

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

### **PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) KEDUNGSARI, PURWOREJO** *Design of Micro Hydro Power Plant at Kedungsari, Purworejo*

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Ary Aprianto  
NIM : L2A308003  
Tanda Tangan : .....  
Tanggal : 18 Mei 2011

NAMA : Wahyu Asra Adi Kurniawan  
NIM : L2A308025  
Tanda Tangan : .....  
Tanggal : 18 Mei 2011



## UNIVERSITAS DIPONEGORO

### PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) KEDUNGSARI, PURWOREJO

*Design of Micro Hydro Power Plant at Kedungsari, Purworejo*

**ARY APRIANTO** **L2A308003**  
**WAHYU ASRA ADI KURNIAWAN** **L2A308025**

Semarang, Mei 2011

Disetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc  
NIP. 195403231980031002

Ir. Al Falah, M.Sc  
NIP. 195304251987031003

Mengetahui,  
Ketua Program Reguler II  
Jurusan Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

Ir. Moga Narayudha, SP1.  
NIP. 195202021980031005

## HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Ary Aprianto  
NIM : L2A308003  
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro  
(PLTMH) Kedungsari, Purworejo  
*Design of Micro Hydro Power Plant at Kedungsari,  
Purworejo*

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Penguji I : Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc ( ..... )  
Penguji II : Ir. Al Falah, M.Sc ( ..... )  
Penguji III : Ir. Sri Eko Wahyuni, M.S ( ..... )

Semarang, Mei 2011  
Ketua Program Reguler II  
Jurusan Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

Ir. Moga Narayudha, SP1.  
NIP. 195202021980031005

## HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Wahyu Asra Adi Kurniawan  
NIM : L2A308025  
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro  
(PLTMH) Kedungsari, Purworejo  
*Design of Micro Hydro Power Plant at Kedungsari,  
Purworejo*

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Penguji I : Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc ( .....)  
Penguji II : Ir. Al Falah, M.Sc ( .....)  
Penguji III : Ir. Sri Eko Wahyuni, M.S ( .....)

Semarang, Mei 2011  
Ketua Program Reguler II  
Jurusan Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

Ir. Moga Narayudha, SP1.  
NIP. 195202021980031005

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ary Aprianto NIM. L2A308003  
 Wahyu Asra Adi Kurniawan NIM. L2A308025  
 Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil  
 Fakultas : Teknik  
 Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)  
KEDUNGSARI, PURWOREJO**  
*Design of Micro Hydro Power Plant at Kedungsari, Purworejo*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
 Pada Tanggal : 18 Mei 2011

Yang menyatakan,

Ary Aprianto  
 NIM. L2A308003

Wahyu Asra Adi Kurniawan  
 NIM. L2A308025

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Kedungsari, Purworejo”**

Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat akademis dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan pengamatan yang dilaksanakan penulis dengan didukung oleh data – data yang diperoleh dari berbagai pihak yang berkaitan.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Sri Sangkawati, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Moga Narayudha, SP1, selaku Ketua Program Reguler II Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro
3. Bapak Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberi masukan atas Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Al-Falah, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah membimbing dan memberi masukan atas Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Supriyono, MT, selaku dosen wali Penulis yang telah memberi masukan dan dukungan kepada penulis.
6. Bapak Ir. Djoko Purwanto, MS, selaku dosen wali Penulis yang telah memberi masukan dan dukungan kepada penulis.
7. Seluruh dosen, staf Pengajaran dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Reguler II Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas jasa-jasanya selama kami menuntut ilmu.
8. Teman-teman angkatan 2008 yang telah banyak membantu memberi saran dan dorongan yang teramat besar dan telah banyak melewati berbagai kenangan indah dalam suka dan duka bersama selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu kami baik secara langsung maupun tidak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan untuk penyempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap dengan terselesaikannya Laporan ini, mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perkembangan penguasaan ilmu rekayasa sipil di Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

Semarang, April 2011

Penulis,

## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....            | ii        |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                         | iii       |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....   | vi        |
| KATA PENGANTAR.....                             | vii       |
| DAFTAR ISI .....                                | ix        |
| DAFTAR GAMBAR.....                              | xiii      |
| DAFTAR TABEL .....                              | xviii     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                   | <b>1</b>  |
| 1.1.    Latar Belakang.....                     | 1         |
| 1.2.    Maksud dan Tujuan .....                 | 1         |
| 1.3.    Ruang Lingkup dan Batasan Masalah ..... | 1         |
| 1.4.    Lokasi Perencanaan .....                | 2         |
| 1.5.    Sistematika Penulisan .....             | 2         |
| <b>BAB II KONDISI WILAYAH STUDI.....</b>        | <b>5</b>  |
| 2.1.    Tinjauan Umum.....                      | 5         |
| 2.2.    Topografi.....                          | 5         |
| 2.3.    Survey Topografi Lokasi Proyek.....     | 7         |
| 2.4.    Klimatologi.....                        | 7         |
| 2.5.    Geoteknik .....                         | 8         |
| 2.6.    Geologi.....                            | 10        |
| 2.7.    Hidrometri .....                        | 10        |
| 2.8.    Hidrologi .....                         | 11        |
| 2.9.    Kependudukan.....                       | 14        |
| <b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA .....</b>           | <b>16</b> |
| 3.1.    Tinjauan Umum .....                     | 16        |
| 3.2.    Analisis Hidrologi.....                 | 16        |
| 3.2.1. Debit Banjir .....                       | 16        |
| 3.2.2. Debit Andalan .....                      | 45        |
| 3.3.    Analisa Hidrolika.....                  | 54        |
| 3.3.1. Sungai.....                              | 54        |
| 3.3.2. Bendung.....                             | 57        |



|                                |  |     |
|--------------------------------|--|-----|
| 3.3.3.                         | <i>Intake</i> .....                                      | 68  |
| 3.3.4.                         | <i>Spillway</i> .....                                    | 69  |
| 3.3.5.                         | <i>Sand Trap</i> .....                                   | 70  |
| 3.3.6.                         | <i>Head Race</i> .....                                   | 71  |
| 3.3.7.                         | <i>Penstock</i> .....                                    | 72  |
| 3.3.8.                         | Turbin .....   | 75  |
| 3.3.9.                         | <i>Tail race</i> .....                                   | 79  |
| 3.4.                           | Analisis Stabilitas Bendung .....                        | 79  |
| 3.4.1.                         | Analisis Gaya-Gaya Horisontal .....                      | 80  |
| 3.4.2.                         | Analisis Gaya Vertikal .....                             | 82  |
| 3.4.3.                         | Analisis Stabilitas Bendung .....                        | 83  |
| 3.5.                           | Dimensi Angker <i>Block</i> dan <i>Power House</i> ..... | 85  |
| 3.5.1.                         | Perhitungan Angker <i>Block</i> .....                    | 85  |
| 3.5.2.                         | Dimensi <i>Power House</i> .....                         | 87  |
| BAB IV METODOLOGI .....        |  | 88  |
| 4.1.                           | Tinjauan Umum .....                                      | 88  |
| 4.2.                           | Analisa Hidrologi.....                                   | 89  |
| 4.3.                           | Analisa Hidrolika .....                                  | 91  |
| 4.4.                           | Stabilitas Bendung .....                                 | 91  |
| 4.5.                           | Dimensi Angker <i>Block</i> dan <i>Power House</i> ..... | 91  |
| BAB V ANALISA HIDROLOGI .....  |  | 92  |
| 5.1                            | Tinjauan Umum .....                                      | 92  |
| 5.2                            | Debit Banjir .....                                       | 92  |
| 5.2.1                          | Curah Hujan Rencana.....                                 | 92  |
| 5.2.2                          | Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....                  | 97  |
| 5.2.3                          | Perhitungan Debit Banjir Rencana.....                    | 110 |
| 5.3                            | Debit Andalan.....                                       | 131 |
| 5.3.1.                         | Perhitungan Debit Andalan .....                          | 131 |
| BAB VI ANALISA HIDROLIKA ..... |  | 135 |
| 6.1                            | Tinjauan Umum .....                                      | 135 |
| 6.2                            | Hidrolik Sungai .....                                    | 135 |
| 6.2.1.                         | Membuat <i>File</i> HEC-RAS Baru.....                    | 135 |
| 6.2.2.                         | <i>Input</i> Data Geometri Sungai .....                  | 136 |
| 6.3                            | Bendung .....  | 141 |
| 6.3.1.                         | Elevasi mercu.....                                       | 141 |
| 6.3.2.                         | Tinggi Air di Hilir Bendung .....                        | 141 |
| 6.3.3.                         | Lebar Efektif Bendung .....                              | 141 |
| 6.3.4.                         | Tinggi Air Banjir di Atas Mercu.....                     | 142 |
| 6.3.5.                         | Menentukan Dimensi Mercu Bulat.....                      | 144 |
| 6.3.6.                         | Kolam Olak.....  | 144 |
| 6.3.7.                         | Menentukan Panjang Lantai Muka .....                     | 150 |
| 6.4                            | <i>Intake</i> .....                                      | 150 |
| 6.5                            | <i>Sand trap</i> .....                                   | 151 |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 6.5.1.   | Panjang <i>Sand trap</i> .....                           | 151        |
| 6.5.2.   | Kemiringan <i>Sand Trap</i> saat Operasional.....        | 152        |
| 6.5.3.   | Kemiringan <i>Sand Trap</i> saat Pengurasan .....        | 154        |
| 6.6  | <i>Spillway</i> .....                                    | 156        |
| 6.6.1.   | Posisi <i>Spillway</i> .....                             | 156        |
| 6.6.2.   | Dimensi <i>Spillway</i> .....                            | 157        |
| 6.7  | <i>Head Race</i> .....                                   | 158        |
| 6.7.1.   | Dimensi <i>Head Race</i> .....                           | 158        |
| 6.7.2.   | Penurunan Tinggi Muka Air akibat <i>Trash Rack</i> ..... | 160        |
| 6.7.3.   | Elevasi <i>Head race</i> .....                           | 160        |
| 6.8  | <i>Penstock</i> .....                                    | 161        |
| 6.8.1.   | Menentukan Dimensi <i>Penstock</i> .....                 | 161        |
| 6.8.2.   | Menghitung <i>Hidrolis</i> Pipa .....                    | 162        |
| 6.8.3.   | Ketebalan <i>Penstock</i> .....                          | 163        |
| 6.9  | Turbin.....  | 164        |
| 6.9.1.   | Daya Terbangkit.....                                     | 164        |
| 6.9.2.   | Penentuan Turbin .....                                   | 164        |
| 6.9.3.   | Pemilihan Generator.....                                 | 169        |
| 6.10   | <i>Tail Race</i> .....                                   | 170        |
| 6.11   | <i>Bangunan</i> Pembilas pada Bendung .....              | 171        |
| <b>BAB VII ANALISIS STABILITAS BENDUNG .....</b>                         |  | <b>175</b> |
| 7.1.   | Perencanaan Bendung.....                                 | 175        |
| 7.1.1.   | Data Desain.....   | 175        |
| 7.1.2.   | Perhitungan Gaya – Gaya pada Kondisi Normal.....         | 176        |
| 7.1.3.   | Perhitungan Gaya-gaya pada Kondisi Banjir Rencana .....  | 185        |
| 7.2.   | Erosi Terhadap Bawah Tanah (Piping).....                 | 190        |
| 7.3.   | Desain Dinding Penahan Tanah Bagian Hilir Bendung .....  | 190        |
| 7.4.   | Desain Dinding Penahan Tanah Hulu Bendung.....           | 193        |
| <b>BAB VIII DIMENSI ANGKER <i>BLOCK</i> DAN <i>POWER HOUSE</i> .....</b> |  | <b>196</b> |
| 8.1.   | Tinjauan Umum .....                                      | 196        |
| 8.2.   | Angker <i>Block</i> .....                                | 196        |
| 8.2.1.   | Gaya Angker <i>Block</i> .....                           | 196        |
| 8.2.2.   | Stabilitas Angker <i>Block</i> .....                     | 198        |
| 8.3.   | Penumpu <i>Penstock</i> .....                            | 199        |
| 8.4.   | <i>Power house</i> .....                                 | 200        |
| 8.4.1.   | Dimensi Turbin .....                                     | 200        |
| 8.4.2.   | Dimensi Generator .....                                  | 201        |
| 8.4.3.   | Dimensi <i>Power House</i> .....                         | 201        |
| <b>BAB IX RENCANA KERJA DAN SYARAT - SYARAT .....</b>                    |  | <b>203</b> |
| 9.1.   | Tinjauan Umum .....                                      | 203        |
| 9.2.   | Instruksi Kepada Peserta Pengadaan .....                 | 203        |
| 9.3.   | Syarat-Syarat Umum dan Khusus Kontrak .....              | 204        |

|                                |   |     |
|--------------------------------|---|-----|
| 9.4.                           | Syarat-Syarat Teknis (Spesifikasi Teknis) ..... | 204 |
| 9.5.                           | Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....              | 204 |
| 9.6.                           | Gambar Perencanaan .....                        | 205 |
| BAB X METODE PELAKSANAAN ..... |   | 206 |
| 10.1.                          | Tinjauan Umum .....                             | 206 |
| 10.2.                          | <i>Time Schedule</i> .....                      | 206 |
| 10.3.                          | Kurva S .....                                   | 206 |
| BAB XI PENUTUP .....           |   | 208 |
| 11.1.                          | Tinjauan Umum .....                             | 208 |
| 11.2.                          | Kesimpulan .....                                | 208 |
| 11.3.                          | Saran .....                                     | 209 |
| DAFTAR PUSTAKA .....           |   | 210 |
| LAMPIRAN .....                 |   | 211 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 : Lokasi rencana Bendung Baru. ( <i>tinjauan langsung</i> ).....                   | 2  |
| Gambar 1.2 : Rencana lokasi PLTMH ( <i>tinjauan langsung</i> ).....                           | 2  |
| Gambar 1.3 Peta Lokasi Pekerjaan ( <i>Wikimapia ,2010</i> ).....                              | 4  |
| Gambar 2.1 Peta DAS Bendung Boro (Balai Besar Wilayah Serayu-Lok_Ulo).....                    | 5  |
| Gambar 2.2 Peta Lokasi Pekerjaan ( <i>Wikimapia ,2010</i> ) .....                             | 6  |
| Gambar 2.3 Topografi dan rencana lokasi PLTMH (Lab. Pengairan Undip). .....                   | 7  |
| Gambar 2.4 Lokasi Stasiun Klimatologi Kradenan .....  | 8  |
| Gambar 2.5 Situasi Titik Bor & Titik <i>Sondir</i> (Balai Besar Wilayah Serayu-Lok_Ulo) ..... | 9  |
| Gambar 2.6 Lokasi Stasiun Hujan ( <i>Balai Besar Wilayah Serayu-Lok_Ulo</i> ).....            | 11 |
| Gambar 2.7 Peta Desa Kedungsari ( <i>Kelurahan Kedungsari, 2010</i> ). .....                  | 15 |
| Gambar 3.1 Metode Poligon <i>Thiessen</i> .....   | 18 |
| Gambar 3.2 Metode Poligon <i>Isohyet</i> .....  | 19 |
| Gambar 3.3 Koefisien <i>Kurtosis</i> .....  | 22 |
| Gambar 3.4 Sketsa Hidrograf satuan sintetik Gama I.....                                       | 35 |
| Gambar 3.5 Sketsa Penetapan WF .....  | 36 |
| Gambar 3.6 Sketsa Penetapan RUA.....  | 37 |
| Gambar 3.7 Bagan alir HEC-HMS .....   | 40 |
| Gambar 3.8 Memulai proyek baru HEC-HMS .....  | 41 |
| Gambar 3.9 Model <i>Basin</i> HEC-HMS.....  | 41 |
| Gambar 3.10 Model Meteorologi HEC-HMS .....   | 43 |
| Gambar 3.11 Spesifikasi Kontrol HEC-HMS.....  | 44 |
| Gambar 3.12 <i>Input</i> data curah hujan pada HEC-HMS.....                                   | 44 |
| Gambar 3.13 Membuat <i>Running</i> pada HEC-HMS.....  | 45 |
| Gambar 3.14 Simulasi HEC-HMS .....  | 45 |
| Gambar 3.15 <i>Discharge</i> Desain ( <i>BTA, Teknik Sipil Undip</i> ) .....                  | 53 |
| Gambar 3.16 Tampilan Utama Program HEC-RAS .....  | 54 |
| Gambar 3.17 Tampilan Pengisian Nama <i>File</i> Program HEC-RAS .....                         | 55 |
| Gambar 3.18 Tampilan <i>Input</i> Data Geometri Sungai Program HEC RAS .....                  | 56 |
| Gambar 3.19 Tampilan <i>Input</i> Data Potongan Melintang Sungai Program HEC-RAS .....        | 56 |
| Gambar 3.20 Tampilan <i>Input</i> Data Debit Sungai Program HEC-RAS .....                     | 57 |
| Gambar 3.21 Tampilan Analisis <i>Project</i> Program HEC-RAS.....                             | 57 |
| Gambar 3.22 Sketsa Lebar Efektif Bendung .....  | 58 |
| Gambar 3.23 Bendung dengan Mercu Bulat (Sumber : KP-02 Bangunan Utama) .....                  | 59 |
| Gambar 3.24 Tekanan pada Mercu Bendung Bulat sebagai Fungsi Perbandingan $H_1/r$ ... ..       | 60 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 3.25 Harga-harga Koefisien $C_0$ untuk Bendung Ambang Bulat sebagai Fungsi Perbandingan $H_1/r$ .....             | 61  |
| Gambar 3.26 Koefisien $C_1$ sebagai Fungsi Perbandingan $p/H_1$ .....  | 61  |
| Gambar 3.27 Harga-harga Koefisien $C_2$ untuk Bendung Mercu Ogee dengan Muka Hulu Melengkung ( menurut USBR,1960 ) ..... | 61  |
| Gambar 3.28 Faktor Pengurangan Aliran Tenggelam sebagai Fungsi $H_2/H_1$ .....   | 62  |
| Gambar 3.29 Elevasi Air di Hulu dan Hilir Bendung .....  | 62  |
| Gambar 3.30 Kolam Olak Tipe Bak Tenggelam .....  | 64  |
| Gambar 3.31 Kolam <i>Vlugter</i> .....   | 64  |
| Gambar 3.32 Kolam <i>Schoklitsch</i> .....   | 65  |
| Gambar 3.33 Grafik Faktor $\beta$ ( Sumber: Buku Pegangan Kuliah Bangunan Air).....                                      | 66  |
| Gambar 3.34 Gaya Angkat pada Pondasi Bendung .....   | 67  |
| Gambar 3.35 Potongan <i>Intake</i> (Sumber: Harvey, 1993).....   | 68  |
| Gambar 3.36 <i>Spillway</i> (Sumber: KP.04) .....  | 69  |
| Gambar 3.37 Potongan <i>Sand Trap</i> (Sumber: Standar Perencanaan Mikro Hidro).....                                     | 70  |
| Gambar 3.38 Grafik Kecepatan Sedimen (Sumber: Standar Perencanaan Mikro Hidro).....                                      | 71  |
| Gambar 3.39 Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium (Bambang Triatmodjo, 1993). .....                                      | 72  |
| Gambar 3.40 Posisi Saringan (Sumber: Standar Perencanaan Mikro Hidro) .....  | 73  |
| Gambar 3.41 Garis Energi (EGL) dan Garis Tekanan (HGL).....  | 73  |
| Gambar 3.42 Grafik Penentuan Jenis Turbin (Ns dan <i>Hnetto</i> ).....   | 76  |
| Gambar 3.43 Grafik Penentuan Jenis Turbin (Flow dan <i>Hnetto</i> ) .....  | 77  |
| Gambar 3.44 Grafik Penentuan Sambungan Generator dan Turbin .....  | 77  |
| Gambar 3.45 Grafik Penentuan Putaran Turbin.....   | 77  |
| Gambar 3.46 Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium (Bambang Triatmodjo,1993) . .....                                      | 79  |
| Gambar 3.47 Gaya-gaya Yang Bekerja pada Bendung.....   | 79  |
| Gambar 3.48 <i>Layout</i> Tata Ruang <i>Power house</i> .....  | 85  |
| Gambar 3.49 Gaya yang Bekerja pada Angker <i>Blok</i> (Sumber: Mosonyi. 1991) .....                                      | 86  |
| Gambar 3.50 <i>Layout Power House</i> .....  | 88  |
| Gambar 4.1 Diagram Alir Rencana Kerja Tugas akhir .....  | 88  |
| Gambar 4.2 Diagram Alir Perhitungan Debit Banjir Rencana .....   | 89  |
| Gambar 4.3 Diagram Alir Perhitungan Debit Andalan .....  | 90  |
| Gambar 4.4 Diagram Alir Perhitungan Analisa Hidrolika .....  | 91  |
| Gambar 4.5 Diagram Alir Stabilitas Bendung .....   | 91  |
| Gambar 5.1 Peta DAS Muara Bendung Boro ( <i>Autodesk Land Desktop</i> ).....   | 92  |
| Gambar 5.2 Peta Luas DAS berdasar Pengatuh Stasiun Hujan.....  | 93  |
| Gambar 5.3 <i>Plotting</i> Data Distribusi Normal .....  | 103 |
| Gambar 5.4 <i>Plotting</i> Data Distribusi Log Normal .....  | 104 |

|   |      |
|---|------|
| Gambar 5.5 <i>Plotting</i> Data Distribusi Log <i>Pearson</i> III .....   | 105  |
| Gambar 5.6 <i>Plotting</i> Data Distribusi <i>Gumbel</i> .....  | 106  |
| Gambar 5.7 Sub DAS pada DAS Bendung Boro.....   | 111  |
| Gambar 5.8 Memulai <i>Project</i> Baru HEC-HMS.....   | 116  |
| Gambar 5.9 <i>Input Basin Models</i> .....  | 116  |
| Gambar 5.10 <i>Input Data Impervious</i> dan <i>Curve Number</i> .....  | 117  |
| Gambar 5.11 <i>Input data Lag Time</i> .....  | 117  |
| Gambar 5.12 <i>Input Data Muskingum</i> K dan X .....   | 118  |
| Gambar 5.14 Simulasi HEC-HMS .....  | 119  |
| Gambar 5.15 Rekapitulasi Hasil HEC-HMS .....  | 119  |
| Gambar 5.16 Unit Hidrograf Banjir Sub DAS 16.....   | 122  |
| Gambar 5.17 <i>User Specified Hydrograph</i> .....  | 127  |
| Gambar 5.18 <i>Paired Data</i> .....  | 127  |
| Gambar 5.19 Pemasukan <i>Unit Hydrograph</i> pada HEC-HMS.....  | 128  |
| Gambar 5.20 Hasil HEC-HMS .....   | 128  |
| Gambar 5.21 Grafik Hasil Q50 HEC-HMS dan HSS Gamma .....  | 130  |
| Gambar 6.1 Tampilan Utama Program HEC-RAS .....   | 135  |
| Gambar 6.2 Tampilan Pengisian Nama <i>File</i> Program HEC-RAS .....  | 135  |
| Gambar 6.3 Tampilan <i>Input Data</i> Geometri Sungai Program HEC RAS .....                                     | 136  |
| Gambar 6.4 Contoh Tampilan <i>Input Data</i> Potongan Melintang Sungai Program HEC-<br>RAS pada STA 6 .....     | 136  |
| Gambar 6.5 <i>Set Known Water Surfaces</i> .....  | 137  |
| Gambar 6.6 Tampilan <i>Input Data weir/emblankmen</i> Program HEC RAS .....                                     | 138  |
| Gambar 6.7 Tampilan <i>Input Data inline structure</i> Program HEC RAS.....                                     | 138  |
| Gambar 6.8 Tampilan <i>Input Data</i> Debit Sungai Program HEC-RAS .....  | 139  |
| Gambar 6.9 Tampilan Analisis <i>Project</i> Program HEC-RAS .....   | 139p |
| Gambar 6.10 <i>Out Put Profile</i> Program HEC-RAS .....  | 140  |
| Gambar 6.11 Tampilan Analisis <i>View Summary Output Tables By Profile</i> Program HEC-<br>RAS.....             | 140  |
| Gambar 6.12 Harga-harga koefisien $C_0$ untuk bendung ambang bulat sebagai fungsi<br>perbandingan $H_1/r$ ..... | 142  |
| Gambar 6.13 Koefisien $C_1$ Sebagai Fungsi Perbandingan $p/H_1$ .....   | 143  |
| Gambar 6.14 Koefisien $C_2$ Sebagai Fungsi Perbandingan $p/H_1$ .....   | 143  |
| Gambar 6.15 Kolam Loncatan Air .....  | 144  |
| Gambar 6.16 Dimensi Bendung Kondisi Normal.....   | 146  |
| Gambar 6.17 Tekanan Air pada Kondisi Normal .....   | 147  |
| Gambar 6.18 Dimensi Bendung Kondisi Banjir .....  | 148  |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 6.19 Tekanan Air pada Kondisi Banjir .....                           | 149 |
| Gambar 6.20 Tampak Samping <i>Intake</i> .....                              | 151 |
| Gambar 6.21 Grafik Kecepatan Alir Sedimen .....                             | 152 |
| Gambar 6.22 <i>Intake</i> ketika Banjir .....                               | 153 |
| Gambar 6.23 Saluran <i>Sand Trap</i> .....                                  | 153 |
| Gambar 6.24 Saluran dan bak pengendap .....                                 | 156 |
| Gambar 6.25 Tampak atas <i>Sand Trap</i> .....                              | 156 |
| Gambar 6.26 Letak dan Posisi <i>Spillway</i> .....                          | 157 |
| Gambar 6.27 Layout <i>Spillway</i> .....                                    | 158 |
| Gambar 6.28 Potongan <i>Head race</i> .....                                 | 160 |
| Gambar 6.29 Potongan Memanjang <i>Head Race</i> .....                       | 160 |
| Gambar 6.30 Rencana Elevasi Air .....                                       | 161 |
| Gambar 6.31 Layout <i>Pestock</i> .....                                     | 161 |
| Gambar 6.32 Grafik <i>Moody</i> .....                                       | 162 |
| Gambar 6.33 Grafik EGL dan HGL dengan Elevasi Air .....                     | 164 |
| Gambar 6.34 Grafik Penentuan Turbin Berdasarkan <i>Head</i> dan $N_q$ ..... | 165 |
| Gambar 6.35 Grafik Pemilihan Turbin .....                                   | 165 |
| Gambar 6.36 <i>Cross-flow Turbine</i> .....                                 | 166 |
| Gambar 6.37 Turbin <i>Cross Flow T15</i> .....                              | 167 |
| Gambar 6.38 Grafik Penentuan Hubungan Turbin dan Generator. ....            | 168 |
| Gambar 6.39 Grafik Penentuan <i>Turbine Rotation Speed</i> . ....           | 168 |
| Gambar 6.40 Generator .....   | 169 |
| Gambar 6.41 Pendimensian <i>Tail Race</i> .....                             | 171 |
| Gambar 6.42 Sketsa Pintu Pembilas .....                                     | 172 |
| Gambar 6.43 Detail stang pintu pembilas .....                               | 174 |
| Gambar 7.1 Skema Gaya-gaya Bendung Kondisi Normal .....                     | 176 |
| Gambar 7.2 Skema Gaya Berat Bendung Kondisi Normal .....                    | 177 |
| Gambar 7.3 Skema Gaya Bendung Akibat Gempa .....                            | 178 |
| Gambar 7.4 Skema Gaya <i>Uplift</i> Bendung Kondisi Normal .....            | 180 |
| Gambar 7.5. Skema Gaya <i>Hidrostatik</i> Bendung Kondisi Normal .....      | 182 |
| Gambar 7.6 Skema Gaya Bendung Kondisi Banjir .....                          | 185 |
| Gambar 7.7 Skema Gaya <i>Up Lift</i> Bendung Kondisi Banjir .....           | 186 |
| Gambar 7.8. Skema Gaya <i>Hidrostatik</i> Bendung Kondisi Banjir .....      | 188 |
| Gambar 7.9 Erosi Terhadap Tanah Bawah .....                                 | 190 |
| Gambar 7.10 Dinding Penahan Tanah Bagian Hilir Bendung .....                | 191 |
| Gambar 7.11 Dinding Penahan Tanah Bagian Hulu Bendung .....                 | 193 |
| Gambar 8.1 Potongan Memanjang Pipa Pesat .....                              | 196 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 8.2 Angker Blok sebelum <i>Power house</i> .....                         | 197 |
| Gambar 8.3 Arah Gaya P'o dan P'w .....  | 198 |
| Gambar 8.4 Gaya yang Bekerja pada Angker <i>Block</i> .....                     | 198 |
| Gambar 8.5 Rencana Penumpu <i>Penstock</i> . .....                              | 199 |
| Gambar 8.6 Layout Hubungan Turbin dan Genertor. ....                            | 200 |
| Gambar 8.7 Dimensi <i>Cross Flow</i> .....                                      | 200 |
| Gambar 8.8 Dimensi Generator ( <i>Sumber Mikoro-Hydro Design manual</i> ) ..... | 201 |
| Gambar 8.9 Dimensi Minimum <i>Power House</i> .....                             | 202 |
| Gambar 10.1 <i>Time schedulle</i> dan Kurva S .....                             | 206 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Rekapitulasi Fungsi Lahan pada DAS Bendung Boro .....                                     | 6  |
| Tabel 2.2 Rekapitulasi Data Klimatologi 2006 Kradenan. ....   | 7  |
| Tabel 2.3 Tes <i>Boring</i> di lokasi PLTMH.....  | 8  |
| Tabel 2.4 Titik Bor Propertis Tanah Bendung Boro.....   | 9  |
| Tabel 2.5 Rekapitulasi Jenis Tanah pada DAS Bogowonto (Peta GIS) .....                              | 10 |
| Tabel 2.6 Rekapitulasi Data Hidrometri tahun 2006 pada Bendung Boro .....                           | 10 |
| Tabel 2.7 Data Curah Hujan Maksimum berdasar STA. Banyuasin .....                                   | 11 |
| Tabel 2.8 Data Curah Hujan Maksimum berdasar STA. Banyuasin .....                                   | 12 |
| Tabel 2.9 Data Curah Hujan Maksimum berdasar STA. Banyuasin .....                                   | 12 |
| Tabel 2.10 Data Curah Hujan 2 Mingguan berdasar STA. Sapuran.....                                   | 13 |
| Tabel 2.11 Data Curah Hujan 2 Mingguan berdasar STA. Guntur .....                                   | 13 |
| Tabel 2.12 Data Curah Hujan 2 Mingguan berdasar STA. Banyuasin.....                                 | 14 |
| Tabel 2.13 Rekapitulasi Penduduk Desa Kedungsari .....  | 15 |
| Tabel 2.14 Rekapitulasi Penduduk Desa Kedungsari .....  | 15 |
| Tabel 3.1 <i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ) metode Sebaran <i>Gumbel</i> tipe I.....                    | 24 |
| Tabel 3.2 <i>Reduced Standard Deviation</i> ( $S_n$ ) Metode Sebaran <i>Gumbel</i> Tipe 1 .....     | 24 |
| Tabel 3.3 <i>Reduced Variate</i> ( $Y_T$ ) untuk Metode Sebaran <i>Gumbel</i> Tipe 1 .....          | 25 |
| Tabel 3.4 Harga K untuk Metode Sebaran Log <i>Pearson</i> III .....                                 | 26 |
| Tabel 3.5 Penentuan Nilai Kt pada Sebaran Normal (Sumber : Soewarno, 1995).....                     | 27 |
| Tabel 3.6 <i>Standard Variable</i> ( $K_t$ ) untuk Metode Sebaran Log Normal .....                  | 28 |
| Tabel 3.7 Pedoman Pemilihan Sebaran (Sumber : <i>Sutiono. dkk</i> ) .....                           | 30 |
| Tabel 3.8 Nilai $\chi^2$ kritis untuk uji kecocokan <i>Chi-Square</i> ( Sumber : Soewarno, 1995) 32 | 32 |
| Tabel 3.9 Nilai $D_0$ kritis untuk uji kecocokan <i>Smirnov-Kolmogorof</i> .....                    | 33 |
| Tabel 3.10 Koefisien suhu.....  | 48 |
| Tabel 3.11 Tekanan udara .....  | 49 |
| Tabel 3.12 Koefisien tekanan udara.....   | 49 |
| Tabel 3.13 Koefisien tekanan udara dan angin.....   | 50 |
| Tabel 3.14 Koefisien angin .....  | 50 |
| Tabel 3.15 Tekanan udara .....  | 51 |
| Tabel 3.16 Koefisien radiasi matahari .....   | 51 |
| Tabel 3.17 Harga-harga Koefisien Kontraksi Pilar ( $K_p$ ) .....                                    | 59 |
| Tabel 3.18 Harga-harga Koefisien Kontraksi Pangkal Bendung ( $K_a$ ) .....                          | 59 |
| Tabel 3.19 Harga Angka Rembesan <i>Lane</i> ( $C_L$ ).....  | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 3.20 Kecepatan Spesifik Untuk Berbagai-macam Tipe Turbin .....                              | 76  |
| Tabel 3.21 Harga-harga $\zeta$ (Sumber : Irigasi dan Bangunan Air, Gunadarma) .....               | 80  |
| Tabel 5.1 Rekapitulasi Luas DAS Berdasarkan Metode <i>Poligon Thiessen</i> .....                  | 93  |
| Tabel 5.2 Hujan Harian Rata – Rata Berdasarkan Stasiun Banyuasin .....                            | 94  |
| Tabel 5.3 Hujan Harian Rata – Rata Berdasarkan Stasiun Sapuran .....                              | 95  |
| Tabel 5.4 Hujan Harian Rata – Rata Berdasarkan Stasiun Guntur .....                               | 95  |
| Tabel 5.5 Curah Hujan Rata – Rata Harian Maksimum .....   | 96  |
| Tabel 5.6 Perhitungan Dispersi Curah Hujan Rata-Rata Kali Bogowonto .....                         | 97  |
| Tabel 5.7 Perhitungan Dispersi Curah Hujan Rata-Rata Kali Bogowonto dalam Logaritma .....         | 98  |
| Tabel 5.8 Urutan Curah Hujan dari Terkecil s/d Terbesar .....                                     | 99  |
| Tabel 5.9 Perhitungan Distribusi Normal Pada DAS Bogowonto .....                                  | 100 |
| Tabel 5.10 Perhitungan Distribusi Log Normal Pada DAS Bogowonto .....                             | 100 |
| Tabel 5.11 Perhitungan Distribusi Log <i>Pearson</i> III Pada DAS Bogowonto .....                 | 101 |
| Tabel 5.12 Perhitungan Distribusi <i>Gumbel</i> Pada DAS Bogowonto .....                          | 101 |
| Tabel 5.13 Data Curah Hujan Terangking .....  | 102 |
| Tabel 5.14 Persamaan Garis Lurus Distribusi Normal .....  | 103 |
| Tabel 5.15 Persamaan Garis Lurus Distribusi Log Normal .....                                      | 103 |
| Tabel 5.16 Persamaan Garis Lurus Distribusi Log <i>Pearson</i> III .....                          | 104 |
| Tabel 5.17 Persamaan Garis Lurus Distribusi <i>Gumbel</i> .....                                   | 105 |
| Tabel 5.18 hasil <i>Plotting</i> Data .....   | 106 |
| Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Analisa Parameter Statistik .....                                   | 107 |
| Tabel 5.20 Pengujian <i>Chi Kuadrat</i> .....   | 107 |
| Tabel 5.21 Hasil Pengujian <i>Smirnov-Kolmogorof</i> .....  | 108 |
| Tabel 5.22 Perhitungan Distribusi Log <i>Pearson</i> Tipe III Pada DAS Beringin .....             | 109 |
| Tabel 5.23 Perhitungan Intensitas Curah Hujan .....   | 109 |
| Tabel 5.24 Nilai <i>Impervious</i> dan <i>Curve Number</i> tiap Sub DAS .....                     | 111 |
| Tabel 5.25 Perhitungan Lag <i>Time</i> Tiap Sub DAS .....   | 112 |
| Tabel 5.26 Perhitungan Intensitas Hujan Tiap Sub DAS untuk Debit Banjir Rencana 20 Tahunan .....  | 113 |
| Tabel 5.27 Perhitungan Intensitas Hujan Tiap Sub DAS untuk Debit Banjir Rencana 50 Tahunan .....  | 113 |
| Tabel 5.28 Perhitungan Intensitas Hujan Tiap Sub DAS untuk Debit Banjir Rencana 100 Tahunan ..... | 114 |
| Tabel 5.29 Perhitungan Nilai <i>Muskingum</i> .....   | 115 |
| Tabel 5.30 Perhitungan Unit <i>Hidrograf</i> .....  | 121 |
| Tabel 5.31 Perhitungan Curah Hujan Efektif .....  | 123 |
| Tabel 5.32 Hidrograf Banjir Periode Ulang 20 Tahun .....  | 123 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 5.33 Hidrograf Banjir Periode Ulang 50 Tahun.....                               | 124 |
| Tabel 5.34 Hidrograf Banjir Periode Ulang 100 Tahun.....                              | 125 |
| Tabel 5.35 Hasil Debit Banjir Rencana 50 tahunan (HEC-HMS dan HSS GAMA).....          | 129 |
| Tabel 5.36 Rekapitulasi Hasil Debit Banjir Rencana 50 tahunan .....                   | 130 |
| Tabel 5.37 Curah hujan dua mingguan pada DAS Bogowonto .....                          | 131 |
| Tabel 6.1 <i>Station dan Elevation</i> .....  | 138 |
| Tabel 6.2 Perhitungan Panjang Rembesan dan Tekanan Air Kondisi Normal .....           | 147 |
| Tabel 6.3 Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Kondisi Banjir Rencana .....     | 148 |
| Tabel 6.4 mencari nilai <i>Z Intake</i> dan H saluran. ....                           | 152 |
| Tabel 6.5 Perhitungan Penentuan Panjang <i>Spillway</i> .....                         | 158 |
| Tabel 7.1. Hasil Perhitungan Berat Sendiri.....                                       | 177 |
| Tabel 7.2. Hasil Perhitungan Beban Gempa .....  | 178 |
| Tabel 7.3. Hasil Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah.....                           | 180 |
| Tabel 7.4. <i>Uplift Pressure</i> Titik x .....                                       | 181 |
| Tabel 7.5. Hasil Perhitungan Beban <i>Uplift Pressure</i> .....                       | 182 |
| Tabel 7.6. Hasil Perhitungan Gaya <i>Hidrostatic</i> .....                            | 183 |
| Tabel 7.7. Hasil Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Lumpur dan air.....                  | 183 |
| Tabel 7.8. Rekapitulasi Perhitungan Gaya – gaya pada Kondisi Normal.....              | 183 |
| Tabel 7.9. <i>Uplift Pressure</i> Titik X .....                                       | 186 |
| Tabel 7.10. Hasil Perhitungan Beban <i>Uplift Pressure</i> .....                      | 187 |
| Tabel 7.11. Hasil Perhitungan Gaya <i>Hidrostatic</i> .....                           | 188 |
| Tabel 7.12. Rekapitulasi Perhitungan Gaya–Gaya pada Kondisi Banjir Rencana .....      | 189 |
| Tabel 7.13 Ikhtisar Perhitungan Gaya Berat (Tinjauan 1 meter panjang) .....           | 191 |
| Tabel 7.14 Ikhtisar Perhitungan Gaya Irisan Terhadap 0 (Tinjauan 1 meter panjang).... | 192 |
| Tabel 7.15 Ikhtisar Perhitungan Gaya Berat (Tinjauan 1 meter panjang) .....           | 193 |
| Tabel 7.16 Ikhtisar Perhitungan Gaya Irisan Terhadap 0 (Tinjauan 1 meter panjang).... | 194 |