

Analisis Keamanan Stabilitas Bendung Tetap Daerah Irigasi Kerasaan Jawa Bah Jambi Kabupaten Simalungun

Edo Muhammad Ghifari¹ Rumilla Harahap²

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara, Indonesia^{1,2}

Email: edoedo2135@gmail.com¹ rumillaharahap@unimed.ac.id²

Abstrak

Bendung merupakan struktur yang dibangun melintang pada sungai untuk mengatur aliran air, yang dapat digunakan, seperti irigasi dan pembangkit listrik. Bangunannya terbagi menjadi bangunan tetap dan bangunan sementara. Bendung ini dibangun pada tahun 1986 di Kecamatan Jawa Bah Jambi, Kabupaten Simalungun, bertujuan untuk meningkatkan elevasi muka air sungai Bah Bolon selama musim kemarau guna mendukung kegiatan pertanian. Penelitian dilakukan karena bendung sudah 39 tahun berdiri, maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui apakah bangunan masih aman terhadap syarat SNI Geoteknik terbaru terhadap gaya guling (*overtuning*) $SF(\geq 2.00)$, geser (*sliding*) $SF(\geq 1.50)$, eksentrisitas $SF(\geq 3.5)$, daya dukung tanah $SF(\geq 3.00)$, erosi bawah tanah (*Piping*) $SF(\geq 1.6)$, pada saat muka air normal, dan pada saat muka air banjir. Sasaran yang dicapai penentuan besarnya gaya berat sendiri, tekanan lumpur, tekanan hidrostatis, uplift, tekanan tanah dan gaya gempa yang dipergunakan sebagai acuan keamanan bendung terhadap gaya guling dan gaya gelincir. Nilai stabilitas saat kondisi air normal, stabilitas terhadap guling ($SF = 8.972 \geq 2.00$), stabilitas terhadap geser ($SF = 2.078 \geq 1.30$), eksentrisitas pembebanan yang terjadi ($SF_e = 1.95 \leq 3.5$), daya dukung tanah atau tegangan tanah yang terjadi ($\sigma_{maks} = 5.488 \geq 3.00$), ($\sigma_{maks} = 01.593 \geq 3.00$), stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*) ($C = 5.175 \geq 1.6$). Nilai stabilitas pada saat kondisi air banjir, stabilitas terhadap guling ($SF = 8.713 \geq 1.50$), stabilitas terhadap geser ($SF = 2.266 \geq 1.30$), eksentrisitas pembebanan yang terjadi ($e = 2.266 \geq 3.5$), daya dukung tanah atau tegangan tanah yang terjadi ($\sigma_{min} = 5.366 \geq 1.50$), ($\sigma_{maks} = 1.593 \geq 1.50$), stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*) ($C = 3.881 \geq 1.6$). Dari hasil perhitungan kontrol stabilitas ada yang tidak aman dan masih ada memenuhi syarat aman.

Kata Kunci: Bendungan Lama, SNI Geoteknik, Stabilitas Bendung, Syarat Keamanan



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dengan pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik. Menurut macamnya bendung dibagi dua, yaitu bendung tetap dan bendung sementara. Disuatu desa yang terletak di Kecamatan Jawa Bah Jambi Simalungun mempunyai bendungan irigasi yang di buat pada tahun 1986 untuk sarana pertanian sekelilingnya ketika musim kemarau tibadengan cara meningkatkan elevasi muka air sungai bah bolon. Penelitian ini dilakukan karena bangunan bendung sudah berusia 39 tahun berdiri, maka dari itu tujuan penelitian untuk mengetahui apakah bangunan masih aman terhadap safety factor atau faktor keamanan SNI Geoteknik yang terbaru pada stabilitas guling (*overtuning*), geser (*sliding*), dan erosi bawah tanah (*piping*), ketika muka air kecil dan ketika muka air banjir datang. Berikut rumusan masalah yang peneliti tetapkan dengan sebelumnya:

1. Apakah bendung pada daerah irigasi Kerasaan memiliki stabilitas?
2. Berapa angka keamanan stabilitasnya bendung?

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas bendung dianalisis terhadap gaya guling (*overtuning*), geser (*sliding*), eksentrisitas, daya dukung tanah, erosi bawah tanah (*Piping*) pada saat muka air normal dan muka air banjir
2. Angka keamanan bendung dihitung dan dihasilkan dengan syarat-syarat SNI Geoteknik terhadap gaya guling (*overtuning*) $SF(\geq 2.00)$, geser (*sliding*) $SF(\geq 1.50)$, eksentrisitas $SF(\geq 3.5)$, daya dukung tanah $SF(\geq 3.00)$, erosi bawah tanah (*Piping*) $SF(\geq 1.6)$, pada saat muka air normal, syarat SNI Geoteknik terhadap gaya guling (*overtuning*) $SF(\geq 1.50)$, geser (*sliding*) $SF(\geq 1.30)$, eksentrisitas $SF(\geq 3.5)$, daya dukung tanah $SF(\geq 1.50)$, erosi bawah tanah (*Piping*) $SF(\geq 1.6)$, pada saat muka air banjir.

Tinjauan Pustaka

Pengertian Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapannya yang dibangun melintang sungai atau sedetan yang dibuat untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi suatu lahan pertanian untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi lahan dan sumber air hujan yang ada di daerah tersebut. Bendung mempunyai manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia seperti, irigasi, penyediaan air baku, sebagai PLTA, pengendali banjir, perikanan, pariwisata, dan olahraga air. Namun disisi lain juga menyimpan potensi bahaya yang sangat besar, dimana bila bendungan mengalami keruntuhan dapat mengakibatkan bencana yang sangat dasyat di daerah hilir berupa banjir bandang yang mengancam manusia harta benda, dan harta milik (Sosorodarsono. S 1997).

1. Bendung berdasarkan fungsinya:
 - a. Bendung penyalang, digunakan sebagai penyalang aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi, air baku, dan sebagainya.
 - b. Bendung pembagi banjir, dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit air normal sesuai dengan kapasitasnya.
 - c. Bendung penahan pasang, dibangun dibagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut antara lain untuk mencegah masuknya air asin.
2. Bendung berdasarkan tipe strukturnya:
 - a. Bendung tetap adalah bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat di ubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikendalikan atau elevasi muka air di hulu bendung sesuai dengan debit air sungai yang melimpas. Bendung tetap biasanya di bangun pada daerah tengah dan hulu sungai

Kebutuhan Stabilitas Bendung

Suatu perhitungan dalam dunia konstruksi yang berkaitan dengan penetapan ukuran bendungan sebagai upaya pencegahan gangguan kerusakan berupa banjir bandang, gempa bumi, atau angin kencang serta agar dapat menahan berbagai gaya dan muatan kerja disebut stabilitas bendung. Stabilitas konstruksi ini mempunyai beberapa persyaratan, yakni terjaminnya keamanan penurunan dan rembesan, maupun geseran bendung, tidak mudah mengalami kelongsoran, dan berupa lereng yang berada di hilir dan hulu. Weir (ukuran) dan dimensi sebuah bendung perlu ditentukan melalui perhitungan konstruksi agar tercipta bendung yang tetap bisa bekerja meskipun terjadi gempa bumi atau banjir bandang dan mampu menahan berbagai gaya dan muatan yang diterimanya. Selain itu, agar bisa mengetahui ketahanan usia bendung, kemampuan bendung dalam melindungi konstruksi dari rembesan air, serta besaran kekuatan pada pondasi bendung, maka dibutuhkan sebuah penyelidikan geologi teknik. Bangunan gravitasi dapat mengalami keruntuhan akibat adanya:

1. Piping (erosi bawah tanah)
2. Sliding (gilincir): Sepanjang sendi horizontal atau hampir horizontal di atas pondasi; Sepanjang pondasi, atau Sepanjang kumpuh horizontal atau hampir horizontal dalam pondasi
3. Overtuning (guling): Di dalam bendung; Pada dasar (base), atau Pada bidang di bawah dasar
4. Erosi bawah tanah (piping).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada bendung D.I Kerasaan di desa Bah Jambi, Kecamatan Jawa Marajah, Kabupaten Simalungun. Bendung tersebut berdiri di palung sungai Bah Bolon.

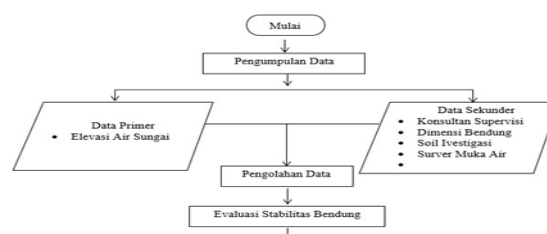


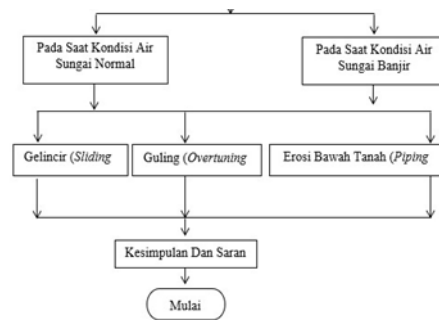
Gambar 1. Denah Lokasi Studi Penelitian

Bendung D.I Kerasaan berdiri sejak tahun 1983 bendung ini dibangun dengan tujuan meninggikan elevasi muka air sungai Bah Bolon pada musim kemarau, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian bagi warga setempat. Penelitian ini dilakukan secara bertahap, langkah-langkah penelitian ini adalah: Mencari data atau informasi; Mengolah data; Penyusunan laporan. Seluruh data telah terkumpul kemudian diolah atau di analisis dan disusun untuk mendapatkan hasil akhir dari tinjauan analisis stabilitas bendung. Berikut bagan alir yang penulis buat untuk menjelaskan urutan dalam penelitian adalah:

1. Mulai. Dalam tahap ini yang pertama dilakukan menentukan lokasi dan objek yang akan dilakukan penelitian.
2. Pengumpulan data. Setelah menentukan lokasi dan objek penelitian tahapan selanjutnya pengumpulan data. Pengumpulan data yang diperoleh adalah data primer dan data sekunder, data primer yang diperoleh adalah elevasi air sungai sedangkan data sekunder yang diperoleh adalah data desain bendung sebagai objek penelitian.
3. Pengolahan data. Dalam tahapan ini penulis melakukan pengolahan data dengan melakukan evaluasi stabilitas bendung terhadap kondisi air normal dan kondisi air banjir sehingga dapat diperoleh stabil terhadap gelincir (*sliding*), guling (*overtuning*), dan erosi bawah tanah (*piping*).
4. Kesimpulan dan saran. Dalam tahap ini diperoleh hasil dari evaluasi stabilitas bendung serta saran.

Bagan Alir Penelitian





Gambar 2. bagan alir penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Jenis gaya-gaya yang bekerja pada kontruksi bendung adalah:

1. Berat sendiri kontruksi.
2. Gaya akibat gempa.
3. Gaya Hidrostatik.
4. Gaya tekan keatas (*Uplift Preasur*)
5. Gaya tekan lumpur.

Tipe Bendung

- Mercu bendung : mercu bulat dengan bagian hulu miring
- Jari-jari mercu : dengan jari-jari 2.0 m

Data desain

1. Debit rencana (Q100) : 867 m³/s
2. Lebar total bendung B) : 100 m
3. Lebar efektif (Be)
 - Tinggi mercu : 1,88 m
 - Kp : 0,01 (ujung pilar bulat)
 - Ka : 0,2(tembok hulu miring)
 - Tinggi energi di atas mercu (He) : 2,28 m
 - Jumlah pilar : 1
$$Be = B - 2 \cdot (n \cdot Kp + Ka) \cdot He$$

$$Be = 113,40 - 2 \cdot (1 \cdot 0,01 + 0,2) \cdot 2,28$$

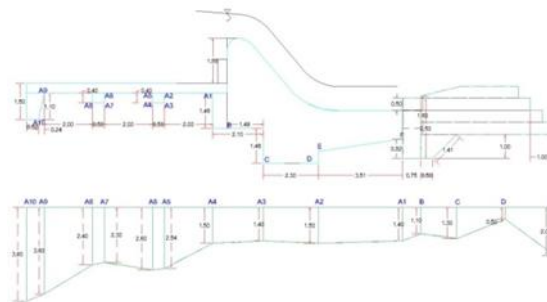
$$Be = 112,44 \text{ m}$$
4. Tinggi jagaan : 2,00 m
5. Elevasi mercu : + 128,45
6. Elevasi dasar kolam olak : + 125,45
7. Elevasi M. A hulu : + 131,67
8. Elevasi M. A hilir : + 127,67

Gaya-gaya yang bekerja pada saat kondisi air normal

Setelah dilakukan perhitungan setiap gayanya, maka tahapan berikutnya ialah melakukan perhitungan pada upfilt pressure, tekanan lumpur, hidrostatik, gaya gempa, dan berat sendiri dalam keadaan air yang normal sesuai tabel dibawah ini. Berbagai gaya yang bekerja pada bendungan dalam keadaan air yang normal terangkum pada data berikut:

Tabel 1. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Saat Kondisi Muka Air Normal

No	Jenis Pembebanan	Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		MOMEN (Ton M)			
		V	Arah	H	Arah	MT	Arah	MG	Arah
1	Berat Sendiri	-77.762	↓			-727.130			
2	Gaya Gempa			20.742	→		↻	80.875	↻
3	Tekanan Hidrostatik	-0.370	↓	-1.770	→	-4.363		-22.779	
4	Tekanan Lumpur	-0.028		0.130	→	0.237	↻	1.053	↻
5	Up Lift Pressure	-3.722		1.5410	←	15.524	↻	20.623	↻
JUMLAH =		-74.372		20.643		- 715.727	↻	79.771	



Gambar 3. Gaya-Gaya Yang Berkerja Pada Saat Air Normal

Gaya-gaya yang bekerja pada saat kondisi air Banjir

Setelah dilakukan perhitungan setiap gayanya, maka tahapan berikutnya ialah melakukan perhitungan pada upfilt pressure, tekanan lumpur, hidrostatik, gaya gempa, dan berat sendiri dalam keadaan air yang normal sesuai tabel dibawah ini. Berbagai gaya yang bekerja pada bendungan dalam keadaan air yang normal terangkum pada data berikut:

Tabel 2. Tabel Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Saat Muka Air Banjir

No	Jenis Pembebanan	Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		MOMEN (Ton M)			
		V	Arah	H	Arah	MT	Arah	MG	Arah
1	Berat Sendiri	-76.560	↓			-727.130			
2	Gaya Gempa			30.624	→		↻	80.875	↻
3	Tekanan Hidrostatik	-0.376	↓	-3.887	→	-4.474	↻	-37.310	↻
4	Tekanan Lumpur	-0.028		0.130		0.237	↻	1.053	↻
5	Up Lift Pressure	-5.336	↓	1.541	→	24.896	↻	32.310	↻
JUMLAH =		-72.774	↑	18.526		- 706.470		81.082	

Kontrol Stabilitas Bendung Kontrol Terhadap Guling Kondisi Muka Air Normal

$$\frac{\sum MT}{\sum MG} \geq 1.5$$

$$\frac{715.727}{79.771} \geq 1.5$$

$$8.972 \geq 2.00 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Muka Air Banjir
 $\sum MT = 706.470$

$$\Sigma MG = 81.082$$

$$\frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} \geq 1.25$$

$$\frac{706.470}{81.082} \geq 1.25$$

$$8.713 \geq 2.00 \text{ (Aman)}$$

Kontrol Terhadap Geser Kondisi Muka Air Normal

Syarat:

$$\frac{V \cdot f}{H} \geq 1.00 ; f = 0.577$$

$$\frac{74.372 \times 0.577}{20.643} \geq 1.00$$

$$2.078 \geq 1.50 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Muka Air Banjir

Syarat:

$$\frac{V \cdot f}{H} \geq 1.00 ; f = 0.577$$

$$\frac{72.774 \times 0.577}{18.526} \geq 1.00 \quad 2.266 \geq 1.50 \text{ (Aman)}$$

Kontrol Terhadap Eksentrisitas Kondisi Muka Air Normal

$$\Sigma MT = 715.727$$

$$\Sigma MG = 79.771$$

$$\Sigma RV = 74.372$$

$$B = 21.00$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{MT - MG}{RV} \leq \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{21}{2} - \frac{715.727 - 79.771}{74.372} \leq \frac{21}{6}$$

$$e = 10.5 - 8.55 \leq 3.5$$

$$e = 1.95 \leq 3.5 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Muka Air Banjir

$$\Sigma MT = 706.470$$

$$\Sigma MG = 81.082$$

$$\Sigma RV = 72.774$$

$$B = 21.00$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{MT - MG}{RV} \leq \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{21}{2} - \frac{706.470 - 81.082}{72.774} \leq \frac{21}{6}$$

$$e = 10.5 - 8.59 \leq 3.5$$

$$e = 1.91 \leq 3.5 \text{ (Aman)}$$

Daya Dukung Tanah Kondisi Muka Air Normal

$$\Sigma RV = 74.372$$

$$e = 1.95$$

$$B = 21$$

$$\sigma = 25 \text{ Ton/ m}^2$$

$$\sigma_{1.2} = \frac{RV}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) < \sigma$$

$$\sigma_1 = \frac{74.372}{21} \left(1 + \frac{6(1.95)}{21}\right) \geq 3.00$$

$$\sigma_1 = 3.541 (1 + 0.55) \geq 3.00$$

$$\sigma_1 = 5.488 \geq 3.00 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_2 = \frac{74.372}{21} \left(1 - \frac{6(1.95)}{21}\right) \geq 3.00$$

$$\sigma_2 = 3.541 (1 - 0.55) \geq 3.00$$

$$\sigma_2 = 1.593 \leq 3.00 \text{ (Tidak Aman)}$$

Kondisi Muka Air Banjir

$$\Sigma RV = 72.774$$

$$e = 1.91$$

$$B = 21$$

$$\sigma = 25 \text{ Ton/ m}^2$$

$$\sigma_{1.2} = \frac{RV}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) < \sigma$$

$$\sigma_1 = \frac{72.774}{21} \left(1 + \frac{6(1.91)}{21}\right) \geq 1.50$$

$$\sigma_1 = 3.465 (1 + 0.54) \geq 1.50$$

$$\sigma_1 = 5.366 \geq 1.50 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_2 = \frac{72.774}{21} \left(1 - \frac{6(1.91)}{21}\right) \geq 1.50$$

$$\sigma_2 = 3.465 (1 - 0.54) \geq 1.50$$

$$\sigma_2 = 1.593 \geq 1.50 \text{ (Aman)}$$

Erosi Bawah Tanah (*Piping*)

Kondisi Muka Air Normal

$$\Delta H = \text{Elevasi mercu} - \text{Elevasi dasar kolam olak}$$

$$= 128.95 - 125.45$$

$$= 3.00 \text{ m}$$

$$\Sigma L_V = 10.26 \text{ m}$$

$$\Sigma L_H = 15.80 \text{ m}$$

$$C = 1.6 \text{ (lempung sangat keras)}$$

$$\frac{L_V + \left(\frac{1}{3}\right) L_H}{\Delta H} \geq 1.6$$

$$\frac{10.26 + \left(\frac{1}{3}\right) 15.80}{3.5} \geq 1.6$$

$$1.175 \geq 1.6 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Muka Air Banjir

$$\Delta H = \text{Elevasi muka air banjir hulu} - \text{Elevasi muka air banjir hilir}$$

$$= 131.67 - 127.67$$

$$= 4.00 \text{ m}$$

$$\Sigma L_V = 10.26 \text{ m}$$

$$\Sigma L_H = 15.80 \text{ m}$$

$$C = 1.6 \text{ (lempung sangat keras)}$$

$$\frac{L_V + \left(\frac{1}{3}\right) L_H}{\Delta H} \geq 1.6$$

$$\frac{10.26 + (\frac{1}{3}) 15.80}{4.7} \geq 1.6$$

$$3.881 \geq 1.6 \text{ (Aman)}$$

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa stabilitas bendung, dan mencari faktor faktor angka keamanan pada bangunan yang sudah berusia 39 tahun maka dapat dibuat kesimpulan dengan nilai keamanan stabilitas bendung sebagai berikut:

1. Nilai stabilitas pada saat kondisi air normal, stabilitas terhadap guling ($S_f = 8.972 \geq 2.00$), stabilitas terhadap geser ($S_f = 2.078 \geq 1.50$), eksentrisitas pembebanan yang terjadi ($e = 1.95 \leq 3.5$), daya dukung tanah atau tegangan tanah yang terjadi ($\sigma_{maks} = 5.488 \geq 3.00$), ($\sigma_{min} = 1.593 \leq 3.00$), stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*) ($C = 5.175 \geq 1.6$). Nilai stabilitas pada saat kondisi air banjir, stabilitas terhadap guling ($S_f = 8.713 \geq 2.00$), stabilitas terhadap geser ($2.266 \geq 1.50$), eksentrisitas pembebanan yang terjadi ($e = 1.95 \leq 3.5$), daya dukung tanah atau tegangan tanah yang terjadi ($\sigma_{maks} = 5.366 \geq 1.50$), ($\sigma_{min} = 1.593 \geq 1.50$), stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*) ($C = 3.881 \geq 1.6$).
2. Berdasarkan nilai keamanan yang diperoleh maka dapat dinyatakan bahwa kontrol stabilitas bangunan bendung tersebut memenuhi syarat aman dan hanya daya dukung tanah σ_{min} pada saat air normal yang tidak memenuhi syarat aman.

Saran

1. Dari hasil analisis, maka didapat saran yang dapat bermanfaat bagi kita semua. Dimana diperlukan kajian lebih lanjut mengenai analisis stabilitas bendung daerah irigasi Kerasaan, diantaranya dengan menghitung ulang stabilitas bendung. Karena perubahan volume air yang tak menentu yang diakibatkan oleh cuaca ekstrim yang terjadi saat ini. Agar bendung stabil terhadap gaya-gaya yang bekerja pada bendung.
2. Perlunya dilakukan pemeliharaan berkala, baik oleh Pemerintah maupun oleh pihak pengelola daerah irigasi Kerasaan agar bangunan bendung tersebut dapat lebih tahan lama lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). Standar Pekerjaan Irigasi KP-02. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. (2013). Standar Pekerjaan Irigasi KP-04. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. (2013). Standar Pekerjaan Irigasi KP-06. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Didip P.B, Dimas dan Widyastuti W.S, Rini. (2009). Perencanaan Teknis dan Kajian Sistem Pengendalian Proyek dengan Metode Earned Value pada Bendung Susukan Kabupeten Magelang. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Leo, H., Jaelani. H dan Bobby, V. (2016). Evaluasi Sistem Pengelolaan Daerah Irigasi Di Provinsi Sulawesi Utara, Manado.
- Memed, Moch dan Mawardi, Erman. (2002). Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis. Alfabeta, Bandung.
- Nur Priatwanto, Hery. (2010). Perencanaan Bendung Tetap Tipe Vlughter – Sitompul. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rizal, Nanang Saiful. (2014). Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bendungan Air. LPPM. Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. (2003). Hidrologi untuk Pengairan. Pradna Paramita, Jakarta.

- Standar Nasional Indonesia/SNI 03-2401. (1991). Pedoman Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik Untuk Bangunan Di Sungai.
- Tanjung, Darlina., Simbolon, Ronal HT dan Hanif, Irsyad. (2025). Analisa Stabilitas Struktur Bendung Terhadap Faktor Keamanan Peletakan Desain Bendung. Inovasi Pendidikan Nusantara, Medan.
- Triatmojo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. BetaOffset, Yogyakarta.