDASARKAN PERHITUNGAN ULANG (Rp)
PEKERJAAN PENDAHULUAN						
Sosialisasi	Ls	1,00000	1,00000	Rp 650.000	Rp 650.000	Rp 650.000
Pengukuran Saluran untuk MC	Km	0,02600	0,02600	Rp 967.090	Rp 25.144	Rp 25.144
Pembersihan lapangan dan pemprofilan	Ls	1,00000	1,00000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
Sewa direksi keet	Bln	2,00000	2,00000	Rp 500.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
Pembuatan dan pemasangan papan nama	Ls	1,00000	1,00000	Rp 750.000	Rp 750.000	Rp 750.000
TOTAL					Rp 4.225.144	Rp 4.225.144
PEKERJAAN TANAH						
Galian tanah biasa langsung untuk timbunan / dibuang	m3	87,01900	87,01900	Rp 53.500	Rp 4.655.517	Rp 4.655.517
Timbunan Tanah bekas galian diratakan dan dirapikan	m3	56,56219	56,56219	Rp 22.000	Rp 1.244.364	Rp 1.244.364
TOTAL					Rp 5.899.881	Rp 5.899.881
PEKERJAAN PASANGAN						
Pembuatan dan pembongkaran kisdam dengan tinggi > 1m	m2	57,00000	57,00000	Rp 188.870	Rp 10.765.590	Rp 10.765.590
Pengeringan / Pemompaan Air	Jam	240,00000	240,00000	Rp 9.800	Rp 2.352.000	Rp 2.352.000
Pasangan Batu Kali 1Pc:4 Ps	m3	86,70000	69,35000	Rp 1.050.000	Rp 91.035.000	Rp 72.817.500
Plesteran 1,5 cm spesi 1Pc:3 Ps	m2	38,25000	38,25000	Rp 62.160	Rp 2.377.620	Rp 2.377.620
Siaran dengan spesi 1Pc:2Ps	m2	71,40000	71,40000	Rp 47.010	Rp 3.356.514	Rp 3.356.514
Tiang pancang dolken gelam d. > 10 cm, L > 3 m, masuk 1 m	Btg	81,50000	81,50000	Rp 79.490	Rp 6.478.435	Rp 6.478.435
Benangan Logo	Ls	1,00000	1,00000	Rp 800.000	Rp 800.000	Rp 800.000
Pengecatan dengan cat Weathershields	m2	38,25000	38,25000	Rp 83.640	Rp 3.199.230	Rp 3.199.230
TOTAL					Rp 120.364.389	Rp 102.146.889
PEKERJAAN BETON						
Pasang Bekisting	m2	53,55000	53,55000	Rp 221.990	Rp 11.887.565	Rp 11.887.565
Wiremesh M.8	m2	53,55000	53,55000	Rp 124.300	Rp 6.656.265	Rp 6.656.265.00000
Beton K. 225	m3	11,47500	11,47500	Rp 1.387.638	Rp 15.923.142	Rp 15.923.142.22500
TOTAL					Rp 34.466.972	Rp 34.466.972
Total Keseluruhan					Rp 164.956.386	Rp 146.738.886

Analisa Biaya pada Dokumen Kontrak Pekerjaan

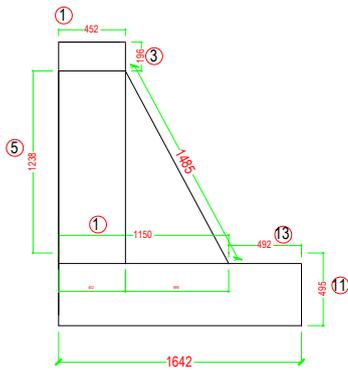
Digunakan harga terendah yaitu HPS (Harga Perkiraan Sendiri) karena harga yang digunakan lebih rendah di bandingkan dengan harga satuan pekerjaan Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2014

Setelah dilakukan perhitungan ulang dengan analisa perhitungan volume ulang dikalikan dengan harga satuan yang sama didapatkan hasil untuk pekerjaan pasangan sejumlah Rp.102.146.889 juta dan pekerjaan beton sejumlah Rp. Rp. 34.466.972 juta dapat dikatakan nilai pekerjaan beton sama. Dari perbedaan tabel diatas didapatkan selisih biaya yang cukup besar akibat berubahnya volume pada perhitungan volume pasangan batu kali 1Pc : 4Ps pada dokumen asli menunjukkan nilai sejumlah Rp. 91.035.000 jika dihitung kembali berdasarkan volume perhitungan ulang sejumlah Rp. 72.817.500 sehingga selisih harga

pasangan batu kali yang diperoleh adalah sejumlah Rp. 18,217,500 juta.

Analisa Perhitungan Hasil Pengukuran Eksisting

Dalam pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat meteran biasa dan theodolit sehingga nilai didapat menggunakan rata-rata. Hasil dari pengukuran tidak jauh berbeda (pendekatan). Jika digambar didapatkan hasil seperti gambar di bawah ini



Gambar 9. Bentuk Plengsengan Hasil Pengukuran di lapangan (Eksisting)

Setelah melakukan penelitian ditemukan beberapa perbedaan diantaranya adalah panjang plengsengan yang seharusnya 25,5 meter di temukan tambahan sepanjang 6,6 meter. Pada saat pembongkaran bangunan pada bagian plesteran yang seharusnya dalam perencanaan adalah 50 x 50 cm ditemukan

bahwa ukuran yang di lapangan sebesar 40,5 cm x 19,6 cm. Karena kemiringan bangunan dan tinggi bangunan dinding penahan tanah tidak sama maka ukuran siaran semen juga berubah dari nilai sebelumnya. Tiang pancang bongkotan/dolken yang di gunakan sebagai perkuatan stabilitas daya dukung hanya di temukan 1 buah dalam titik nomer 2 bagian bawah bangunan jadi analisa yang dapat di hitung sebagai berikut.

- Dalam setiap 5 di temukan hanya 1 dolken seharusnya ada $5/0,5 \times 3 = 30$ dolken

Jadi, jika dianggap ada 2 dolken saja dalam 5 meter maka jumlah dolken = total panjang / 5 x 2/30 = 0,428 batan

Tabel 9. Analisa Perhitungan Biaya Berdasarkan Volume Kontrak dan Berdasarkan Perhitungan Biaya Eksisting

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME KONTRAK	VOLUME BERDASARKAN EKSTING	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA BERDASARKAN KONTRAK	JUMLAH HARGA BERDASARKAN EKSTING (Rp)
I. PEKERJAAN PENDAHULUAN							
1	Sosialisasi	Ls	1,00000	1,00000	Rp 650.000	Rp 650.000	Rp 650.000
2	Pengukuran Saluran untuk MC	Km	0,02600	0,02600	Rp 967.090	Rp 25.144	Rp 25.144
3	Pembersihan lapangan dan pemrofilan	Ls	1,00000	1,00000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
4	Sewa direksi keet	Blh	2,00000	2,00000	Rp 500.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
5	Penbuatan dan pemasangan papan nama	Ls	1,00000	1,00000	Rp 750.000	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
TOTAL						Rp 4.225.144	Rp 4.225.144
II. PEKERJAAN TANAH							
1	Galian tanah biasa langsung untuk timbunan / dibuang	m3	87,01900	87,01900	Rp 53.500	Rp 4.655.517	Rp 4.655.517
2	Timbunan Tanah bekas galian diratakan dan dirapikan	m3	56,56219	56,56219	Rp 22.000	Rp 1.244.368	Rp 1.244.368
TOTAL						Rp 5.899.885	Rp 5.899.885
III. PEKERJAAN PASANGAN							
1	Pembuatan dan pembongkaran kisdam dengan tinggi >	m2	57,00000	38,10000	Rp 188.870	Rp 10.765.590	Rp 7.195.947
2	Pengeringan / Pemompaan Air	Jam	240,00000	240,00000	Rp 9.800	Rp 2.352.000	Rp 2.352.000
3	Pasangan Batu Kali 1Pc:4 Ps	m3	86,70000	28,40000	Rp 1.050.000	Rp 91.035.000	Rp 29.820.000
4	Plesteran 1,5 cm spesi 1Pc:3 Ps	m2	38,25000	20,80800	Rp 62.160	Rp 2.377.620	Rp 1.293.425
5	Siaran dengan spesi 1Pc:2Ps	m2	71,40000	47,66900	Rp 47.010	Rp 3.356.514	Rp 2.240.920
6	Tiang pancang dolken gelam d. > 10 cm, L > 3 m, ma	Btg	81,50000	0,42800	Rp 79.490	Rp 6.478.435	Rp 34.022
7	Benangan Logo	Ls	1,00000	1,00000	Rp 800.000	Rp 800.000	Rp 800.000
8	Pengecatan dengan cat Weathershields	m2	38,25000	38,25000	Rp 83.640	Rp 3.199.230	Rp 3.199.230
TOTAL						Rp 120.364.389	Rp 46.935.544
IV. PEKERJAAN BETON							
1	Pasang Bekisting	m2	53,55000	67,41000	Rp 221.990	Rp 11.887.565	Rp 14.964.346
2	Wiremesh M.8	m2	53,55000	0,00000	Rp 124.300	Rp 6.656.265	Rp -
3	Beton K.225	m3	11,47500	0,00000	Rp 1.387.638	Rp 15.923.142	Rp -
TOTAL						Rp 34.466.972	Rp 14.964.346
Total Keseluruhan						Rp 164.956.390	Rp 72.024.919

Nilai dalam pengukuran didapat menggunakan pertambahan sepanjang 6,60 dari perencanaan awal 25,5 meter sehingga digunakan panjang sesuai perhitungan yaitu 32,1 meter..Blok berwarna kuning

adalah nilai pengukuran di lapangan dengan kondisi eksisting yang ada di

sesuaikan dengan dokumen pekerjaan, Jika di jumlah maka didapat nilai sebesar Rp. 125.826.976, dalam dokumen tertera nilai volume awal dengan panjang 25,5 meter hasilnya adalah sebesar 53,55 m³, Digunakan panjang eksisting 32,1 volume yang diperoleh menjadi 67,41 m³.

Tabel diatas dapat dijelaskan bahwa jumlah dalam pekerjaan pasangan jika dihitung ulang dengan kondisi di lapangan adalah sebesar Rp.33.388,367 juta. Dijelaskan pada perhitungan dokument asli sebesar Rp. 125.826.976 juta lihat tabel 4.7. Selisih yang diperoleh adalah.

- Analisa Perhitungan Biaya Eksisting – Perhitungan Biaya dokumen asli (BQ)
Rp.33.388,367 – Rp. 125.826.976 = Rp. 92.438.609 juta.
- Jadi selisih antara hasil eksisting dengan perhitungan pada Dokumen sebesar Rp. 92.438.609 juta.

KESIMPULAN

1. Spesifikasi teknis dari bangunan direncanakan memiliki ketinggian struktur 4 meter, mutu beton pondasi adalah K-225 (225 kg/cm²) serta digunakan wiremesh, digunakan dolken dengan diameter 10 cm dan kedalaman 1 meter. serta digunakan pasangan batu kali dengan perbandingan 1Pc ; 4Ps. Struktur dinding penahan tanah pada dokumen perencanaan telah dihitung secara rinci sehingga struktur dinding penahan tanah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya tanpa terjadi kegagalan bangunan / longsor.
2. Pada pelaksanaan pengukuran langsung di lapangan didapatkan perbedaan spesifikasi bangunan. Perbedaan yang ditemukan adalah, spesifikasi bagian bawah pondasi tidak menggunakan wiremesh, pemasangan dolken yang jumlahnya tidak sesuai,. Ditemukan juga perbedaan dimensi bangunan secara menyeluruh yaitu ketinggian yang didapat hanya sebesar 1,857m seharusnya 4 m dan adanya penambahan panjang sepanjang 6,6 meter menjadi keseluruhan 32,1 m.
3. Dari analisis stabilitas pada bangunan eksisting diperoleh hasil sbb :

Stabilitas	Fs Hasil	Fs Syarat	Kesimpulan
Geser	1,24	2	Tidak Aman
Guling	2,25	2	Aman
Daya Dukung	1,92	3	Tidak Aman

Jadi kondisi dapat diketahui bahwa tidak ideal atau tidak sesuai dengan perencanaan awal sehingga sehingga menimbulkan kegagalan stabilitas.

4. Nilai kontrak tidak sesuai dengan yang direncanakan karena pada perhitungan volume batu kali terdapat perbedaan antara yang tercantum dalam kontrak dengan hasil perhitungan berdasar gambar rencana. Volume yang tercantum dalam kontrak 86,7 m³ sedangkan perhitungan berdasarkan gambar rencana sebesar 69,35 m³.
5. Nilai kontrak yang sesuai dengan gambar yang direncanakan sebesar Rp. 142.739.656.
6. Pada bangunan yang dilaksanakan terdapat spesifikasi yang berbeda dengan spesifikasi yang direncanakan sehingga biaya yang sesuai dengan hasil pekerjaan yang dilaksanakan sebesar Rp.72.024.919.
7. Perbedaan antara nilai kontrak sebesar Rp. 164.956.386 dan biaya sesuai perencanaan sebesar Rp. 142.739.656 diperoleh selisih biaya sebesar Rp.22.216.730.
8. Perbedaan biaya yang ditimbulkan dengan adanya perbedaan spesifikasi antara pekerjaan eksisting dengan biaya yang tercantum pada dokumen diperoleh selisih sebesar Rp. 55.529.281

DAFTAR PUSTAKA

- Akinci dkk.,2006,*Formalism For Utilization of Sensor System and Integrated Project Models for Active Quality Control Carnegie Mellon University.*
- Husen,A.,2009,*Manajmen Proyek,And.Yogyakarta.*
- Kerzner, Harold. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling.* New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

- Winarsih,. Tutik 2010. "*Asesmen Kekuatan Struktur Bangunan Gedung Unit Gawat Darurat (UGD) dan Administrasi Rumah Sakit Umum (RSUD) Banyudono, Kabupaten Boyolali*". Thesis. Surakarta: Magister Teknik Rehabilitasi dan pemeliharaan Bangunan Sipil, Universitas Sebelas Maret.2010.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *SNI 03-283-2002 Analisis Biaya Konstruksi (ABK) Bangunan Gedung dan Perumahan Pekerjaan Plesteran*. Jakarta: BSN.
- Oyfer, 2002, *Multiple Sources Construction Failures and Defect*.
- Suryolelono, K.B (2003). *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Kenneth L., ed., 1989, *Forensik Engineering*, Elsevier Science Publisher. New York.
- Roy Pilcher, (1976), *Principle of Construction Management*, Mc. Graw Hill, New York.
- Halpin, W., (1998), *Construction Management*. John Willey & Sons, Inc., 2nd Edition, Canada.
- Zhan, J.G., 1998, "*A Project Cost Control Model*". *AACE-Journal Cost Engineering* 40 (12):32.
- Kerridge, A.F., 1989. "Manage Material Effectively". *Hydrocarbon Processing*.
- Frick, Heinz., (1979), *Mekanika Teknik 1 Statika dan Kegunaanya*, Kansius, Yogyakarta.
- Shirley, LH, 1994, "*Geoteknik dan Mekanika Tanah*". Nova Bandung.
- Anonim, (1986), *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.