

## DAFTAR ISI

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL.....                             | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                        | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                       | iii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                      | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                           | v    |
| DAFTAR ISI.....                                | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                            | ix   |
| DAFTAR TABEL .....                             | xi   |
| INTISARI.....                                  | xiii |
| ABSTRACT .....                                 | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                         | 1    |
| 1.1. Latar Belakang .....                      | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                     | 2    |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....                    | 2    |
| 1.4. Batasan Masalah.....                      | 3    |
| 1.5. Manfaat Penelitian.....                   | 3    |
| 1.6. Keaslian Penelitian .....                 | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                   | 4    |
| 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak.....      | 4    |
| 2.2. Debit Banjir Rancangan Sungai Opak.....   | 6    |
| 2.3. Bendung Tegal .....                       | 8    |
| 2.4. Perancangan Bangunan Utama.....           | 9    |
| 2.4.1. Bendung Tetap .....                     | 9    |
| 2.4.2. Kolam Olak .....                        | 13   |
| 2.4.3. Gerusan di Hilir Bendung .....          | 22   |
| 2.4.4. Perlindungan Bendung .....              | 25   |
| 2.4.5. Penentuan Panjang Lantai Muka.....      | 26   |
| 2.5. Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bendung ..... | 28   |
| 2.5.1. Gaya Gravitasi.....                     | 28   |

|                                   |                                                 |     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|-----|
| 2.5.2.                            | Gaya Lumpur .....                               | 29  |
| 2.5.3.                            | Gaya Lateral Tanah .....                        | 29  |
| 2.5.4.                            | Gaya Gempa .....                                | 30  |
| 2.5.5.                            | Gaya Hidrostatik .....                          | 32  |
| 2.5.6.                            | Gaya Hidrodinamik .....                         | 32  |
| 2.5.7.                            | Gaya Angkat ( <i>Uplift</i> ) .....             | 34  |
| 2.6.                              | Stabilitas Pada Bendung .....                   | 35  |
| 2.6.1.                            | Stabilitas terhadap Geser .....                 | 35  |
| 2.6.2.                            | Stabilitas terhadap Guling .....                | 37  |
| 2.6.3.                            | Stabilitas terhadap Kuat Dukung Tanah .....     | 38  |
| 2.7.                              | Perancangan Ulang Bendung Tegal Terdahulu ..... | 42  |
| BAB III METODE PENELITIAN .....   |                                                 | 44  |
| 3.1.                              | Lokasi Studi Kasus .....                        | 44  |
| 3.2.                              | Pengumpulan Data .....                          | 44  |
| 3.3.                              | Data Kajian .....                               | 46  |
| 3.4.                              | Prosedur Analisis Data .....                    | 49  |
| 3.5.                              | Alur Analisi Data ( <i>Flowchart</i> ) .....    | 53  |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                 | 56  |
| 4.1.                              | Evaluasi Stabilitas Bangunan Eksisting .....    | 56  |
| 4.2.                              | Analisis Perancangan Ulang Bendung Tegal .....  | 85  |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....  |                                                 | 116 |
| 5.1.                              | Kesimpulan .....                                | 116 |
| 5.2.                              | Saran .....                                     | 116 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              |                                                 | 117 |
| LAMPIRAN .....                    |                                                 | 119 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1. Daerah Aliran Sungai (DAS) .....                                              | 4  |
| Gambar 2. 2. DAS Opak untuk Perancangan Bendung Tegal .....                                | 6  |
| Gambar 2. 3. Bentuk-bentuk Mercu.....                                                      | 10 |
| Gambar 2. 4. Bendung dengan Mercu Bulat.....                                               | 11 |
| Gambar 2. 5. Harga-harga Koefisien $C_0$ untuk Mercu Bulat .....                           | 12 |
| Gambar 2. 6. Harga-harga Koefisien $C_1$ untuk Mercu Bulat .....                           | 13 |
| Gambar 2. 7. Harga-harga Koefisien $C_2$ untuk Mercu Bulat .....                           | 13 |
| Gambar 2. 8. Peredam Energi .....                                                          | 14 |
| Gambar 2. 9. Perencanaan Kolam Olak .....                                                  | 15 |
| Gambar 2. 10. Parameter-parameter Loncat Air .....                                         | 17 |
| Gambar 2. 11. Pemilihan Bangunan Peredam Energi.....                                       | 17 |
| Gambar 2. 12. Kolam Olak USBR III Konstruksi Beton.....                                    | 19 |
| Gambar 2. 13. Kolam Olak USBR III Konstruksi Pasangan Batu .....                           | 19 |
| Gambar 2. 14. Tipe Kolam Olak USBR IV .....                                                | 20 |
| Gambar 2. 15. Kolam Olak Tipe Blok Halang.....                                             | 21 |
| Gambar 2. 16. Kolam Vlugter.....                                                           | 22 |
| Gambar 2. 17. Kedalaman Gerusan Dasar Sungai .....                                         | 23 |
| Gambar 2. 18. Hasil Perhitungan Kedalaman Gerusan di Dasar Saluran .....                   | 24 |
| Gambar 2. 19. Grafik untuk Perencanaan Ukuran Pasangan Batu Kosong .....                   | 26 |
| Gambar 2. 20. Daerah-daerah Gempa di Indonesia Bagian Tengah.....                          | 31 |
| Gambar 2. 21. Tekanan Hidrodinamik.....                                                    | 33 |
| Gambar 2. 22. Gaya Angkat Pada Pondasi Bendung.....                                        | 35 |
| Gambar 2. 23. Tebal Lantai Kolam Olak.....                                                 | 38 |
| Gambar 2. 24 Faktor-faktor Daya Dukung, Beban Garis Dekat Permukaan.....                   | 40 |
| Gambar 2. 25. Sketsa Perancangan Ulang Bendung Tegal Terdahulu .....                       | 43 |
| Gambar 3. 1. Lokasi Bendung Tegal .....                                                    | 44 |
| Gambar 3. 2. Kerusakan Kolam Olak .....                                                    | 45 |
| Gambar 3. 3. Alur Pengerjaan Evaluasi Stabilitas dan Perancangan Ulang Bendung Tegal ..... | 54 |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3. 4. Alur Pengerjaan Evaluasi Stabilitas dan Perancangan Ulang Bendung Tegal (Lanjutan) .....               | 55  |
| Gambar 4. 1. Sketsa Tinggi Air di Hulu dan Hilir Bendung Eksisting.....                                             | 58  |
| Gambar 4. 2. Perhitungan Berat Bendung Eksisting (Gravitasi) .....                                                  | 62  |
| Gambar 4. 3. Perhitungan Tekanan Lumpur Bendung Eksisting.....                                                      | 63  |
| Gambar 4. 4. Tekanan Tanah Lateral Pada Bendung Eksisting.....                                                      | 66  |
| Gambar 4. 5. Perhitungan Gaya dan Momen Gempa Bendung Eksisting .....                                               | 68  |
| Gambar 4. 6. Tekanan Hidrostatik Kondisi Air Normal Bendung Eksisting.....                                          | 71  |
| Gambar 4. 7. Tekanan Hidrostatik Kondisi Air Banjir Bendung Eksisting.....                                          | 72  |
| Gambar 4. 8. Gaya Angkat Arah Vertikal Pada Bendung Eksisting .....                                                 | 75  |
| Gambar 4. 9. Gaya Angkat Arah Horizontal Pada Bendung Eksisting .....                                               | 77  |
| Gambar 4. 10. Desain Bendung Eksisting dengan Debit Banjir Rancangan 949,9 m <sup>3</sup> /s.....                   | 84  |
| Gambar 4. 11. Sketsa Tinggi Air di Hulu dan Hilir Bendung Redesain .....                                            | 87  |
| Gambar 4. 12. Kolam Olak USBR III Pada Bendung Redesain.....                                                        | 89  |
| Gambar 4. 13. Perhitungan Berat Bendung Redesain.....                                                               | 91  |
| Gambar 4. 14. Perhitungan Tekanan Lumpur Pada Bendung Redesain .....                                                | 94  |
| Gambar 4. 15. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Pada Bendung Redesain.....                                          | 95  |
| Gambar 4. 16. Perhitungan Gaya dan Momen Gempa Pada Bendung Redesain .                                              | 97  |
| Gambar 4. 17. Perhitungan Tekanan Air Normal Pada Bendung Redesain .....                                            | 99  |
| Gambar 4. 18. Perhitungan Tekanan Air Banjir Pada Bendung Redesain.....                                             | 100 |
| Gambar 4. 19. Perhitungan Gaya Angkat Arah Vertikal Pada Bendung Redesain .....                                     | 105 |
| Gambar 4. 20. Perhitungan Gaya Angkat Arah Horizontal Pada Bendung Redesain .....                                   | 106 |
| Gambar 4. 21. Dimensi Bendung Hasil Perancangan Ulang dengan Debit Banjir Rancangan 1075,64 m <sup>3</sup> /s ..... | 115 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1. Harga-harga Koefisien Ka dan Kp .....                                                             | 10 |
| Tabel 2. 2. Nilai Angka Aman untuk WCR .....                                                                  | 27 |
| Tabel 2. 3. Berat Volume Bahan .....                                                                          | 28 |
| Tabel 2. 4. Koefisien Jenis Tanah .....                                                                       | 31 |
| Tabel 2. 5. Periode Ulang dan Percepatan Dasar Gempa .....                                                    | 31 |
| Tabel 2. 6. Harga Perkiraan untuk Koefisien Gesek .....                                                       | 36 |
| Tabel 2. 7. Bentuk Telapak Fondasi .....                                                                      | 39 |
| Tabel 2. 8. Harga-harga Perkiraan Daya Dukung Izin ( <i>British Standard Code of Practice CP 2004</i> ) ..... | 41 |
| Tabel 3. 1. Data Tanah Bendung Tegal .....                                                                    | 48 |
| Tabel 3. 2. Data Tanah Bendung Tegal (Lanjutan) .....                                                         | 49 |
| Tabel 3. 3. Hasil Interpolasi Sampel Tanah BT-1 dan BT-3 .....                                                | 49 |
| Tabel 4. 1. Hasil Perhitungan Kedalaman Konjugasi di Hilir Bendung Eksisting .....                            | 57 |
| Tabel 4. 2. Perhitungan Gerusan Dasar Sungai di Hilir Bendung Eksisting .....                                 | 60 |
| Tabel 4. 3. Kedalaman Gerusan Setelah Perkuatan .....                                                         | 60 |
| Tabel 4. 4. Perhitungan Berat Bendung Eksisting .....                                                         | 64 |
| Tabel 4. 5. Perhitungan Berat Bendung Eksisting (Lanjutan) .....                                              | 65 |
| Tabel 4. 6. Perhitungan Tekanan Lumpur Bendung Eksisting .....                                                | 65 |
| Tabel 4. 7. Hasil Perhitungan Gaya dan Momen Tanah Pada Bendung Eksisting .....                               | 67 |
| Tabel 4. 8. Perhitungan Gaya dan Momen Gempa Pada Bendung Eksisting .....                                     | 67 |
| Tabel 4. 9. Perhitungan Gaya dan Momen Gempa Pada Bendung Eksisting .....                                     | 69 |
| Tabel 4. 10. Perhitungan Gaya dan Momen Hidrostatik Kondisi Air Normal .....                                  | 73 |
| Tabel 4. 11. Perhitungan Gaya dan Momen Hidrostatik Kondisi Air Banjir .....                                  | 73 |
| Tabel 4. 12. Perhitungan Gaya dan Momen Hidrodinamik .....                                                    | 73 |
| Tabel 4. 13. Perhitungan Gaya dan Momen Angkat Vertikal .....                                                 | 76 |
| Tabel 4. 14. Perhitungan Gaya dan Momen Angkat Horizontal .....                                               | 78 |
| Tabel 4. 15. Rekapitulasi Hasil Momen Penggulingan Pada Bendung Eksisting .....                               | 79 |
| Tabel 4. 16. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Geser Pada Bendung Eksisting .....                           | 80 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 17. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Geser Pada Bendung Eksisting (Lanjutan)..... | 81  |
| Tabel 4. 18. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kuat Dukung Tanah Pada Bendung Eksisting.....     | 82  |
| Tabel 4. 19. Perencanaan Kolam Olak Tipe USBR III Pada Bendung Redesain .                     | 88  |
| Tabel 4. 20. Perhitungan Berat Bendung Redesain.....                                          | 92  |
| Tabel 4. 21. Perhitungan Berat Bendung Redesain (Lanjutan).....                               | 93  |
| Tabel 4. 22. Perhitungan Perancangan Ulang Tekanan Lumpur .....                               | 93  |
| Tabel 4. 23. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Pada Bendng Redesain .....                     | 96  |
| Tabel 4. 24. Perhitungan Ulang Gaya Gempa.....                                                | 96  |
| Tabel 4. 25. Perhitungan Ulang Gaya Gempa (Lanjutan).....                                     | 98  |
| Tabel 4. 26. Perhitungan Hidrostatik Kondisi Air Normal Pada Bendung Redesain .....           | 101 |
| Tabel 4. 27. Perhitungan Gaya Hidrostatik Air Banjir Pada Bendung Redesain                    | 101 |
| Tabel 4. 28. Perhitungan Ulang Gaya Hidrodinamik Pada Bendung Redesain..                      | 103 |
| Tabel 4. 29. Perhitungan Tekanan ke Atas Arah Vertikal Pada Bendung Redesain .....            | 103 |
| Tabel 4. 30. Perhitungan Gaya Angkat Arah Horizontal Pada Bendung Redesain .....              | 108 |
| Tabel 4. 31. Rekapitulasi Hasil Momen Penggulingan Pada Bendung Redesain                      | 109 |
| Tabel 4. 32. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Geser Pada Bendung Redesain .....            | 110 |
| Tabel 4. 33. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Geser Pada Bendung Redesain (Lanjutan).....  | 111 |
| Tabel 4. 34. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kuat Dukung Tanah Pada Bendung Redesain .....     | 112 |