

**PERBANDINGAN PEREDAM ENERGI PADA  
PELIMPAH BERGANDA DAN PELIMPAH BERTANGGA  
(STUDI KASUS BENDUNG TIRTOREJO)**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

MAMINIATI SELAN

NPM : 160216680



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
FEBRUARI 2020**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :

**Perbandingan Peredam Energi pada  
Pelimpah Berganda dan Pelimpah Bertangga  
(Studi Kasus Bendung Tirtorejo)**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apa bila terbukti kemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Yogyakarta, Februari 2020

Yang membuat pernyataan



Maminiati Selan

**PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir

**PERBANDINGAN PEREDAM ENERGI PADA  
PELIMPAH BERGANDA DAN PELIMPAH BERTANGGA  
(STUDI KASUS BENDUNG TIRTOREJO)**

Oleh :

MAMINIATI SELAN

NPM : 160216680

Telah disetujui oleh Pembimbing :

Yogyakarta, *13 Februari 2020*

Pembimbing

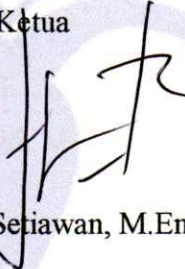


(Ir. V. Yenni Endang S., M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. A. Y. Harijanto Seriwawan, M.Eng., Ph.D.)

## PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

### PERBANDINGAN PEREDAM ENERGI PADA PELIMPAH BERGANDA DAN PELIMPAH BERTANGGA (STUDI KASUS BENDUNG TIRTOREJO)



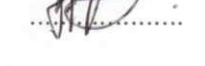


Oleh :

MAMINIATI SELAN

NPM : 16 02 16680

Telah diuji dan disetujui oleh :

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Ir. V. Yenni Endang S., M. T.		13-Feb-2020
Sekretaris	: Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.		14-2-2020
Anggota	: Ir. Poes Eliza Purnamasari, M.Eng.		14-2-2020

**“Faith, Hope, Love, Smile”**



Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

Orang tua dan keluarga

Terimakasih untuk doa dan dukungan yang telah diberikan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena berkat, anugerah, dan kemurahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Tugas akhir ini tentang Perbandingan Peredam Energi pada Pelimpah Berganda dan Pelimpah Bertangga (Studi Kasus Bendung Tirtorejo).

Penulis menyadari selama proses pengerjaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini terdapat bantuan, bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, antara lain kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Luky Handoko, S. T., M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Ir. V. Yenni Endang S., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membimbing selama penulis menempuh pendidikan.
5. Seluruh staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak dan Dinas PUP-ESDM DIY yang telah membantu penulis dengan memberikan data curah hujan serta data Bendung Tirtorejo.

7. Keluarga penulis, Papa, Mama, Nona, Noli, Soni, Mefi, Freya, Alleya, Kak Viky, dan Kak Ray, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
8. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Atma Jaya angkatan 2016 dan teman-teman guru sekolah minggu Gereja Kristen Nazarene Filadefia yang telah membantu dan mendukung penulis.
9. Teman-teman Paduan Suara Mahasiswa Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan IGA Malapari yang telah memberikan pengalaman berharga kepada penulis selama mengikuti organisasi di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Yogyakarta, Februari 2020

Penyusun



Maminiati Selan

NPM: 160216680

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>INTISARI</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6 Lokasi Penelitian .....	4
1.7 Keaslian Tugas Akhir .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	11
3.1 Analisis Hidrologi.....	11
3.1.1 Data Curah Hujan yang Hilang .....	11



3.1.2 Analisis Curah Hujan Rerata .....	11
3.1.3 Analisis Frekuensi .....	12
3.1.4 Pengujian Kesesuaian Jenis Sebaran .....	14
3.1.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	15
3.2 Analisis Hidraulika .....	15
3.2.1 Perencanaan Mercu Bendung .....	15
3.2.2 Perencanaan Pelimpah Bertangga .....	17
3.2.3 Kolam Olak.....	20
3.3 Analisis Stabilitas .....	22
3.3.1 Berat Sendiri Bangunan.....	22
3.3.2 Gaya Gempa .....	23
3.3.3 Gaya Hidrostatik .....	24
3.3.4 Gaya Angkat ( <i>Uplift</i> ).....	24
3.3.5 Gaya Sedimen dan Tekanan Tanah .....	25
3.3.6 Faktor Aman Stabilitas .....	26
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Persiapan.....	29
4.2 Pengumpulan Data.....	29
4.3 Pengolahan Data .....	29
4.4 Skema Pelaksanaan Tugas Akhir .....	32
4.5 Menentukan Luas DAS Bendung Tirtorejo Menggunakan ARCGIS 10.5 .....	33
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
5.1 Analisis Hidrologi.....	56
5.1.1 Daerah Aliran Sungai Bendung Tirtorejo.....	56

5.1.2 Curah Hujan Harian Rerata .....	57
5.1.3 Analisis Frekuensi dan Pemilihan Jenis Distribusi Sebaran Curah Hujan .....	58
5.1.4 Distribusi Log Person III .....	61
5.1.5 Pengujian Kesesuaian Jenis Sebaran .....	64
5.1.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	67
5.2 Analisis Hidraulika Pelimpah Berganda.....	69
5.2.1 Data Perencanaan Mercu Bendung 1.....	69
5.2.2 Menentukan Tinggi Muka Air Banjir di Atas Mercu Bendung 1....	69
5.2.3 Perhitungan Peredaman Energi Mercu 1 .....	71
5.2.4 Data Perencanaan Mercu Bendung 2.....	73
5.2.5 Menentukan Tinggi Muka Air Banjir di Atas Mercu Bendung 2....	74
5.2.6 Perhitungan Peredaman Energi Mercu 2 .....	74
5.2.7 Menentukan Dimensi Mercu Ogee Pelimpah Berganda .....	77
5.3 Analisis Hidraulika Pelimpah Bertangga .....	83
5.3.1 Data Perencanaan Mercu Bendung Bertangga .....	83
5.3.2 Menentukan Jenis Aliran di Atas Pelimpah Berganda .....	84
5.3.3 Menentukan Titik Awal Pemasukan Udara.....	85
5.3.4 Menentukan Kedalaman Air Setelah Titik Awal Pemasukan Udara .....	85
5.3.5 Menghitung Kehilangan Energi Akibat Anak Tangga .....	86
5.3.6 Menentukan Dimensi Mercu Ogee Pelimpah Bertangga .....	88
5.4 Analisis Stabilitas Bendung.....	91
5.4.1 Analisis Stabilitas Bendung Pelimpah Berganda .....	91
5.4.2 Analisis Stabilitas Bendung Pelimpah Bertangga .....	103

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	122
6.1 Kesimpulan.....	122
6.2 Saran.....	124
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	130
<b>LAMPIRAN</b> .....	131



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian .....	4
Gambar 2.1 <i>Nape Flow</i> .....	8
Gambar 2.2 <i>Skimming Flow</i> .....	8
Gambar 2.3 Pelimpah Bertangga .....	9
Gambar 3.1 Bentuk-Bentuk Bendung Mercuri Ogee .....	17
Gambar 3.2 Gaya Angkat pada Pondasi Bendung .....	25
Gambar 4.1 Gambar <i>Existing</i> Bendung Tirtorejo .....	30
Gambar 4.2 Modifikasi Pelimpah Berganda .....	30
Gambar 4.3 Modifikasi Pelimpah Bertangga .....	31
Gambar 4.4 Skema Pelaksanaan Tugas Akhir .....	32
Gambar 4.5 Peta DAS Pulau Jawa .....	33
Gambar 4.6 Tampilan Menu File .....	34
Gambar 4.7 Tampilan <i>Add XY</i> Data Lokasi Penelitian .....	34
Gambar 4.8 Koordinat Lokasi Penelitian .....	35
Gambar 4.9 Tampilan <i>Layer Properties</i> .....	35
Gambar 4.10 Label DAS Pulau Jawa .....	36
Gambar 4.11 Tampilan Menu <i>Select By Attributes</i> .....	36
Gambar 4.12 Hasil <i>Selection</i> DAS Opak .....	37
Gambar 4.13 Potongan DAS OPAK .....	37
Gambar 4.14 Peta <i>Digital Elevation Model</i> .....	38
Gambar 4.15 Tampilan Menu <i>Extract By Mask</i> .....	39
Gambar 4.16 Hasil <i>Extraction</i> Peta DEM .....	39
Gambar 4.17 Tampilan <i>Tool Fill</i> Pada ARCGIS 10.5 .....	40
Gambar 4.18 Peta DEM Hasil <i>Run Tool Fill</i> .....	40
Gambar 4.19 Tampilan <i>Tool Flow Direction</i> .....	41
Gambar 4.20 Peta Hasil <i>Run Flow Direction</i> .....	41
Gambar 4.21 Tampilan <i>Tool Flow Accumulation</i> .....	42
Gambar 4.22 Hasil <i>Run Flow Accumulation</i> .....	42
Gambar 4.23 Tampilan <i>Tool Raster Calculator</i> .....	43
Gambar 4.24 Hasil <i>Run Raster Calculator</i> .....	43

Gambar 4.25 Tampilan <i>Tool Stream Link</i> .....	44
Gambar 4.26 Hasil <i>Run Stream Link</i> .....	44
Gambar 4.27 Tampilan <i>Tool Stream Order</i> .....	45
Gambar 4.28 Hasil <i>Run Stream Order</i> .....	45
Gambar 4.29 Tampilan <i>Tool Stream Feature</i> .....	46
Gambar 4.30 Hasil <i>Run Stream to Feature</i> .....	46
Gambar 4.31 Tampilan <i>Tool Create New Shapefile</i> .....	47
Gambar 4.32 Tampilan Menu <i>Editor</i> .....	47
Gambar 4.33 Tampilan <i>Tool Create Feature</i> .....	48
Gambar 4.34 Tampilan <i>Tool Watershed</i> .....	48
Gambar 4.35 Hasil <i>Run Watershed</i> .....	49
Gambar 4.36 Hasil <i>Run Raster to Polygon</i> .....	49
Gambar 4.37 Tampilan <i>Tool Clip</i> .....	50
Gambar 4.38 Hasil <i>Tool Clip</i> .....	50
Gambar 4.39 Hasil <i>Add XY Data Lokasi Stasiun Hujan</i> .....	51
Gambar 4.40 Tampilan Data pada <i>Sheet1\$ Events</i> .....	51
Gambar 4.41 Tampilan <i>Export Data</i> .....	52
Gambar 4.42 Hasil <i>Label Features Stasiun Hujan</i> .....	52
Gambar 4.43 Tampilan <i>Create Thiessen Polygon</i> .....	53
Gambar 4.44 Hasil <i>Create Thiessen Polygon</i> .....	53
Gambar 4.45 Hasil <i>Edit Feature Poligon Thiessen</i> .....	54
Gambar 4.46 Tampilan <i>Clip Features</i> .....	54
Gambar 4.47 Hasil <i>Run Clip Features</i> .....	55
Gambar 4.48 Poligon <i>Thiessen DAS Bendung Tirtorejo</i> .....	55
Gambar 5.1 Penampang Melintang Mercu 1 .....	77
Gambar 5.2 Grafik Lengkung Permukaan Mercu 1 .....	80
Gambar 5.3 Penampang Melintang Mercu 2 .....	80
Gambar 5.4 Grafik Lengkung Permukaan Mercu 2.....	83
Gambar 5.5 Penampang Melintang Mercu Pelimpah Bertangga.....	89
Gambar 5.6 Grafik Lengkung Permukaan Mercu Pelimpah Bertangga .....	91

Gambar 5.7 Gaya Berat Sendiri yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Berganda .....	93
Gambar 5.8 Gaya Akibat Gempa yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Berganda .....	95
Gambar 5.9 Gaya Hidrostatik yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Pelimpah Berganda .....	96
Gambar 5.10 Gaya <i>Uplift Pressure</i> yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Pelimpah Berganda .....	99
Gambar 5.11 Gaya Sedimen dan Tekanan Tanah yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Berganda .....	101
Gambar 5.12 Gaya Berat Sendiri yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	105
Gambar 5.13 Gaya Akibat Gempa yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	107
Gambar 5.14 Gaya Hidrostatik yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Pelimpah Bertangga .....	108
Gambar 5.15 Gaya <i>Uplift Pressure</i> yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Pelimpah Bertangga .....	111
Gambar 5.16 Gaya Sedimen dan Tekanan Tanah yang Bekerja pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	113
Gambar 5.17 Tampak Atas Pelimpah Berganda .....	118
Gambar 5.18 Tampak Atas Pelimpah Bertangga .....	119
Gambar 5.19 Tampak Samping Pelimpah Berganda .....	120
Gambar 5.20 Tampak Samping Pelimpah Bertangga .....	121

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik Jenis Distribusi .....	13
Tabel 3.2 Harga K dan n untuk Berbagai Kemiringan.....	16
Tabel 3.3 Koefisien Jenis Tanah .....	23
Tabel 3.4 Periode Ulang dan Perencanaan Kejut Dasar Gempa .....	23
Tabel 3.5 Koefisien Zona Gempa .....	24
Tabel 3.6 Harga Minimum Angka Rembesan Labe.....	28
Tabel 5.1 Luas Bendung Tirtorejo dan Luas Pengaruh Stasiun Hujan .....	56
Tabel 5.2 Jarak Antar Stasiun Hujan.....	56
Tabel 5.3 Curah Hujan Harian (CH) Bulan Januari 2001 .....	57
Tabel 5.4 Data CH Maksimal Harian Rerata Tahun 2000-2018.....	59
Tabel 5.5 Analisis Frekuensi.....	59
Tabel 5.6 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi .....	61
Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Pearson III .....	61
Tabel 5.8 Faktor Frekuensi KT untuk Distribusi Log Pearson III .....	63
Tabel 5.9 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Log Pearson III.....	63
Tabel 5.10 Rekap Interval Kelas Distribusi Log Pearson III.....	66
Tabel 5.11 Hasil Uji Chi-Kuadrat .....	66
Tabel 5.12 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov .....	67
Tabel 5.13 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers.....	69
Tabel 5.14 Perhitungan Trial and Error He.....	70
Tabel 5.15 Penampang Melintang Mercu 1 .....	77
Tabel 5.16 Koordinat Lengkung Down Stream Mercu 1.....	79
Tabel 5.17 Penampang Melintang Mercu 2 .....	80
Tabel 5.18 Koordinat Lengkung Down Stream Mercu 2.....	82
Tabel 5.19 Penampang Melintang Mercu Pelimpah Bertangga.....	89
Tabel 5.20 Koordinat Lengkung Down Stream Pelimpah Bertangga .....	91
Tabel 5.21 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Berat Sendiri Bendung Pelimpah Berganda .....	92

Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa Bendung Pelimpah Berganda .....	94
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Hidrostatik saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Berganda .....	96
Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Tekanan Air saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Berganda .....	97
Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Momen Gaya <i>Uplift Pressure</i> saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Berganda .....	98
Tabel 5.26 Gaya Akibat Tekanan Tanah pada Bendung Pelimpah Berganda .....	100
Tabel 5.27 Rekapitulasi Gaya yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Berganda .....	101
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Berat Sendiri Bendung Pelimpah Bertangga .....	104
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa Bendung Pelimpah Bertangga .....	106
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Hidrostatik saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	107
Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Tekanan Air saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	109
Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Momen Gaya <i>Uplift Pressure</i> saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	110
Tabel 5.33 Gaya Akibat Tekanan Tanah pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	113
Tabel 5.34 Rekapitulasi Gaya yang Bekerja saat Kondisi Air Banjir pada Bendung Pelimpah Bertangga .....	113
Tabel 5.35 Perbandingan Peredam Energi Pelimpah Berganda dan Bertangga ..	116



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Maksimal Rerata Tahun 2000-2018 .....	127
Lampiran 2 Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log Pearson III .....	128
Lampiran 3 Nilai $X^2$ Uji Chi-Kuadrat .....	129
Lampiran 4 Nilai Uji Smirnov Kolmogorov .....	130
Lampiran 5 Faktor Frekuensi $C_1$ untuk Bendung Mercu Ogee.....	130
Lampiran 6 Faktor Frekuensi $C_2$ untuk Bendung Mercu Ogee.....	131
Lampiran 7 Koefisien Tegangan Aktif .....	132
Lampiran 8 Koefisien Tegangan Pasif.....	132
Lampiran 9 Bendung Tirtorejo.....	133



## INTISARI

**PERBANDINGAN PEREDAM ENERGI PADA PELIMPAH BERGANDA DAN PELIMPAH BERTANGGA (STUDI KASUS BENDUNG TIRTOREJO)**, Maminiati Selan, NPM 16.02.16680, tahun 2020, Bidang Peminatan Keairan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Bendung Tirtorejo memiliki beda tinggi hulu dan hilir yang besar sehingga dapat mengakibatkan adanya energi aliran yang besar di hilir bendung. Untuk mereduksi energi yang timbul, maka tubuh bendung dirancang menjadi pelimpah berganda agar tinggi jatuh tidak terlalu besar dan energi aliran dapat berkurang. Energi yang besar juga dapat diredam melalui gesekan aliran dan permukaan pelimpah bendung. Penerapan bentuk tangga pada pelimpah bendung dapat meningkatkan kehilangan energi pada air karena anak tangga yang tersusun bertindak sebagai terjunan kecil untuk memperlambat kecepatan aliran. Analisis hidraulika dan stabilitas pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan peredam energi pada pelimpah berganda dan bertangga di Bendung Tirtorejo.

Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi bentuk mercu dari ambang lebar menjadi mercu Ogee, kemudian melakukan analisis hidraulik dan analisis stabilitas untuk mendapatkan kehilangan energi relatif, panjang kolam olak serta angka aman terhadap gaya-gaya yang terjadi. Analisis hidraulik pelimpah berganda mengacu pada Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (KP-02) dan Desain Bendung Tetap untuk Irigasi Teknik, sedangkan analisis hidraulik pelimpah bertangga mengacu pada jurnal *Simplistic Design Methods for Moderate-Slopped Stepped Chutes*. Analisis stabilitas mengacu pada KP-02 dan KP 06. Penggambaran Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Tirtorejo dan Poligon Thiessen menggunakan aplikasi Arcgis 10.5.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa total kehilangan energi relatif bendung pelimpah berganda dan bertangga berturut-turut adalah 63,31% dan 76,574% dengan perbandingan 1:1,21. Panjang kolam olak rata-rata pelimpah berganda dan bertangga adalah 10,794 m dan 9,394 m dengan perbandingan 1,15:1. Bilangan Froude di pelimpah berganda dan bertangga adalah 8,974 dan 4,608 dengan perbandingan 1,94:1. Angka aman stabilitas pelimpah berganda dan bertangga terhadap ; guling 1,54 dan 1,80 (perbandingan 1:1,17); geser 1,49 dan 1,57 (perbandingan 1:1,05); *piping* 2,74 dan 2,73 (perbandingan 1:1); *uplift* 1,41 dan 1,80 (perbandingan 1:1,28); daya dukung tanah I adalah 6,17 dan 8,43 (perbandingan 1:1,37), daya dukung tanah II adalah 0,58 dan 1,61 (perbandingan 1:2,78). Dengan demikian pelimpah bertangga tidak saja memecah energi yang besar dan dapat memperpendek panjang kolam olak tapi juga lebih aman terhadap gaya-gaya yang terjadi, sehingga lebih menguntungkan.

**Kata kunci** : peredam energi, bendung, pelimpah berganda, pelimpah bertangga, aplikasi ARCGIS 10.5.