

BAB V KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan yang sudah dilakukan dan rumusan masalah yang ada pada studi ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan kajian dari hasil investigasi geologi, *water pressure test* dan *trial grouting* pada sandaran kiri, dasar dan sandaran sungai dengan mempertimbangkan efektivitas grouting serta sebarannya dengan cairan kimia fenolftalein, maka didapatkan pola (jarak / spasi) grouting sebagai berikut:
 - a. Pada sandaran kiri : direncanakan grouting (*curtain*, *sub curtain* dan konsolidasi) dengan jarak 3 x 3 m. Dari hasil *Water Pressure Test* (WPT) pada sandaran kiri dengan jarak 3 x 3 m didapatkan efektivitas grouting 66.44 % (pengaruh grouting baik) dan ketika diberikan cairan kimia fenolftalein pada lubang *check hole*, cairan tersebut berubah menjadi warna merah (sebaran grouting terinterkoneksi).
 - b. Pada dasar sungai : direncanakan grouting (*curtain*, *sub curtain* dan konsolidasi) dengan jarak 2.2 x 1.5 m. Dari hasil *Water Pressure Test* (WPT) pada sandaran kiri dengan jarak 2.2 x 1.5 m didapatkan efektivitas grouting 61.50 % (pengaruh grouting baik) dan ketika diberikan cairan kimia fenolftalein pada lubang *check hole*, cairan tersebut berubah menjadi warna merah (sebaran grouting terinterkoneksi).
 - c. Pada dasar sungai : direncanakan grouting (*curtain*, *sub curtain* dan konsolidasi) dengan jarak 2.2 x 1.5 m. Dari hasil *Water Pressure Test* (WPT) pada sandaran kiri dengan jarak 2.2 x 1.5 m didapatkan efektivitas grouting 61.50 % (pengaruh grouting baik) dan ketika diberikan cairan kimia fenolftalein pada lubang *check hole*, cairan tersebut berubah menjadi warna merah (sebaran grouting terinterkoneksi).
2. Analisa rembesan pada tubuh dan pondasi bendungan dilakukan menggunakan program Geostudio SEEP/W 2007 dengan melakukan beberapa skenario *treatment* perbaikan pondasi dengan tujuan membuktikan bahwa terjadinya penurunan debit rembesan pada skenario sebelum perbaikan pondasi sampai perbaikan pondasi sesuai perencanaan.
 - Kapasitas rembesan sebelum grouting
Muka air waduk elevasi ± 243.56 m (MAB) = 0.03629 m³/dt.

Muka air waduk elevasi ± 239.05 m (MAN) = 0.034447 m³/dt.

Muka air waduk elevasi ± 202.05 m (MAR) = 0.018525 m³/dt.

Rata-rata kapasitas rembesan (0.029754 m³/dt) > 1 % dari Q rata-rata sungai (0.0133 m³/dt). Sehingga, dapat diketahui kapasitas rembesan yang terjadi pada pondasi dan tubuh Bendungan Tugu tidak memenuhi dari syarat yang ditetapkan.

- Kapasitas rembesan skenario I (dinding halang beton plastisa dan *curtain grouting*)

Muka air waduk elevasi $\pm 243,56$ m (MAB) = 0.010973 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 239,05$ m (MAN) = 0.010449 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 202,05$ m (MAR) = 0.005938 m³/dt.

Dari hasil analisa tersebut diketahui, kapasitas rembesan yang terjadi menjadi lebih kecil setelah *grouting* diterapkan pada pondasi Bendungan Tugu. Rata-rata kapasitas rembesan (0.009136 m³/dt) < 1 % dari Q rata-rata sungai (0.0133 m³/dt).

- Kapasitas rembesan skenario II (dinding halang beton plastisa dan *curtain, sub curtain grouting*)

Muka air waduk elevasi $\pm 243,56$ m (MAB) = 0.004845 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 239,05$ m (MAN) = 0.004589 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 202,05$ m (MAR) = 0.002698 m³/dt.

Dari hasil analisa tersebut diketahui, kapasitas rembesan yang terjadi menjadi lebih kecil setelah *grouting* skenario II diterapkan pada pondasi Bendungan Tugu. Rata-rata kapasitas rembesan (0.004044 m³/dt) < 1 % dari Q rata-rata sungai (0.0133 m³/dt).

- Kapasitas rembesan skenario III (dinding halang beton plastisa dan *curtain, sub curtain* dan konsolidasi *grouting*)

Muka air waduk elevasi $\pm 243,56$ m (MAB) = 0.001069 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 239,05$ m (MAN) = 0.001007 m³/dt.

Muka air waduk elevasi $\pm 202,05$ m (MAR) = 0.000523 m³/dt.

. Skenario III perbaikan pondasi Bendungan Tugu merupakan skenario yang sesuai dengan perencanaan perbaikan pondasi Bendungan Tugu. Dari hasil analisa tersebut diketahui, kapasitas rembesan yang terjadi menjadi lebih kecil setelah *grouting* skenario III diterapkan pada pondasi Bendungan Tugu. Rata-rata kapasitas rembesan (0.000866 m³/dt) < 1 % dari Q rata-rata sungai (0.0133 m³/dt).

3. Pada analisa stabilitas tubuh bendungan dan pondasi yang meliputi stabilitas terhadap daya dukung (kemampuan pondasi), stabilitas longsor pada dinding lubang bor *plastic*

concrete cut off wall, rembesan dan deformasi Bendungan Tugu didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Dari hasil tegangan vertikal bendungan pada pondasi dengan metode Osterberg didapatkan bahwa tegangan vertikal bendungan yang paling besar berada pada kedalaman 0 m dari dasar tubuh bendungan dengan nilai 2074,069 kN/m². Melihat kondisi kelas batuan yang didapat dari investigasi geologi dengan rerata kelas batuan CM – CH dan didapatnya tegangan ijin dari tabel estimasi fisik dan mekanik kelas batuan yang dikeluarkan oleh Central Research Institute of Electric Power Industry dengan nilai 5000 kN/m². Dengan kondisi tegangan vertikal < tegangan ijin, sehingga disimpulkan bahwa pondasi bendungan memenuhi sebagai tumpuan (pondasi) bendungan.
 - b. Pada perhitungan stabilitas longsor pada bor lubang *plastic concrete cut off wall* dengan berat jenis bentonite 1.18 ton/m³ didapat bahwa tekanan bentonite > tekanan tanah pada kedalaman 0 -25 m, sehingga disimpulkan tidak terjadi longsr pada tanah bekas lubang bor.
 - c. Dari hasil perhitungan manual didapat kecepatan kritis ($V_c=1.044$ cm/dt) > kecepatan rembesan ($V_s=2.76 \times 10^{-5}$ cm/dt) dapat dikatakan tidak akan terjadi peristiwa *piping* dan *boiling*. Sedangkan, dari hasil perhitungan faktor keamanan terhadap piping dan boiling didapat angka keamanan ("FK=5.645" > 4). Maka, dapat dikatakan tidak akan terjadi peristiwa piping atau boiling.
 - d. Analisa deformasi dilakukan dengan bantuan program Geostudio SIGMA/W 2007 dengan hasil pada lapisan pondasi endapan kollovial dan batuan lapuk kuat mengalami penurunan 25.40 cm dan pada dinding halang beton plastis mengalami penurunan 24.60 cm. Sehingga dari hasil tersebut didapatkan perbedaan penurunan 0.8 cm < 50 cm, maka tidak akan terjadi *crack* pada area dinding halang beton plastis. Pada dinding halang beton plastis dengan tinggi 18 m (1800 cm) terjadi deformasi vertikal (Y) 6.7 cm atau sebesar 0.37% < 4 %, sehingga tidak akan menimbulkan keruntuhan (*failure*). Sedangkan deformasi horizontal (X) dengan nilai sangat kecil sebesar 1,3 cm atau 0.07 % dan tidak akan membahayakan stabilitas dinding halang.
4. Metode pelaksanaan perbaikan pondasi dengan kombinasi *plastic concrete cut off wall* dan grouting dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya :
- Investigasi geologi, dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi pondasi bendungan yang meliputi kekuatan batuan, jenis batuan, dan rembesannya dengan WPT.

- Pekerjaan untuk *plastic concrete cut of wall*, diawali dengan pengeboran dengan menggunakan *bored pile* diameter 80 cm sedalam 18 m yang dilanjutkan dengan pemasangan *temporary steel casing* diameter 80 cm dengan tinggi 2 – 3 m. Setelah lubang di bor sedalam 18 m akan dilanjutkan pengerjaan pembetonan dengan menggunakan pipa *tremi* serta dilakukan sirkulasi bentonite ke dalam lubang.
 - Pekerjaan grouting, pekerjaan grouting dimulai dari konsolidasi grouting dilanjutkan *sub curtain* grouting dan *curtain* grouting dengan tujuan agar ketika dilakukan *sub curtain* dan *curtain* grouting penetrasi dan sebarsan grouting akan lebih baik. Pengeboran grouting dilakukan dengan metode *down stage* (dari atas ke bawah) dengan tahapan pengeboran (*stage*) setiap kedalaman 5 m. Setiap *stage* akan dilakukan pengujian tekanan air (WPT) untuk mengetahui nilai Lu dan *stage* yang akan di grouting jika $Lu > 3$. Pengeboran untuk grouting dilakukan dengan menggunakan mesin bor *rotary* diameter 73 mm. Pada pengeboran *curtain* grouting dilakukan pengeboran menembus dinding halang beton plastis dan *stage 1* terletak pada kedalaman 18 – 23 m. Bekas pengeboran pada area dinding halang beton plastis akan dilakukan pengisian (*plugging*) dengan material yang sama sesuai material yang digunakan untuk beton plastis.
 - Pekerjaan *Concrete Slab*, *concrete slab* berada diatas dinding halang dan grouting yang dilakukan setelah pekerjaan dinding halang dan grouting selesai. tahapan pekerjaan *concrete slab* dimulai dari pengecoran lantai kerja, pembuatan beton *decking*, pemasangan tulangan, pemasangan *bekisting dan waterstop*, pengecoran dan *curing*. *Concrete slab* dikerjakan seluas 12 x 125 m (sepanjang dinding halang beton plastis) dengan tebal 1 m.
5. Dari hasil Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan perbaikan pondasi metode *plastic concrete cut off wall* kombinasi grouting pada Bendungan Tugu didapatkan dengan biaya sebesar Rp. Rp.61,626,724,000.00 (Enam Puluh Satu Miliar Enam Ratus Dua Puluh Enam Juta Tujuh Ratus Dua Puluh Empat Ribu Rupiah).

5.2. Saran

1. Pada debit rembesan hasil analisa rembesan pada bendungan dengan program Geostudio SEEP/W 2007 perlu dilakukan validasi dengan menggunakan data hasil pengujian tekanan air dilapangan (WPT). Selain debit rembesan, efektivitas grouting dari hasil SEEP/W juga harus dilakukan validasi dengan efektivitas grouting hasil pengujian lapangan.
2. Pada perencanaan pola dan tekanan grouting pondasi bendungan harus dilakukan terlebih dahulu *trial* grouting minimal 3 lokasi pondasi bendungan (sandaran kiri, dasar, dan sandaran kana sungai). Data *trial* grouting dijadikan sebagai bahan pertimbangan utama dalam merencanakan pola dan tekanan grouting.
3. Apabila debit rembesan didapatkan dari hasil analisa SEEP/W 2007, maka nilai kecepatan rembesan (V_s) untuk perhitungan keamanan bendungan terhadap *piping* dan *boiling* juga harus diambil dari *result* SEEP/W 2007.
4. Dalam pelaksanaan metode pekerjaan untuk *drilling plastic concrete cut off wall* harus dilakukan dengan adanya sirkulasi bentonite untuk mencegah kelongsoran pada dinding lubang bekas *drilling plastic concrete cut off wall*.
5. Apabila bendungan direncanakan perbaikan pondasi dengan *plastic concrete cut off wall*, maka perlu diberencanakan *concrete slab* yang berfungsi untuk menahan beban timbunan dan berada diatas *plastic concrete cut off wall*.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan