

KAJIAN ULANG CONTROL STABILITAS GROUND SILL BENDUNG GERAK
SUNGAI BENGAWAN SOLO DI KABUPATEN BOJONEGORO

Harjono ST. M.Si¹ Dimas Putra Permana²

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro

ABSTRAK

Bendungan gerak di desa Ngringinrejo kec. Kalitidu dan desa Padang kec. Trucuk adalah sebuah aset negara yang memiliki nilai penting bagi masyarakat Bojonegoro. Dari kondisi tersebut, penurunan elevasi dasar (scouring) pada bagian downstream bendungan gerak Bojonegoro selain karena akibat penambangan pasir juga terjadi akibat pengaruh hidraulis. Dengan adanya pembangunan ground sill dapat mengembalikan kondisi sungai serta, menjaga bangunan Bendungan Gerak, dan mengatur arus sungai. Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang di bangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur. Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin menganalisis stabilitas Groundsill baik ditinjau dari keamanan terhadap bahaya gerusan, bahaya rembesan (piping), keamanan terhadap daya dukung tanah, dan kewanatan terhadap bahaya geser pada saat debit banjir.

Hasil yang didapatkan berdasarkan analisis yang di lakukan adalah groundsill bendung gerak aman dari bahaya rembesan (piping) karena nilai weight creep ratio hitung lebih besar daripada weight creep ratio untuk tanah berjenis pasir halus. Groundsill bendung aman dari bahaya geseran saat banjir. Groundsill tidak aman dari daya dukung tanah karena nilai tekanan lebih besar daripada daya dukung tanah. Groundsill aman dari bahaya gerusan.

Kata Kunci: groundsill, bendungan gerak , stabilitas

PENDAHULUAN

Groundsill adalah ambang dasar sungai di di tetapkan pada lokasi yang di perlukan, strukturnya bentuk dan ketinggian di tentukan sesuai kegunaan untuk menstabilkan dasar sungai. Groundsill juga sebagai penahan sedimen di sungai hingga sedimen yang tertahan dapat mengembalikan kondisi sungai sehingga dapat melindungi bangunan yang ada seperti jembatan, bendung, dll. Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang di bangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur. Hal ini dapat menjaga agar elevasi lapisan endapan tidak mengalami penurunan, sehingga struktur bangunan yang berada di bagian hulu sungai seperti jembatan tetap dalam

keadaan aman meskipun terjadi penambangan pasir pada sungai. Bangunan ground sill tersebut sangat penting, maka struktur ground sill harus kuat dan aman. Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin menganalisis stabilitas Ground sill baik ditinjau dari keamanan terhadap bahaya gerusan, bahaya rembesan (piping), keamanan terhadap daya dukung tanah, dan keamanan terhadap bahaya geser pada saat debit banjir.

Bendungan gerak sendiri memiliki masalah erosi pada *revegetation* yang ambles karena terkena kuatnya arus yang terjadi pada daerah sekitar bendungan. Perubahan terbesar terjadi setelah *upron*, pada bagian bronjong terjadi kerusakan, dan *elevation* dasar saat ini adalah +3,62 m dari semula +7,25 dan +8,00 m atau terjadi perubahan *elevation* dasar sebesar 4,38. Perubahan *elevation* dasar yang cukup besar, khususnya pada bagian hilir *upron* tentunya sangat membahayakan bangunan utama bendung gerak. Bahaya dari adanya masalah pada *elevation* di khawatirkan akan membuat podasi bendung gerak tergerus dan membuat bangunan utama ambles. Dari kondisi tersebut, penurunan *elevation* dasar (*scouring*) pada bagian *downstream* bendungan gerak Bojonegoro selain karena akibat penambangan pasir juga terjadi akibat pengaruh hidraulis. Dengan adanya pembangunan *ground sill* dapat mengembalikan kondisi sungai serta, menjaga bangunan Bendungan Gerak, dan mengatur arus sungai.

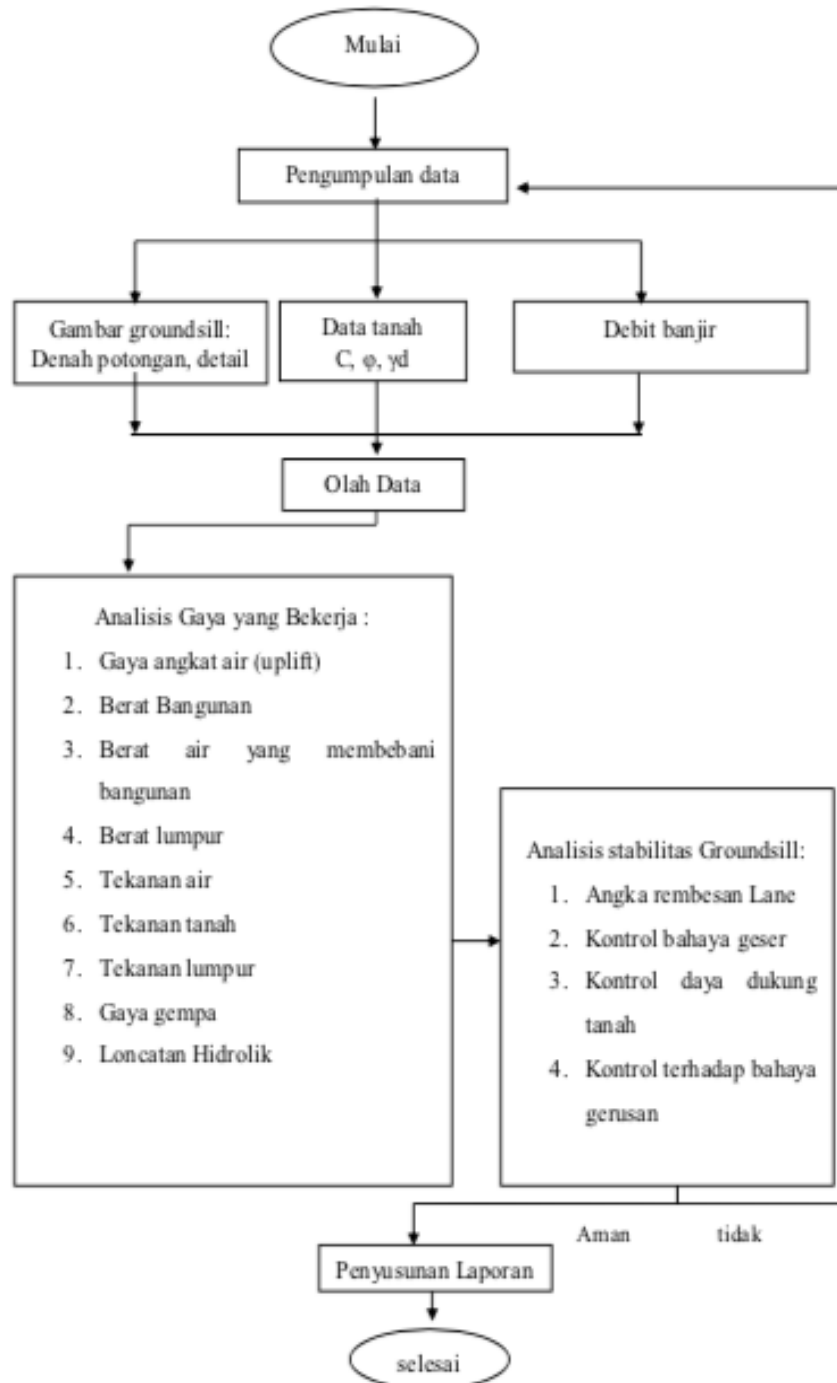
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat keamanan pada bangunan *ground sill* secara teori dan rumus-rumus yang digunakan. Mengetahui keamanan *ground sill* dari bahaya rembesan (piping) secara analisa melalui teori serta Mengetahui keamanan dari bahaya pergeseran karena kuatnya arus secara analisis, Mengetahui keamanan *ground sill* dari bahaya amblesan karena daya dukung tanah secara analisis dan Mengetahui keamanan *ground sill* dari gerusan

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan sumber data antara lain adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengamatan langsung di lokasi proyek. Data sekunder diperoleh dari buku – buku literatur serta meminta data gambar dan tes uji tanah dari pihak konsultan dan debit pihak – pihak terkait

Pengumpulan data yang dilaksanakan dalam proses penyusunan Proyek Akhir ini menggunakan beberapa metode yaitu dokumentasi, observasi, dan studi literatur. Data

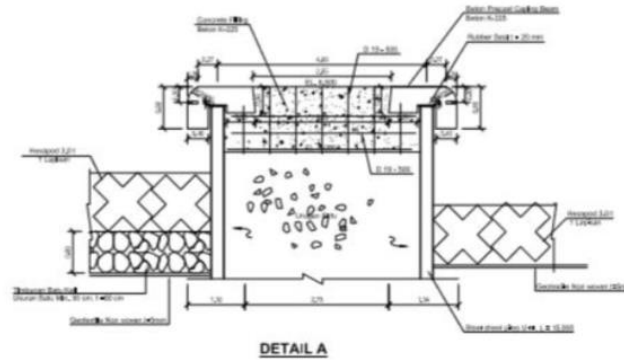
yang dibutuhkan adalah data yang digunakan untuk menghitung stabilitas groundsill. Metode dokumentasi ini bertujuan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam perhitungan, seperti Gambar hasil perencanaan, data tanah, dan data-data lainnya yang diperlukan dalam proses kajian stabilitas groundsill. Berikut adalah alur penelitian dalam penelitian ini



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Groundsill

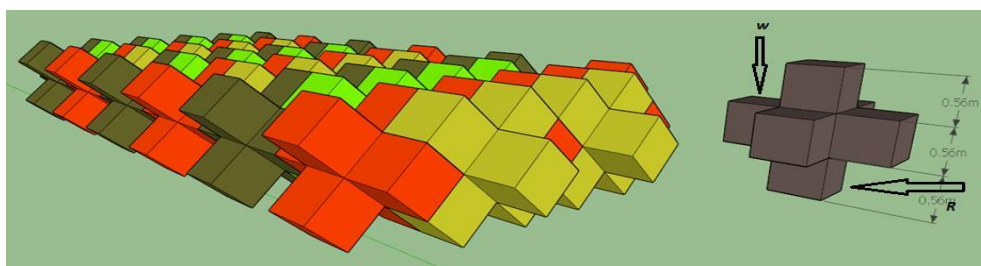


Gambar 2. Desain Groundsill

Dari desain groundsill, pondasi yang digunakan adalah steel sheet pile U-III dengan panjang 15m. Bagian atas groundsill menggunakan beton precast caping beam dengan mutu K-225. Isi groundsill yang paling dasar menggunakan sirtu, sementara di atasnya cor beton dengan mutu K-175. Penggunaan sirtu pada bagian bawah dimaksudkan untuk mengurangi biaya. Karena ,jika menggunakan cor beton akan menghabiskan biaya yang sangat mahal .

Elevasi groundsill pun disamakan dengan elevasi sungai yaitu 8,5m dengan lebar 5,15 m dan melintang 140 m. Pada sebelah hulu dan hilir groundsill terdapat beton Hexapod untuk membantu menahan sedimen dan juga pengganti dasar sungai yang sudah tergerus. Hexapod akan disusun dari lantai bendungan gerak sampai pada groundsill. Berat hexapod adalah 3 ton dan menggunakan beton kekuatan K- 300. Untuk perlindungan elevasi pada hilir juga menggunakan hexapod untuk menjaga dari bahaya gerusan

Perhitungan Hexapod



Gambar 3. peletakan hexapod dan desain hexapod

Analisis stabilitas di buat untuk blok yang tidak terhubung dengan slide dan miring karena air mengalir.

1. Berat yang dibutuhkan

Berat hexapod yang di perlukan adalah 3 ton

Tabel 1. Tabel Perhitungan Hexapod

a	0,560	
S	1,983	1,983
y	1,362 * 0,56	0,545
x	0,874*0,56	0,350

Sumber : Olah Data

2. Gaya aliran air

Data yang diketahui :

C_d : Koefisien seret (1,000)

ρ_w : kepadatan air (1,000 t/m³)

ε : koefisien perlindungan group (0,350)

S : Luas yang diproyeksi kan (1,983 m²)

V : Kecepatan aliran di HWL (4,00 m/sec)

$$F = C_d \cdot \rho_w \cdot \varepsilon \cdot S \cdot V^2 / 2$$

$$F = 1,000 \cdot 1,000 \cdot 0,350 \cdot 1,983 \cdot 4,000^2 / 2$$

$$F = 2,776 \text{ t}$$

3. Gaya seret

Data yang diketahui :

N' : berat hexapod di dalam air di dasar sungai

μ : koefisien gesekan (0,650)

ρ_c : berat jenis beton (2,400 t/m³)

M : berat beton (2,950 t)

g : gravitasi (9,800 m/det)

$$R = \mu \cdot N'$$

$$R = \mu \cdot (1 - \rho_w / \rho_c) \cdot M \cdot g$$

$$R = 0,650 \cdot (1 - 1000 / 2,400) \cdot 2,950 \cdot 9,800$$

$$R = 10,963 \text{ t}$$

4. Beban

Tabel 2. perhitungan beban di hexapod

R (t)	F (t)	x (m)	y (m)	M_0 (tm)	M_R (tm)
10,963	2,776	0,350	0,545	1,513	3,833

Sumber : Olah Data

Analisa stabilitas

a. Sliding

$$F_s = \frac{10,963}{2,776}$$

$$F_s = 3,95 > 1,5 \text{ Aman}$$

b. Guling

$$F_s = \frac{3,833}{1,513}$$

$$F_s = 2,53 > 1,5 \text{ Aman}$$

Dari analisa di atas menyatakan bahwa beton hexapod aman dari sliding dan guling. Penataan hexapod dengan posisi saling terikat membuat hexapod semakin aman.

Perhitungan Debit Banjir

Banjir rencana di tentukan dari perencanaan proyek adalah 3850 m³/det dari debit desain 50 thn. Untuk debit terbesar pada 5 tahun terakhir adalah 1916,96 m³/det dengan ketinggian muka air 17,04 m pada bulan february 2018. Dan ketinggian muka air yang digunakan adalah 14,73 m sesuai dengan data perencanaan proyek.

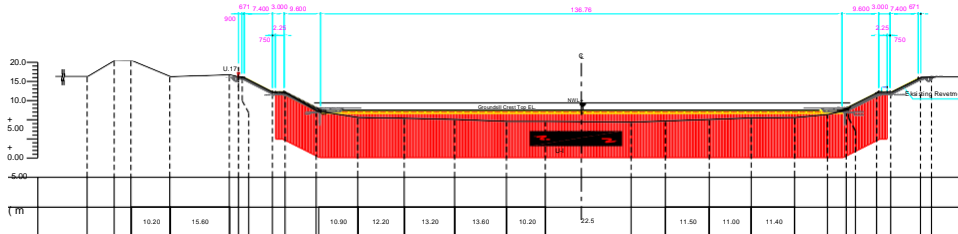
Table 3. debit banjir sungai bengawan solo hilir

Lokasi	Debit 50 Thn (m ³ /dt)			Debit 25 Thn (m ³ /dt)		Debit 10 Thn (m ³ /dt)	
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1	Case 4	Case 1	Case 4
Napel	4.000	4.000	4.000	3.760	2.630	3.300	2.350
Bend. Jipang	3.890	1.790	3.890	3.650	2.700	3.200	2.410
Cepu	3.810	1.790	3.810	3.580	2.690	3.130	2.400
Kalitidu	3.900	2.140	3.900	3.650	2.800	3.200	2.500
Bojonegoro	3.880	2.310	3.880	3.640	2.870	3.190	2.560
Babat	3.970	2.540	3.970	3.710	2.980	3.260	2.660

Sembayat	3.910	2.510	2.810	3.660	2.960	3.210	2.640
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sumber: Lower Solo River Improvement Project (tahun: 1994)

Perhitungan Elevasi Sungai



Gambar 4. Potongan Melintang Untuk Menentukan Elevasi Sungai

Untuk menentukan tinggi muka air di atas ambang menggunakan rumus:

$$Q = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (3 \cdot B_1 + 2 \cdot B_2) \cdot h_3^{\frac{3}{2}}$$

Dimana :

Q : debit desain (m³/det)

C : koefisien peluapan (0,6 – 0,66)

G : percepatan gravitasi (9,8 m/det²)

h₃ : tinggi air di atas peluap bendung utama (m) = 5,89 m B₁ : lebar peluap bagian bawah (m) = 140,00 m

B₂ : lebar muka air di atas peluapan (m)

Untuk mencari B₂ :

B₂ = B₁ + 4 · h₃ , untuk h ≤ 4 m

B₃ = B₁ + 4 · h₃ + 7 , untuk h > 4 m

$$B_2 = B_1 + 4 \cdot h_3$$

$$B_2 = 140,00 + 4 \cdot 2,89$$

$$B_2 = 163,56$$

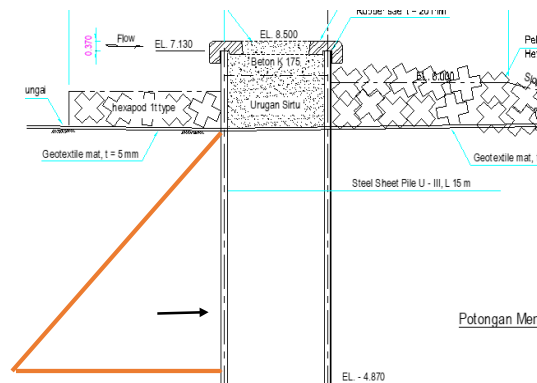
$$Q = \frac{2}{15} \cdot 0,60 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8} \cdot (3 \cdot 140,00 + 2 \cdot 163,56) \cdot 5,89^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,08 \cdot 13,86 \cdot (420,00 + 327,12) \cdot 14,29$$

$$Q = 39885,04 \text{ m}^3/\text{det}$$

dari perhitungan diatas didapat 9,64 sehingga terdapat pada tabel 2.6.3 dimana untuk nilai WCR pasir halus adalah 7. Maka selanjutnya di simpulkan bangunan aman terhadap rembesan.

Tekanan Tanah Aktif



Gambar 6. gambar tekanan tanah aktif

Teakanan tanah aktif dihitung dari tanah yang ada pada hilir groundsill.

$$K_{\alpha} = tg^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_{\alpha} = tg^2\left(45 - \frac{5,874}{2}\right)$$

$$K_{\alpha} = tg^2(42.06)$$

$$K_{\alpha} = 0,45$$

Hasil dari koefisien aktif akan di masukan ke rumus (2.16) untuk mencari nilai dari tekanan tanah aktif

$$P_{\alpha} = \frac{1}{2} \cdot K_{\alpha} \cdot \gamma_d \cdot H_1^2 - 2 c H_1 \sqrt{K_{\alpha}}$$

$$P_{\alpha} = \frac{1}{2} \cdot 0,45 \cdot 1,639 \cdot 10,6^2 - 2 \cdot 0,090 \cdot 10,06 \sqrt{0,45}$$

$$P_{\alpha} = 41,44 - 1,28$$

$$P_{\alpha} = 40,16 \text{ KN/m}$$

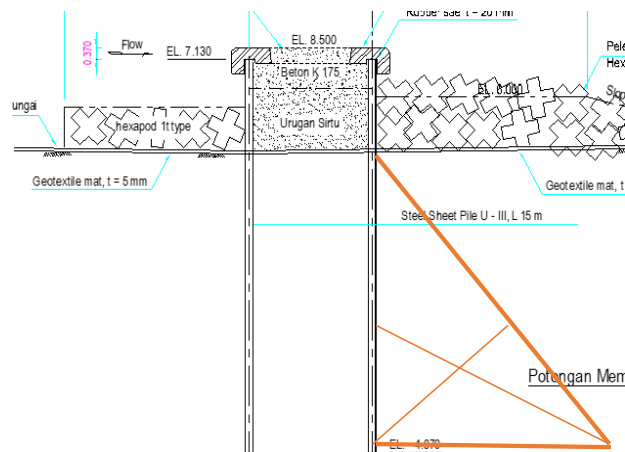
Di ketahui nilai tekanan tanah aktif sebesar 40,16 KN/m, selanjutnya mencari momen dengan cara mengkalikan tekanan tanah aktif (Ptanah) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu H/3 dari dasar dinding

$$\text{momen} = P_a \cdot \frac{1}{3} \cdot h$$

$$\text{momen} = 40,16 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10,6$$

$$\text{momen} = \mathbf{141,88 \text{ kNm}}$$

Tekanan Tanah Pasif



Gambar 7. gambar tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif adalah tanah yang bergerak berlawanan dengan arah tekanan tanah pasif dan berfungsi untuk menjaga kesetabilan struktur. Tekanan tanah pasif dihitung dari tanah yang ada pada hilir groundsill.

$$K_\alpha = \text{tg}^2(42.06)$$

$$K_\alpha = \mathbf{0,45}$$

Hasil dari koefisien aktif akan di masukan ke rumus (2.16) untuk mencari nilai dari tekanan tanah aktif

$$P_\alpha = \frac{1}{2} \cdot K_\alpha \cdot \gamma_d \cdot H_1^2 - 2 c H_1 \sqrt{K_\alpha}$$

$$P_\alpha = \frac{1}{2} \cdot 0,45 \cdot 1,639 \cdot 10,6^2 - 2 \cdot 0,090 \cdot 10,06 \sqrt{0,45}$$

$$P_\alpha = 41,44 - 1,28$$

$$P_\alpha = \mathbf{40,16 \text{ KN/m}}$$

Di ketahui nilai tekanan tanah aktif sebesar 40,16 KN/m, selanjutnya mencari momen dengan cara mengkalikan tekanan tanah aktif (P_{tanah}) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu H/3 dari dasar dinding

$$\text{momen} = P_a \cdot \frac{1}{3} \cdot h$$

$$\text{momen} = 40,16 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10,6$$

$$\text{momen} = \mathbf{141,88 \text{ kNm}}$$

Momen tekanan tekanan pasif akan digunakan untuk perhitungan bahaya geser. Nilai momen tekanan tanah pasif adalah 161,11 kNm

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan di atas maka kesimpulan yang dapat diambil adalah Berdasarkan pada hasil analisa Groundsill bendung gerak aman dari bahaya rembesan (pipng) karena nilai WCR hitung adalah 9,67 > dari nilai untuk jenis tanah WCR lempung lunak yaitu 7,00. Berdasarkan perhitungan analisa bahaya geseran, groundsill bendung gerak dinyatakan aman terhadap bahaya geser karena, hasil perkalian koefisien geser dengan perbandingan gaya yang berkerja sevara vertikal dan horisontal dari analisa adalah 2,94 > daripada angka keamanan 1,5 . Berdasarkan analisis daya dukung tanah groundsill dinyatakan tidak aman karena mendapat nilai 73,95 > 24,48 nilai daya dukung tanah. Maka untuk menambah keamanan di tambah pancang ssp sedalam 10 m dinyatakan groundsill aman dari daya dukung tanah.

REFERENSI

[Bendungan Gerak Bojonegoro - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas](https://id.wikipedia.org/wiki/Bendung_Gerak_Bojonegoro)
[id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org/wiki/Bendungan_Gerak_Bojonegoro)

Dinas Pekerjaan Umum, 1986, KP-02 Bangunan Utama. Jakarta: Dirjen Pengairan. Dinas Pekerjaan Umum, 1986, KP-06 Parameter Bangunan. Jakarta: Dirjen Pengairan Dinas Pekerjaan Umum, 2013, KP-02 Bangunan Utama. Jakarta: Dirjen Pengairan. Dinas Pekerjaan Umum, 2013, KP-06 Parameter Bangunan. Jakarta: Dirjen Pengairan Muhammad, S. (2012). Kontrol stabilitas. Universitas Negeri Yogyakarta.

Indarto ,(2016). Hidrologi . Bumi aksara

Bambang Triatmodjo, 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.

Suryolelono, K. B, & Dip, H. E. 1994. Teknik Pondasi Bagian I (Pondasi Telapak Dan Dinding Penahan Tanah). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Bambang Triatmodjo. (1993) Hidrolika II. Beta Offset, Jogjakarta.