



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Gedung H, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang - 50229

Telp. +6224-8508004 Fax. +6224-8508004

Laman : <http://www.unnes.ac.id> email: [wr4@mail.unnes.ac.id](mailto:wr4@mail.unnes.ac.id)

**SURAT TUGAS**

Nomor: 456/UN37/TU/2017

Rektor Universitas Negeri Semarang memberikan tugas kepada yang terschut dibawah ini:

No	Nama/NIP	Pangkat/Gol	Keterangan
1.	Prof. YL Sukestiyarno M.S, Ph.D. 195904201984031002	Pembina Utama Madya - IV/d	WR 4
2.	Dr. Yeri Sutopo M.Pd., M.T 195307301987021001	Pembina - IV/a	Dosen FT
3.	Prof. Dr. Dewi Liesnoor Setyowati M.Si. 196208111988032001	Pembina Utama Madya - IV/d	Dosen FIS
4.	Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si,Akt 196412231988031001	Pembina Utama Madya - IV/d	Dosen FMIPA
5.	Karuniadi Satrijo Utomo S.T., M.T. 197103141999031001	Pembina - IV/a	Dosen FT
6.	Togari Cahyadi Upomo S.T., M.Eng. 198704202015041001	Penata Muda Tk. I - III/b	Dosen FT

Sebagai tim dalam kelompok kerja *Feasibility Studi* (FS) Bendung UNNES dalam rangka mewujudkan rancangan bendung guna pengembangan Taman Keanekaragaman Hayati (Taman Kehati) mulai 25 Januari - 31 Mei 2017.

Demikian untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan penuh tanggung jawab, apabila telah melaksanakan tugas harap memberikan laporan.

20 Januari 2017

Wakil Rektor Bidang Perencanaan dan Kerja Sama



Prof. YL Sukestiyarno, MS, Ph.D  
NIP 195904201984031002

Tembusan:

1. Ka. BAKK/BPK
2. Bendahara

# ANALISIS STABILITAS BENDUNG TERPADU DALAM RANGKA MENINGKATKAN PRODUK TAMAN KEHATI UNNES

Oleh:

Karuniadi Satrijo Utomo<sup>1)</sup>, Yeri Sutopo<sup>2)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)

Kampus UNNES Gd E4, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, email: utomo@mail.unnes.ac.id

Satu di antara analisis penting dalam perencanaan dan perancangan bendung adalah analisis stabilitas bendung. Peran dalam Bidang 3 kali ini dilaksanakan melalui aktivitas Bidang 4 sesuai profesionalisme di bidang keahlian. Bendung Terpadu UNNES setelah berhasil dirancang diharapkan akan dapat segera direalisasikan guna meningkatkan produk Taman Kehati UNNES yang hingga kini belum dapat terselenggara secara memuaskan. Tujuan penulisan artikel ini adalah deskripsikan hasil analisis stabilitas dalam perancangan Bendung Terpadu UNNES. Hasil analisis mencakup keamanan bendung rencana terhadap ancaman bahaya gelincir, guling, dan sufosi. Hal demikian dapat diamati dari besar angka aman dari ancaman 3 bahaya tersebut. Pemilihan tebal lapis lindung dan lantai kolam olak dengan besar sama yaitu 0,5 m terbukti memenuhi ketentuan desain sesuai pilihan bahan konstruksi terpakai beton bertulang.

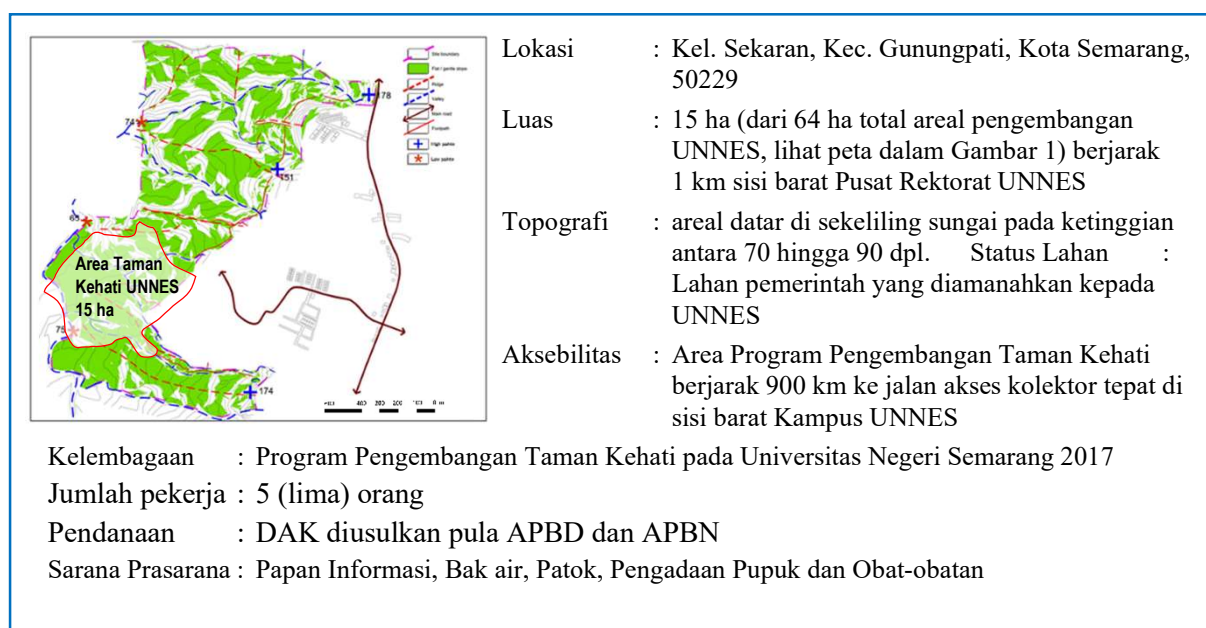
Kata kunci: bendung, stabilitas, gelincir, guling, sufosi

## PENDAHULUAN

### Taman Kehati UNNES

Taman Keanekaragaman Hayati (Taman Kehati) adalah suatu kawasan pencadangan sumber daya alam hayati lokal diluar hutan guna konservasi *insitu* dan/atau *exsitu* khususnya bagi jenis tumbuhan dengan penyerbukan dan/atau pemacaran biji harus

dibantu oleh satwa dengan struktur dan komposisi vegetasinya dapat mendukung kelestarian satwa penyerbuk dan pemancar biji (Tim Penulis Kementerian LHK, 2020). Taman Kehati UNNES dengan luas 15 ha divisualisasikan pada [Gambar 1](#) berikut.



**Gambar 1** Area Taman Kehati UNNES 15 ha dari 64 ha Area Pengembangan UNNES

## KAJIAN PUSTAKA

### Manfaat Taman Kehati

Penerapan konsep *green university* di UNNES sejak dicanangkan tahun 2010 sebagai kampus konservasi telah dijalankan. Program pengembangan taman keanekaragaman hayati sekurangnya dengan sub program penghijauan, penanganan sampah organik dan anorganik menjadi kompos (Akbar, K. et.al, 2013).

Dalam perkembangan UNNES hingga kini, pembentukan dan pengembangan Taman Keanekaragaman Hayati (Taman Kehati) memiliki keunikan. Bermula dari keberadaan dan kelangsungan hidup jenis fauna pada tahun 2008. Kelembagaan program pengembangan tersebut kemudian diresmikan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup. Sejalan perkembangan sebagai kampus konservasi, program itu ditransformasikan menjadi Divisi Konservasi Biodiversitas. Program-program dalam divisi mencakup: konservasi flora fauna melalui inventarisasi dan monitoring flora fauna, penangkaran kupu-kupu, pengembangan database dan *sistem e-biodiversity*, gerakan penghijauan, pengembangan Kebun Wisata Pendidikan, pembibitan tanaman buah, langka, obat, dan tanaman keras. Taman Keanekaragaman Hayati (Taman Kehati) sebagai satu di antara diversitas program yang kini dikembangkan dengan konsep eduekowisata komersial masih terus diupayakan, diharapkan akan lebih mampu berperan dalam menjaga kelestarian keanekaragaman hayati Indonesia (RENIP UNNES 2010-2034).

Pengembangan Taman Kehati berkaitan erat dengan ekoregion tertentu dalam populasi rendah. Muatan kandungan Taman Kehati mencakup koleksi tumbuhan, pengembangbiakan tumbuhan dan satwa utama dan pendukung, sumber genetik tumbuhan lokal, ruang terbuka hijau, sarana

pendidikan, penelitian, pengembangan ilmu pengetahuan dan ekowisata (Tim Penulis Kementerian LHK, 2020).

Pengelolaan keanekaragaman hayati merupakan satu di antara 6 strategi pengembangan konservasi di UNNES. Pengembangan program lebih diarahkan kepada penambahan jumlah vegetasi pendukung kenyamanan iklim mikro bagi pengguna-pengguna dan penambah estetika kampus, serta pengembangan tanaman lokal berpotensi baik dan daya jual tinggi. Program berjalan: Pengembangan data base flora dan fauna, Pembinaan Kebun Wisata Pendidikan, Pengembangan Biodiversitas di Unit Kerja, Renovasi tanaman di sepanjang jalan utama dan di pintu gerbang, Pengembangan kebun buah, Pengembangan kebun tanaman langka/ Kebun Kehati (Prihanto, T., 2017).

### Manfaat Bendung Terpadu

Bendung adalah bangunan melintang sungai difungsikan meninggikan muka air sungai sehingga mudah diambil guna keperluan irigasi, air baku, dan berbagai keperluan lain. Manfaat pembangunan bendung terpadu pada Taman Kehati UNNES yang akan dapat dipetik a.l.: Mendukung penyelenggaraan Taman Kehati UNNES Edukowisata Berbasis Komunitas; Meningkatkan luas dan produksi sawah irigasi bagi masyarakat sekitar Taman Kehati UNNES; Mendukung terwujudnya kolam air tawar masyarakat sekitar Taman Kehati UNNES; Meningkatkan jumlah lokasi wisata bagi masyarakat sekitar Taman Kehati UNNES; Menambah jumlah laboratorium alam berupa bendung untuk praktikum dan penelitian mahasiswa Teknik Sipil, Geografi, Fisika, guna peningkatan kompetensi lulusan UNNES (Tim FS Bendung UNNES, 2017).

## Analisis stabilitas Bendung

Stabilitas bangunan gravitasi masif penting dianalisis pada tahap perancangan sehingga bangunan dapat tegar berfungsi sesuai rencana (*Perencanaan Bangunan Utama (Bendung) Modul-08*). Dijelaskan bahwa analisis stabilitas bendung dilakukan dengan melakukan pengecekan keamanan bangunan bendung rencana terhadap resiko ancaman-ancaman bahaya kehancuran bangunan sebagai berikut:

### 1. Gelincir atau geseran (*sliding*)

Ketahanan bangunan terhadap bahaya gelincir dicek melalui perhitungan memakai persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\Sigma(H)}{\Sigma(V)} = \tan \theta < \frac{f}{SF} \quad \dots (1)$$

di mana:

$\Sigma(H)$  : Seluruh gaya kerja horizontal

$\Sigma(V)$  : Seluruh gaya kerja vertikal

dengan:  $H$  adalah seluruh  $\theta$  adalah sudut resultan gaya terhadap garis datum vertikal,  $f$  adalah koefisien gesekan, dan  $SF$  adalah angka aman. Nilai koefisien  $f$  dipengaruhi jenis tanah dasar di mana bangunan akan diletakkan, nilai  $f$  diacu dari tabel.

Pada bangunan bendung, bidang gelincir tersebut berada pada dasar bangunan.

### 2. Guling (*overturning*)

Ketahanan bangunan terhadap bahaya guling diantisipasi dengan melakukan pengecekan dan perbandingan terhadap seluruh momen horizontal dan vertikal akibat gaya-gaya kerja horizontal dan vertikal memakai persamaan:

$$\frac{\Sigma M_H}{\Sigma M_V} < \frac{f}{SF} \quad \dots (2)$$

dengan:  $M_V$  adalah seluruh momen oleh gaya-gaya kerja vertikal,  $M_H$  adalah seluruh momen oleh gaya-gaya kerja horizontal,  $f$  adalah koefisien gesekan, dan  $SF$  adalah angka aman.

Gaya-gaya kerja baik horizontal dan vertikal menghasilkan momen-momen putar terhadap titik putar pada kaki hilir bangunan bendung.

### 3. Terangkat (*uplift*)

Tekanan air di dasar konstruksi bangunan air memiliki arah ke segala arah sehingga penting diperhatikan pada arah atas karena dapat menimbulkan dampak negatif karena membentuk gaya kerja mengangkat bagian atau seluruh bangunan dari posisinya. Tekanan angkat (*uplift pressure*) dan gaya angkat (*uplift force*) harus dapat diredam oleh berat konstruksi bangunan.

Analisa tekanan dan gaya tersebut dapat dilakukan dalam beberapa metode pilihan, di antara metode analisa, Metode Lane dapat dipakai guna melakukan analisa perhitungan tersebut. Metode Lane dikembangkan berdasarkan pada asumsi bahwa pengaruh tekanan air pada jalur vertikal 3 lebih kuat daripada tekanan air pada jalur horizontal. Angka rembesan ( $C_L$ ) digunakan sebagai tolok ukur ketahanan bangunan dari gaya angkat dan dihitung dengan persamaan:

$$C_L = \frac{\Sigma L_V + 1/3 \Sigma L_H}{H} \quad \dots (3)$$

dengan:  $C_L$  adalah angka rembesan,  $L_V$  adalah panjang lintasan rembesan pada arah vertikal,  $L_H$  adalah panjang lintasan rembesan pada arah horizontal, dan  $H$  adalah beda elevasi permukaan air antara muka air di hulu dan di hilir bendung. Besar nilai  $C_L$  dipengaruhi oleh jenis material tanah dasar di bawah bendung. Nilai tersebut harus lebih besar daripada nilai  $C_L$  kritis minimum jenis material tanah dasar dari tabel.

Antisipasi terhadap ancaman tekanan atau gaya *uplift* harus juga diterapkan pada desain kolam olak bendung. Lantai kolam

olak disyaratkan harus memenuhi kriteria tebal minimum sesuai dengan hasil hitungan memakai persamaan sebagai berikut:

$$d_x \geq S \frac{P_x - W_x}{\tau} \quad \dots (4)$$

dengan:  $d_x$  adalah tebal minimum lantai kolam olak pada titik  $x$ ,  $P_x$  adalah tekanan angkat pada titik  $x$ ,  $W_x$  adalah kedalaman air pada titik  $x$ ,  $\gamma$  adalah berat jenis air, dan  $S$  adalah angka aman. Nilai minimum  $S$  dapat diambil sebesar 1,25 guna perancangan bendung dalam kondisi pengaliran normal atau sebesar 2,0 guna perancangan pada kondisi pengaliran ekstrem.

Ancaman tekanan atau gaya *uplift* harus juga diantisipasi pada desain ujung hilir kaki bendung guna menghindari kamunculan sembulan (sufosi) pada area dasar sungai bagian hilir. Antisipasi terhadap sembulan diterapkan memakai persamaan berikut:

$$S = \frac{s(1+a/s)}{h_s} \quad \dots (5)$$

dengan:  $S$  adalah angka aman,  $s$  adalah kedalaman titik tinjauan,  $a$  adalah tebal lapis pelindung, dan  $h_s$  adalah tekanan air pada kedalaman titik tinjauan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

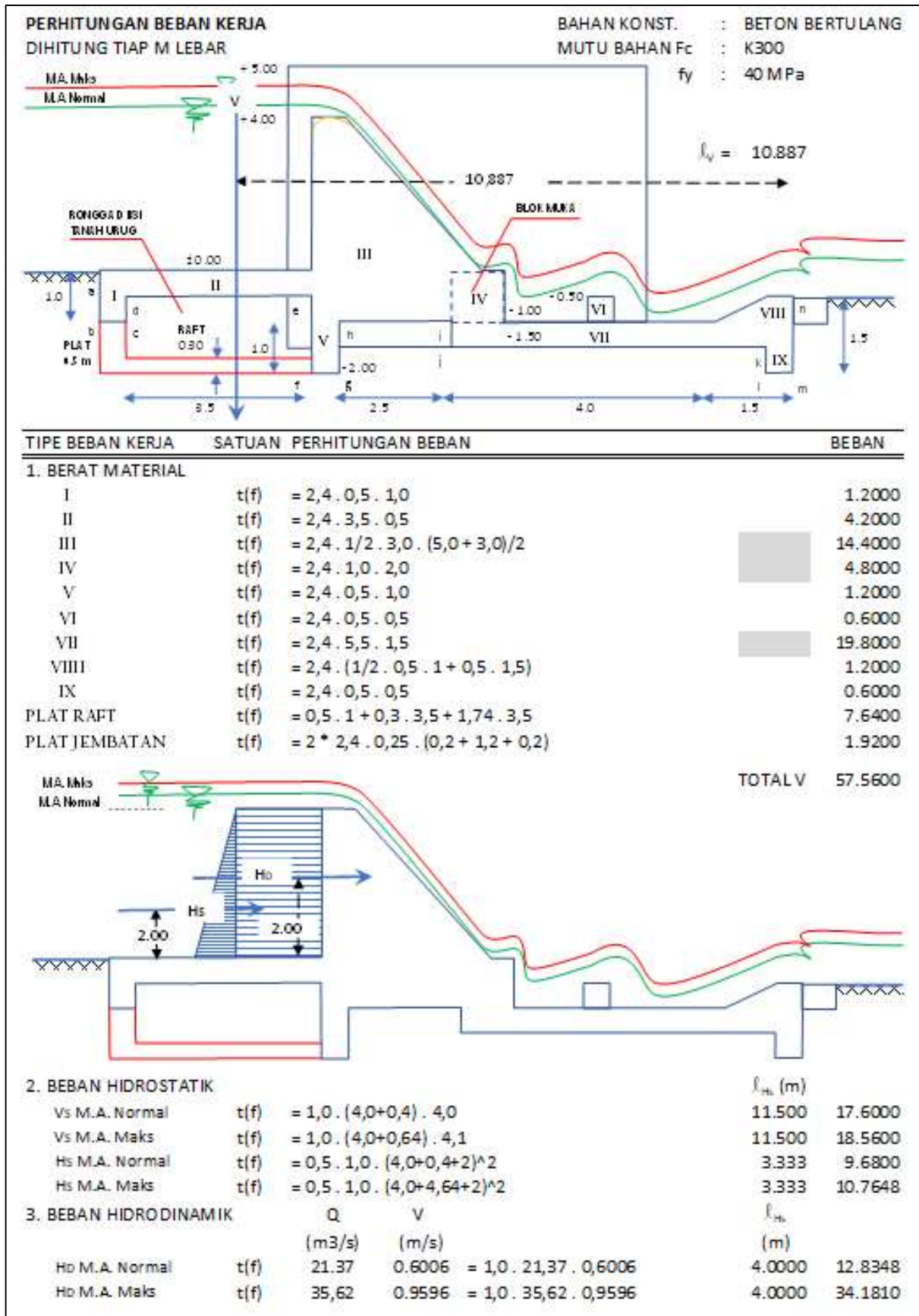
Ancaman kehancuran pada suatu bangunan hidraulik harus dapat diantisipasi sepenuhnya, meskipun pada kasus tertentu dapat dilakukan penanggulangan melalui upaya pembenahan atau perkuatan struktur apabila kerawanan sulit dihindarkan, misal kerusakan fungsi bangunan bendung sehingga tidak mampu beroperasi sesuai rencana dalam selang waktu tertentu oleh akibat guncangan gempa bumi, ketika upaya antisipasi telah pula dijalankan dalam prosedur perencanaan dan perancangan bendung bersangkutan. Hal itu mengingat bahwa ancaman gempa bumi merupakan suatu fenomena alam yang sangat

penting diantisipasi, namun demikian sangat sulit diprediksikan secara akurat. Suatu kasus dampak gempa bumi ringan pada Bendung Gangjeong-Goryeon berlokasi pada Daegu Metropolitan City di wilayah tenggara Negara Korea. Saat gempa berlangsung, struktur bendung mengalami kerawanan sesaat dari keadaan lazimnya. Hal tersebut berdampak bendung bergeser (*sliding*) dalam batas 13 mm (0,1g) dan 153 mm (0,4g). Berdasar rekaman gempa dan kerusakan bendung bertahun-tahun di kota tersebut, diketahui dampak pertama akibat gempa pada episenter dekat dan dampak kedua ditimbulkan gempa pada episenter jauh. Bendung karena itu tetap harus ditempatkan pada lokasi relatif jauh dari kemungkinan kemunculan episenter gempa (Jung, W. Y., et.al, 2015).

Dalam perancangan bendung kali ini, data analisis ditampilkan pada [Tabel 1](#). Perhitungan dalam analisis kemudian juga ditampilkan secara berurutan mulai dari [Gambar 2](#) hingga [Gambar 6](#) berikut.

**Tabel 1** Data Bendung Rencana

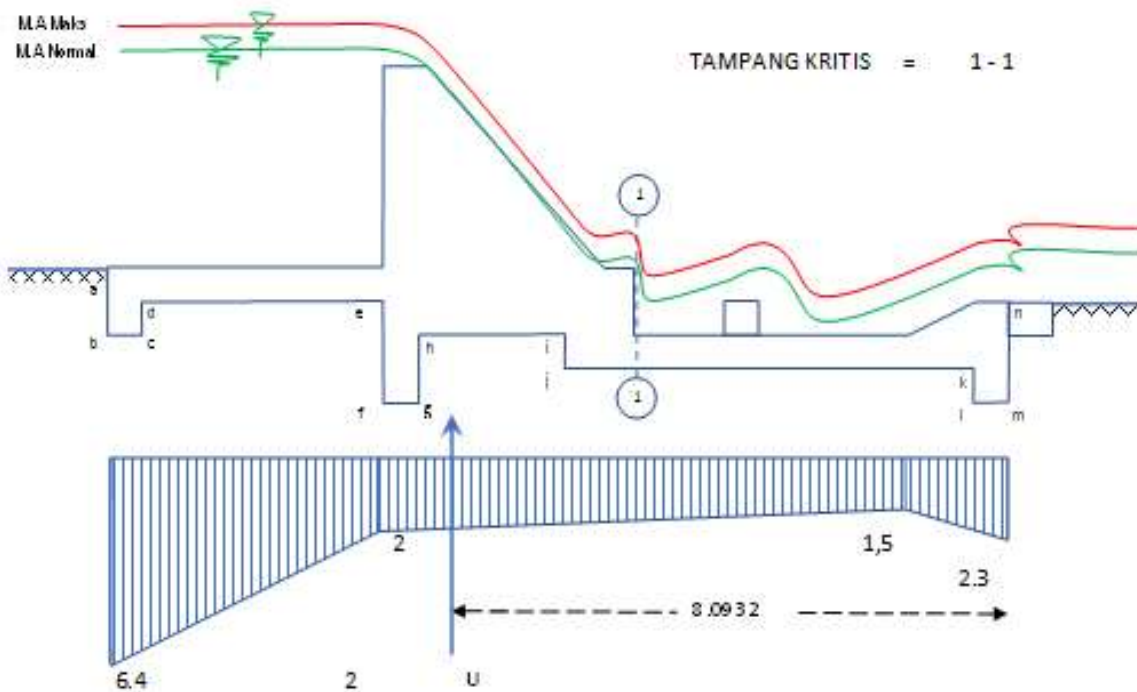
		SATUAN			
ELEV. PUNCAK BENDUNG	m			+ 4.00	
TINGGI BENDUNG	m			6.00	
LEBAR PUNCAK BENDUNG	m			1.00	
KEMIRINGAN HULU BENDUNG					1 : 8
BAHAN KONSTRUKSI BENDUNG					BETON BERTULANG
MUTU BETON					K300
MUTU BAJA					40 MPa
BERAT KONSTRUKSI BENDUNG	t(f)			57.56	
				M.A. NORMAL	M.A. MAKSIMAL
U/S ELEV. M.A.	m	H1	+ 4.4	H1	+ 4.64
U/S ELEV. DASAR SUNGAI	m			± 0.00	
U/S DEBIT ALIRAN AIR SUNGAI	m <sup>3</sup> /s			21.37	
U/S BERAT AIR U/S	kg(f)/m <sup>3</sup>			1	
U/S LEBAR BENDUNG	m			6	
U/S PAJANG APRON	m			4	
U/S TEBAL APRON	m			0.5	
U/S ELEV. PARAPET	m			+ 5.00	
U/S TEBAL PARAPET	m			0.4	
D/S ELEV. M.A.	m	H2	+ 0.8	H2	+ 1.00
D/S ELEV. DASAR SUNGAI	m			-0.5	
D/S LEBAR BENDUNG	m			6	
D/S PANJANG KOLAM OLAK	m			4	
D/S TEBAL LANTAI KOLAM OLAK	m			0.5	
D/S TINGGI BAFILLES	m			0.5	
D/S TEBAL BAFILLES	m			0.5	
D/S ELEV. PARAPET	m			+ 3	
D/S TEBAL PARAPET	m			0.4	
		TANAH DASAR			
c	kg(f)/cm <sup>2</sup>			32.2	
φ	°			0.396	
γ <sub>k</sub>	gr(f)/cm <sup>3</sup>			1.21	
γ <sub>sub</sub>	gr(f)/cm <sup>3</sup>			1.74	
γ <sub>sat</sub>	gr(f)/cm <sup>3</sup>			1.67	



**Gambar 2** Visualisasi Proses dan Hasil Hitungan Analisis Stabilitas untuk Bendung Rencana

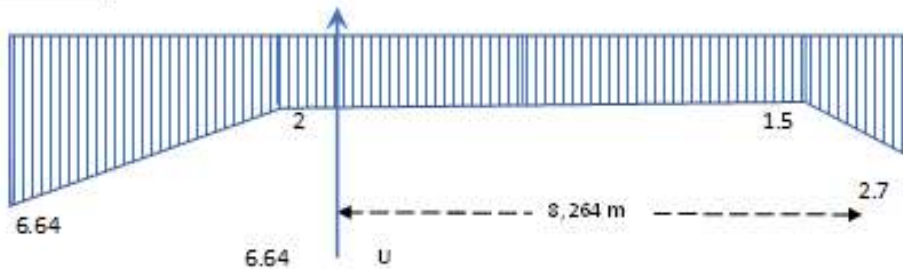
4. BEBAN REMBESAN

A. M.A. NORMAL



Q (m <sup>3</sup> /s)	ΔH (m)	L <sub>v</sub> (m)	L <sub>H</sub> (m)	l <sub>u</sub> (m)	u (kN)
21.37	3.70	6.50	12.00	8.0932	33.6500

B. M.A. MAKSIMAL



Q (m <sup>3</sup> /s)	ΔH (m)	L <sub>v</sub> (m)	L <sub>H</sub> (m)	l <sub>u</sub> (m)	u (kN)
35.62	3.94	6.50	12.00	8.2640	34.4300

5. BEBAN LUMPUR

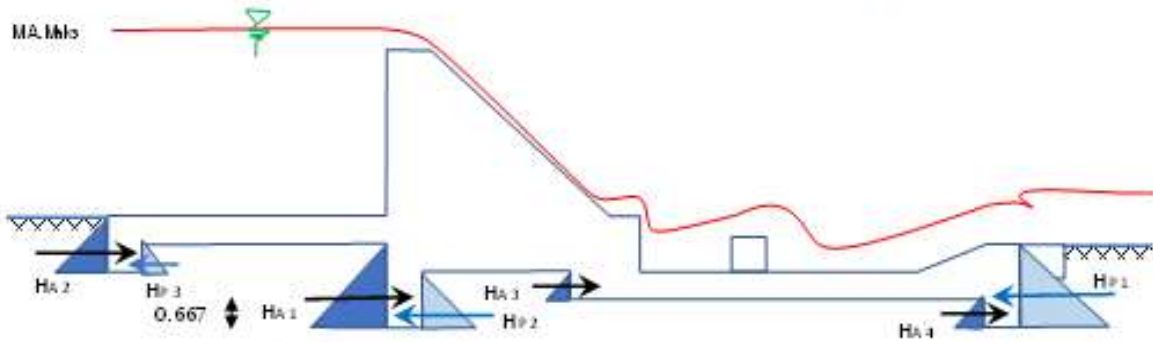
	t(f)	l <sub>L</sub> (m)	u (kN)
V <sub>L</sub> 1	= 1,74 · 1,98 · 2,00	2.0000	13.7808
H <sub>L</sub> 2	= $\frac{1 \cdot 1,74 \cdot 1,98^2}{3} \left( \frac{1 - \sin 32,2^\circ}{1 + \sin 32,2^\circ} \right)$	2.6600	0.6413
		TOTAL	14.4221

Gambar 3 Lanjutan Visualisasi Proses dan Hasil Hitungan Analisis Stabilitas untuk Bendung Rencana

6. TEKANAN TANAH DASAR

HANYA DIHITUNG SAAT M.A. MAKSIMAL

PERM. ALIRAN DASAR DI ATAS PERM. TANAH HULU.



KOEF. Ka =  $\tan^2 (45^\circ - 32,2^\circ/2)$  = 0.5220  
 KOEF. Kp =  $2.00 \cdot 1.74 \cdot \tan^2 (45^\circ - 32,2^\circ/2)$  = 3.1608

TEKANAN TANAH AKTIF

			$l_{HA}$ (m)	
HA 1	t(f)	$1/2 \cdot 1,74 \cdot 1,5^2 \cdot 0,522$	0.6667	1.0218
HA 2	t(f)	$1/2 \cdot 1,74 \cdot 1,0^2 \cdot 0,522$	1.6667	0.4541
HA 3	t(f)	$1/2 \cdot 1,74 \cdot 0,5^2 \cdot 0,522$	0.6667	0.1135
HA 4	t(f)	$1/2 \cdot 1,74 \cdot 0,5^2 \cdot 0,522$	0.1667	0.1135
			TOTAL	1.7030

TEKANAN TANAH PASIF

			$l_{HP}$ (m)	
HP 1	t(f)	$1/2 \cdot (1,74 \cdot 1,5^2) \cdot 3,1608$	0.5000	6.1873
HP 2	t(f)	$1/2 \cdot (1,74 \cdot 1,0^2) \cdot 3,1608$	0.3333	2.7499
HP 3	t(f)	$1/2 \cdot (1,74 \cdot 0,5^2) \cdot 3,1608$	1.1667	0.6875
			TOTAL	9.6246

7. BEBAN GEMPA

DAERAH KERJA BERDASAR PETA ZONASI GEMPA PADA	= Zone 4	$l_{GH}$	$l_{GV}$
RESPONS SPEKTRUM MENUNJUKAN BESAR NILAI SA(g)	= 0.4772	(m)	(m)
Accelerasi 0.1 - 0.15 m/s <sup>2</sup> KOEF. $\alpha$ DITETAPKAN	= 0,15	1.6346	7.9114

			BEBAN	
I	t(f)	= 0,15 · 11,772		0.1800
II	t(f)	= 0,15 · 35,316		0.6300
III	t(f)	= 0,15 · 105,948		2.1600
IV	t(f)	= 0,15 · 23,544		0.7200
V	t(f)	= 0,15 · 11,772		0.1800
VI	t(f)	= 0,15 · 5,886		0.0900
VII	t(f)	= 0,15 · 47,088		2.9700
VIII	t(f)	= 0,15 · 6,636		0.1800
IX	t(f)	= 0,15 · 5,886		0.0900
PLAT RAFT	t(f)	= 0,15 · 7,6400		1.1460
PLAT JEMBATAN	t(f)	= 0,15 · 1,92		0.2880
			TOTAL	8.6340

Gambar 4 Lanjutan Visualisasi Proses dan Hasil Hitungan Analisis Stabilitas untuk Bendung Rencana



ANAUSA STABILITAS AKIBAT AKSI GAYA-GAYA KERJA PADA KONSTRUKSI			
I. STABILITAS GESER			
		PERM. ALIRAN DASAR DI ATAS PERM. TANAH HULU. KOEf. GESEKAN TANAH DASAR ( kg(f)/m )	= 0.94 T(f)/m2
ITEM	SATUAN	PERHITUNGAN	HASIL
<b>A. M.A. NORMAL</b>			
<b>KOMBINASI BEBAN 1</b>			
V <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U	t(f)	= 57,5600 + 17,6000 + 13,7808 - 33,65	55.2908
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub>	t(f)	= 17,6000 + 12,8348 + 1,7030 - 9,6246 + 0,6413	51.2870
SF		= 0,94 . 55,2908 / 51,2870	1.0134
<b>KOMBINASI BEBAN 2</b>			
V <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U-G	t(f)	= 57,5600 + 17,6000 + 13,7808 - 33,65 - 8,6340	46.6568
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub> +G	t(f)	= 17,6000 + 12,8348 + 1,7030 - 9,6246 + 0,6413 + 8,6340	23.8685
SF		= 0,94 . 74,4908 / 26,36	1.8375
<b>B. M.A.MAKSIMAL</b>			
<b>KOMBINASI BEBAN 3</b>			
V+V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U	t(f)	= 57,5600 + 18,5600 + 13,7808 - 52,8975	55.4708
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub>	t(f)	= 88,5600 + 34,1810 + 1,7030 - 9,6246 + 0,6413	37.6655
SF		= 0,94 . 29,3633 / 34,9007	1.3844
<b>KOMBINASI BEBAN 4</b>			
V+V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U-G	t(f)	= 57,5600 + 18,5600 + 13,7808 - 52,8975 - 8,6340	46.8368
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub> +G	t(f)	= 88,5600 + 34,1810 + 1,7030 - 9,6246 + 0,6413 + 8,6340	46.2995
SF		= 0,94 . 206,8365 / 555,4146	1.1262
<b>II. STABILITAS GULING</b>			
<b>A. M.A. NORMAL</b>			
<b>KOMBINASI BEBAN 1</b>			
V <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U	t(f)m	= 57,5600 . 10,887 + 17,6000 . 11,5 + 13,7808 . 2,0000 - 33,65 . 8,0932	584.2630
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub>	t(f)m	= 9,6800 . 3,333 + 12,8340 . 4,0000 + (1,0218 . 0,6667 + 0,4541 . 1,667 + 0,1135 . 0,6667 + 0,1135 . 0,16667 - 6,1873 . 0,5 - 2,7499 . 0,3333 - 0,6875 . 1,6667) + 0,6413 . 2,6667	252.1657
SF		= 0,94 . 584,2630 / 252,1657	2.1780
<b>KOMBINASI BEBAN 2</b>			
V <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U-G	t(f)m	= 57,5600 . 10,887 + 17,6000 . 11,5 - 13,7808 . 2,0000 + 33,65 . 8,0932 - 8,6340 . 7,9114	515.9560
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub> +G	t(f)m	= 9,6800 . 3,333 + 12,8340 . 4,0000 + (1,0218 . 0,6667 - 0,4541 . 1,667 + 0,1135 . 0,6667 + 0,1135 . 0,16667 - 6,1873 . 0,5 - 2,7499 . 0,3333 - 0,6875 . 1,6667) + 0,6413 . 2,6667 + 8,6340 . 1,6346	96.1453
SF		= 0,94 . 515,9560 / 96,1453	5.0444
<b>B. M.A.MAKSIMAL</b>			
<b>KOMBINASI BEBAN 3</b>			
V <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> +V <sub>L</sub> -U	t(f)m	= 57,5600 . 10,887 + 18,5600 . 11,5 + 13,7808 . 2,0000 - 34,4300 . 8,2640	595.3030
H <sub>s</sub> +H <sub>d</sub> +K <sub>A</sub> -K <sub>P</sub> +H <sub>L</sub>	t(f)m	= 10,7648 . 3,333 + 34,1810 . 4,0000 + (1,0218 . 0,6667 + 0,4541 . 1,667 + 0,1135 . 0,6667 + 0,1135 . 0,16667 - 6,1873 . 0,5 - 2,7499 . 0,3333 - 0,6875 . 1,6667) + 0,6413 . 2,6667	171.0329
SF		= 0,94 . 595,3030 / 171,0329	3.2718

Gambar 5 Lanjutan Visualisasi Proses dan Hasil Hitungan Analisis Stabilitas untuk Bendung Rencana

<b>KOMBINASI BEBAN 4</b>								
VK+VS+VL-U-G	t(f)m	= 57,5600 . 10,887 + 18,560 . 11,5 + 13,7808 . 2,000 - 34,4300 . 8,2640 - 8,6340 . 7,9114	526.9960					
HS+HD+KA-KP+HL+G	t(f)m	= 57,5600 . 10,887 + 18,560 . 11,5 + 13,7808 . 2,000 - 34,4300 . 8,2640 + 10,7648 . 3,333 + 34,1810 . 4,0000 + (1,0218 . 0,6667 + 0,4541 . 1,667 + 0,1135 . 0,6667 + 0,1135 . 0,16667 - 6,1873 . 0,5 - 2,7499 . 0,3333 - 0,6875 . 1,6667) + 0,6413 . 2,6667 + 8,6340 . 1,6346	185.1459					
SF		= 0,94 . 526,9960 / 185,1459	3.0224					
<b>III. STABILITAS SUFOSI</b>								
	TANAH DASAR : BONG KAHAN, KERA KAL, PASIR, C <sub>L</sub> min	=	2.5					
	TEBAL PLAT BETON BERTULANG LAPIS LINDUNG (m)	=	0.5					
	SF EKSTREM min	=	2.00					
	SF NORMAL min	=	1.25					
<b>A. M.A. NORMAL</b>								
Q	ΔH	L <sub>V</sub>	L <sub>H</sub>	h <sub>S</sub>	s	C <sub>L</sub>	SF	
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(kg(f)/m <sup>2</sup> )	(m)			
21.37	3.70	6.50	12.00	0.3976	0.5	2.837838	2.5154	> SF min= 1.25
TEBAL LANTAI KOLAM OLAK MINIMUM = d <sub>x</sub> =				1.25 * (2 - 1.2) / 2.4 = 0.42 m < dipilih 0.5 m				
<b>B. M.A.MAKSIMAL</b>								
Q	ΔH	L <sub>V</sub>	L <sub>H</sub>	h <sub>S</sub>	s	C <sub>L</sub>	SF	
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(kg(f)/m <sup>2</sup> )	(m)			
35.62	3.94	6.50	12.00	0.3976	0.5	2.664975	2.5154	> SF min = 2.00
TEBAL LANTAI KOLAM OLAK MINIMUM = d <sub>x</sub> =				2.0 * (2 - 1.6) / 2.4 = 0.33 m < dipilih 0.5 m				

Gambar 6 Lanjutan Visualisasi Proses dan Hasil Hitungan Analisis Stabilitas untuk Bendung Rencana

Setelah konstruksi bendung diwujudkan, misal dalam 1 tahun masa konstruksi atau sesuai hasil prediksi dalam perencanaan, maka gaya berat konstruksi dan gaya-gaya oleh tekanan air hidrostatik dan hidrodinamik, tekanan angkat, tekanan lumpur, dan tekanan tanah aktif maupun pasif langsung bekerja pada sistem bendung tersebut di lapangan. Hanya gaya oleh gempa bumi dimungkinkan bekerja secara probabilitas.

Prediksi potensi probabilitas gempa di wilayah Kota Semarang dalam perancangan diacu dari Peta Zonasi Gempa Indonesia 2017 di mana daerah seismic tergolong zona 4 dengan nilai percepatan tanah dasar (*PGA*, *peak ground acceleration*) sebesar 0.1g hingga 0.15g periode sebesar T=500 tahun dan level gempa terlampaui 10% dalam 50 tahun (SNI 3-1726-2012). Guna perencanaan bendung, juga diacu SNI 1729-2019 Tata Cara

Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung, berdasarkan pada spektrum gempa diprediksikan kondisi tanah di lokasi dalam katagori jenis tanah sedang, nilai koefisien geser dasar (C) berdasar peta diambil 0.1 dengan periode waktu getar 0.745. Golongan: SC Tanah keras, Batuan Lunak. Koefisien  $\alpha$  ditetapkan sebesar 0,15.

Pengecekan terhadap ancaman bahaya gelincir, guling, dan sufosi dalam Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bendung aman dari ancaman bahaya-bahaya yang dapat ditimbulkan oleh gaya-gaya kerja yang berusaha mengangkat dan mendorong tubuh konstruksi bendung dari posisinya perlu diperhatikan pada perencanaan bendung mencakup: berat bendung, air, lumpur, tanah, gempa, dan *uplift* (Soemarno, 1995).

Konstruksi rencana Bendung Terpadu yang telah dapat terwujud diharapkan akan dapat pula segera dibangun sehingga akan dapat dengan segera berfungsi memberikan mendukung berupa ketersediaan air di region Taman Kehati UNNES a.l.: pembibitan tanaman langka, model laboratorium persawahan percontohan, model laboratorium kolam ikan air tawar dan payau percontohan, penangkaran beragam fauna langka, di samping model laboratorium bendung dan kelengkapannya.

Keberadaan dan kelangsungan Taman Kehati, termasuk Taman Kehati UNNES, secara prinsip tidak saja berhubungan erat dengan ekoregion bagi keberadaan dan kelangsungan hidup jenis fauna dan flora, namun juga bagi manusia. Komunitas masyarakat yang tidak saja mendiami suatu region agar dapat hidup nyaman tanpa merasa rawan akan dapat meneruskan menjalankan kelangsungan hidup, namun juga masyarakat baik dalam kedudukan sebagai pengelola dan pengguna serta pemerhati maupun simpatisan dapat turut berkembang sejahtera di region dan sekitar Taman Kehati.

## **SIMPULAN**

Hasil analisis stabilitas untuk bendung terpadu UNNES menunjukkan bahwa angka aman berada dalam kisaran nilai 1,1034 hingga 5,0444 baik hasil pengecekan bahaya gelincir, guling, dan sufosi sehingga dapat diambil simpul bahwa bendung aman dari ancaman ketiga bahaya tersebut, atau 3 ancaman bahaya terhadap bendung tersebut dapat diantisipasi.

## **REKOMENDASI**

Rancangan Bendung Terpadu dengan Program Taman Kehati UNNES yang telah dapat terwujud penting segera dapat direalisasi pembangunannya. Beberapa pokok penting dipertimbangkan dalam

implementasi Bendung Terpadu tersebut a.l.: eksplorasi secara lebih cermat zone sekmen hulu sungai guna pemindahan alternatif As bendung ke bagian paling hulu dari elev +70 m (bendung rencana saat ini) menjadi elev +150 m menimbang bahwa keadaan lebih produktif mungkin dicapai jika mayoritas pemanfaatan air dioptimalkan ke area Taman Kehati UNNES daripada ke desa Sukorejo sehingga kolam di area Taman Kehati UNNES dapat dibangun lebih banyak dan pilihan puncak bendung pada elev +4 m penting dioptimalkan kembali pada lokasi As baru guna mendapatkan struktur bendung paling efisien.

## **TERIMAKASIH DAN PENGHARGAAN**

Perkenankan penulis sampaikan terimakasih dan penghargaan tinggi pada kesempatan ini kepada Bapak Pemimpin Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada tingkat pusat maupun Provinsi Jawa Tengah atas perhatian dan dukungan yang telah disampaikan dalam perwujudan Bendung Terpadu dengan Program Taman Kehati UNNES. Perkenankan pula penulis sampaikan terimakasih dan penghargaan tinggi kepada Bapak Kepala Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana atas dukungan dan bantuan data yang telah disampaikan dalam perencanaan dan perencanaan Bendung Terpadu ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Akbar, K., Y. Luqman, dan D. Setiabudi, 2013. "Komunikasi Strategis Universitas Diponegoro dan Universitas Negeri Semarang dalam Membangun Brand Image Universitas sebagai Green University". *Interaksi Online* 1(3). [Online]

- Chopra A. K. 1995. *Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering*. Englewood Cliffs: Prentice Hall International Inc.
- Jung, W. Y., K. Y. Kim, dan B. S. Ju. 2015. “Seismic Fragility of Weir Structures Due To Sliding Effect”. *Sustainable Development* 7(168), 1135-1141.
- Prihanto, Teguh. 2017. “Strategi dan Program Pengembangan Konservasi di Kampus Hijau Universitas Negeri Semarang (UNNES)”. *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia* 6, 14-15 Oktober 2017 di Lhokseumawe.
- Rencana Induk Pengembangan (RENIP) Universitas Negeri Semarang Tahun 2010-2034.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1*. Bandung: Penerbit Nova.
- SNI 3-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.
- SNI 1729-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung.
- Tim Feasibility Study (FS) Bendung UNNES. 2017. Pembangunan Bendung Terpadu untuk Mendukung Terwujudnya Taman Kehati UNNES sebagai Edukowisata Berbasis Komunitas. Proposal Perencanaan dan Perancangan, Universitas Negeri Semarang (tidak dipublikasikan).
- Tim Penulis Kementerian LHK. 2020. Peraturan Direktur Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem; Petunjuk Teknis Penyusunan Desain Dasar (Desain Vegetasi dan Desain Infrastruktur) Taman Keaenakragaman Hayati. Direktur Bina Pengelolaan Ekosistem Esensial Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.