Volume 2 | Nomor 4 | Desember 2016



# RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil





Jurusan Teknik Sipil Insitut Teknologi Nasional Bandung

ISSN: 2477-2569

PENGGUNA

🔲 Ingat Saya

Nama

Login

Pengguna Kata Sandi

## **RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil**

Struktur | Transportasi | Geoteknik | Teknik Sumber Daya Air | Manajemen Rekayasa Konstruksi

BERANDA TENTANG KAMI LOGIN DAFTAR

ARSIP INFORMASI

Beranda > RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil

## RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil

RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil dengan ISSN 2477-2569 diterbitkan 4 (empat) kali dalam satu tahun pada bulan Maret, Juni, September, dan Desember. Jurnal ini berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian dan kajian analisis di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada Teknik Sipil, yaitu Transportasi, Struktur, Geoteknik, Manajemen Konstruksi dan Teknik Sumber Daya Air. Tulisan yang masuk ke redaksi diseleksi dengan sistem *peerreview* untuk menjaga obyektivitas sekaligus membuka kesempatan bagi setiap orang, terlepas dari latar belakang pendidikan untuk dapat berkontribusi. Alamat *Digital Object Identifier* (DOI) RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil yang diterbitkan dari Crossref adalah <u>http://dx.doi.org/10.26760</u> *[rekaracana, dan telah menggunakan software* **Ithenticate** sebagai *Plagiarism Tool.* 

CARI

TERKINI



Juruxan Teknik Sipi Insitut Teknologi Nasional Bamlung

#### SUSUNAN PENGELOLA

#### Penerbit

Program Studi Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung

#### **Ketua Penyunting**

Nur Laeli Hajati, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Bandung)

#### Editor:

- 1. Desinta Nur Lailasari S.T., M.T. [ITENAS]
- 2. Andrean Maulana, S.T., M.T. [ITENAS]
- 3. Dr. Yuki Achmad Yakin, ST., MT. [ITENAS]
- 4. Fransiska Yustiana, S.T., M.T. [ITENAS]
- 5. Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T. [ITENAS]
- 6. Dr. Nursetiawan, S.T. M.T. [UMY]

Mitra Bestari dapat dilihat disini

Administrator : Suwarno



## **RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil**

Struktur | Transportasi | Geoteknik | Teknik Sumber Daya Air | Manajemen Rekayasa Konstruksi

#### BERANDA TENTANG KAMI LOGIN DAFTAR CARI TERKINI ARSIP INFORMASI

Beranda > Arsip > <b>Vol 2, No 4</b>		PENGGUNA
Vol 2, No 4		Nama
Desember 2016		Kata Sandi
Daftar Isi		Ingat Saya
Artikel		Login
Kajian Perancangan Komposisi Beton Memadat Mandiri dengan Menggunakan Batu Apung Mohamad Mugni Taufik, Bernardinus Herbudiman	PDF 1	st
Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Campuran Renolith dan Kapur Gibral Maulana, Indra Noer Hamdhan	PDF 11	20
Pengembangan Pelabuhan Batu Panjang Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau Muhammad Ridho Yuwanda, Yati Muliati	PDF 22	
Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash terhadap Sulfat dan Klorida Rafli Andoru Ikomudin, Bernardinus Herbudiman, Rulli Ranastra Irawan	PDF 33	
Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lunak di Gedebage Heldys Nurul Siska, Yuki Achmod Yakin	PDF 44	Template
Perencanaan Pelabuhan Penyeberangan Desa Buton, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah Aji Setiawan, Yati Muliati, Fachrul Madrapriya	PDF 56	
Kajian Pengaruh Panjang 'Back Span' pada Jembatan Busur Tiga Bentang Yuno Yuliantono, Aswandy Aswandy	PDF 66	PENYERAHA
Analisis Geoteknik Terowongan Batuan Geurutee Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga Ryan Achmad Fadhillah, Indra Noer Hamdhan	PDF 78	TIM EDITOR
Optimasi Pelabuhan di Perairan Cirebon sebagai Alternatif Pengganti Pelabuhan Cilamaya Muhammad Ziko Rizkyargo, Muslim Muin, Yati Muliati	PDF 89	MITRA BEST
Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat Santi Gloria Hutahaean, Aswandy Aswandy	PDF 100	PORUS DAN
Analisis Perilaku Timbunan Tanah Pasir Menggunakan Uji Model Fisik Fadi Muhammad Akmal, Yuki Achmad Yakin	PDF 112	PROSES PUE
Analisis Hidrodinamika Menggunakan Software SMS 8.1 dalam Rangka Pengembangan Pelabuhan Penyeberangan Kaledupa, Sulawesi Tenggara	PDF 124	PROSES REV
Angga Rizki Pratama, Yati Muliati, Fachrul Madrapriya		LEMBAR REV
Efek Kadar Polycarboxylate Ether (PCE) terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Eggidyo Parudhiwa Putra, Bernardinus Herbudiman, Rulli Ranostra Irawan	136	ETIKA PUBLI
Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati dengan Metode Elemen Hingga Model 2D dan 3D Teuku Nabilla Nanda, Indra Noer Hamdhan	PDF 148	PERNYATAA TERBUKA
Peramalan Gelombang di Perairan Kabupaten Indramayu dengan Pemodelan Numerik SWAN 41.01A	PDF 160	BIAYA PUBL
Fajar Widhiarno, Yati Muliati		KEBIJAKAN A
ISSN (elektronik) : 2477-2569		KEBIJAKAN P
diterbitkan oleh :		HAK CIPTA D
Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung		

Alamat : jl. PHH. Mustofa 23 Bandung 40124

Kontak : Tel. 7272215 (ext. 206) Fax. 7202892

Terindeks:







ENYERAHAN ONLINE
IM EDITORIAL
IITRA BESTARI
OKUS DAN RUANG LINGKUP
ANDUAN PENULIS
ROSES PUBLIKASI
ROSES REVIEW
EMBAR REVIEW
TIKA PUBLIKASI
ERNYATAAN AKSES ERBUKA
IAYA PUBLIKASI
EBIJAKAN ARSIP
EBIJAKAN PLAGIASI
IAK CIPTA DAN LISENSI
IOTIFIKASI

» Lihat » Langganan

## Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati dengan Metode Elemen Hingga Model 2D dan 3D

#### TEUKU NABILLA FERRY NANDA, INDRA NOER HAMDHAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung e-mail: teukunabil@hotmail.com

#### ABSTRAK

Bendungan Bajulmati merupakan bendungan tipe urugan dengan inti terletak tegak pada tubuh bendungan. Bendungan urugan berpotensi runtuh akibat berubahnya tegangan dalam tanah akibat aliran air. Untuk menghindari keruntuhan, maka diperlukan analisis rembesan dan stabilitas yang dihitung secara bersamaan menggunakan metode elemen hingga dengan model 2D dan 3D pada program PLAXIS AE. Analisis akan menggunakan variasi pembebanan, yaitu saat selesai konstruksi, muka air minimum, muka air maksimum dan surut cepat yang keseluruhan kondisi akan di kombinasikan dengan pembebanan gempa pseudostatik. Hasil analisis 2D berupa faktor keamanan (SF) terkritis terjadi pada kondisi surut cepat, yaitu 1,750 sebelum ada gempa dan 1,452 setelah dibebani gempa pseudostatik. Hasil SF terkritis pada model 3D adalah 1,890 pada kondisi surut cepat.

*Kata kunci:* bendungan bajulmati, bendungan urugan, stabilitas lereng, pseudostatik, analisis ganda, aliran air tanah, metode elemen hingga, faktor keamanan.

#### ABSTRACT

The Bajulmati dam is types of embankment with center core rock fill dam. Embankment dam is risky to collapse due changes of stress while ground water flow. To avoid collapse, it is necessary to seepage and stability analyzes were calculated silmustaneously using the finite element method with 2D and 3D models in PLAXIS AE program. The analysis will use variation of loading, those are after construction, minimum water level, high water level, and rapid drawdown with the overall conditions is combine to pseudostatics analysis. The most critical safety factor of 2D analysis is happen at rapid drawdown condition, those are 1.750, 1.452 before and after pseudostatic/earthquake analysis. The critical safety factor result of 3D analysis is 1.890 at rapid drawdown loading condition.

**Keywords**: the bajulmati dam, embankment dam, slope stability, pseudostatic, coupled analysis, ground water flow, finite elemen method, safety factor.

#### **1. PENDAHULUAN**

Bendungan Bajulmati merupakan bendungan tipe urugan batuan yang memiliki inti kedap air berupa lapisan tanah lempung yang berada tegak di tengah tubuh bendungan. Bendungan tersebut dibangun melalui proses penimbunan sejumlah material berupa kerakal, kerikil, batuan, pasir dan tanah yang dibentuk dengan kemiringan dan ketinggian tertentu sehingga dapat menghambat atau menaikkan muka air pada bagian hulu (*upstream*). Bendungan dengan tipe urugan (*embankment*) sangat riskan terhadap keruntuhan (*collapse*) akibat dari tekanan hidrostatik air, tekanan air pori dan beban gempa yang diterima maupun dari geometrik bendungan itu sendiri. Oleh karena itu, kestabilan lereng dan debit rembesan air pada tubuh bendungan perlu dianalisis agar konstruksi bendungan tersebut aman terhadap longsor. Hasil analisis akan menampilkan kemungkinan terjadinya longsor ataupun erosi pada bagian/bidang tubuh bendungan baik di hulu (*upstream*) ataupun di hilir (*downstream*).

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis rembesan dan stabilitas dengan kondisi pembebanan after construction, muka air minimum, muka air maksimum dan pseudostatic. Analisis pada kondisi muka air minimum dan maksimum akan menggunakan tipe analisis steady state ground water flow. Sedangkan, kondisi surut cepat akan menggunakan analisis transient flow yang berdasarkan fungsi waktu.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap rembesan dan stabilitas yang terjadi pada Bendungan Bajulmati dengan metode elemen hingga menggunakan program komputer PLAXIS AE dengan model 2D dan 3D. Sehingga, dapat diketahui kriteria keamanan Bendungan Bajulmati berdasarkan hasil analisis yang berupa angka faktor keamanan dan jumlah debit rembesan serta pola runtuh/longsor pada tubuh bendungan yang analisisnya menggunakan parameter desain dari studi sebelumnya. Hasil analisis akan membandingkan hasil keluaran safety factor antara model 2D dan 3D dengan berbagai jenis kondisi pembebanan. Lokasi bendungan Bajulmati tampak seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi bendungan Bajulmati (Sumber: https://www.google.com/earth, diunduh tanggal 06/04/2016 pukul 01.25 WIB)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bendungan

Menurut Wikipedia, bendungan atau dam adalah sebuah struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air atau sungai bawah tanah yang pada umumnya akan menjadi waduk, danau atau tempat rekreasi. Tujuan utama dibangun bendungan pada umumnya untuk menahan air yang digunakan untuk mengelola, mencegah atau membuang aliran air ke daerah lain, secara bertahap atau berkelanjutan sehingga penggunaan air dapat dimaksimalkan. Seringkali juga bendungan digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air atau PLTA (*minihydro*).

### 2.1.1 Bendungan Tipe Urugan

Berdasarkan material penyusun bendungan dan lokasi penempatan materialnya, menurut Sosrodarsono, S. (1977) bendungan tipe urugan (*earth fill dam*) dibagi dalam 3 (tiga) tipe seperti tampak pada **Gambar 2**:

- 1. Bendungan urugan homogen.
- 2. Bendungan urugan berzonal.
- 3. Bendungan urugan bersekat.



Gambar 2. Bendungan tipe urugan (Suyono, 1977)

#### 2.2 Teori Keruntuhan Mohr-Coulomb

Sebuah teori yang dikembangkan oleh Mohr pada tahun 1900 menyatakan bahwa keruntuhan tanah terjadi bukan diakibatkan oleh hancurnya partikel tanah, tetapi keruntuhan terjadi akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan tegangan geser yang dialami oleh tanah tersebut. Korelasi antara gaya normal dan gaya geser pada suatu bidang runtuh dapat dilihat pada **Gambar 3** yang merupakan lingkaran Morh-Coulomb (USSD, 2007).



Gambar 3. Kriteria Mohr-Coulomb (USSD,2007)

Kriteria Mohr-Coulomb berdasarkan tegangan total didefinisikan seperti Pesamaan 1.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

... (1)

Kondisi tanah jenuh air (*saturated*) berdasarkan tegangan efektif didefinisikan seperti **Persamaan 2**.

$$\tau = c + \sigma' \tan \phi \qquad \dots (2)$$

dimana:

- $\tau$  = tegangan geser,
- c = kohesi,
- $\sigma$  = tegangan normal,
- $\sigma' = \text{tegangan efektif} = \sigma u$ ,
- $\phi$  = sudut geser dalam,
- u = tegangan air pori.

#### **1.4 Kondisi Pembebanan Bendungan Tipe Urugan**

Stabilitas bendungan bagian udik (*upstream*) dan hilir (*downstream*) pada urugan bendungan umumnya dilaksanakan perhitungan analisis terhadap kondisi yang paling kritis yang mungkin terjadi selama masa bendungan tersebut berdiri. Kondisi pembebanan yang digunakan meliputi:

- 1. Akhir konstruksi (After Construction).
- 2. Steady State Seepage.
- 3. Surut Cepat (Rapid Drawdown).
- 4. Earthqueke (Pseudostatic Analysis).

Gaya inersia yang dihasilkan berdasarkan percepatan pseudostatic menurut Kramer, S.L. (1996) didefinisikan seperti **Persamaan 3** dan **Persamaan 4** berikut:

$$F_{h} = \frac{a_{h} * W}{g} = K_{h} * W$$
... (3)
$$F_{v} = \frac{a_{v} * W}{g} = K_{v} * W$$

... (4)

dimana:

 $K_h \operatorname{dan} K_v = \operatorname{percepatan} pseudostatic \operatorname{arah} horisontal \operatorname{dan} vertikal,$  $a_h \operatorname{dan} a_v = \operatorname{koefisien} pseudostatic \operatorname{horisontal} \operatorname{dan} vertical,$  $W = \operatorname{berat} \operatorname{massa.}$ 

### 1.5 Stabilitas Lereng

Permukaan tanah yang tidak rata yang memiliki kemiringan tertentu akan menyebabkan tanah pada lereng bergerak ke bawah (longsor) yang dipicu oleh gaya gravitasi. Komponen gravitasi meliputi berat sendiri tanah, dimana berat tersebut akan mengakibatkan kegagalan/longsor pada lereng jika berat tanah tidak diimbangi oleh kuat geser tanah tersebut. Beberapa jenis keruntuhan pada lereng terlihat seperti **Gambar 4**:

- 1. Rotational landslide.
- 2. Translational landslide.
- 3. Blok slide.
- 4. Rockfail.
- 5. Topple.
- 6. Lateral slide.
- 7. Debris.
- 8. Earthflow.
- 9. *Creep.*



Gambar 4. Jenis-jenis keruntuhan ada lereng (Vernes, 1978)

## 1.6 Metode Reduksi Phi – C (*Phi-C Reduction*)

Metode reduksi Phi-C merupakan metode elemen hingga pada program PLAXIS yang digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan dengan cara membandingkan kekuatan

awal tanah terhadap kekuatan minimum yang dibutuhkan suatu bidang untuk dapat stabil atau setimbang. Prosedur kerja *phi-c reduction* pada program PLAXIS dengan cara mengurangi nilai kuat geser (*shear strength*) tanah secara berkala hingga mencapai kondisi runtuh (*collapse*) dan tanah dimodelkan sebagai material elasto-plastis. Nilai faktor keamanan (*FK*) didapat dari **Persamaan 5**.

$$FK = \frac{\text{kekuatan awal tanah yang tersedia}}{\text{Kekuatan saat kondisi runtuh}}$$
... (5)

#### **1.7 Metode Coupled Analysis Pada PLAXIS**

Program PLAXIS yang digunakan untuk analisis rembesan dan stabilitas pada Penelitian ini mampu menganalisis perilaku aliran air tanah dan deformasi secara bersamaan atau dikenal dengan coupled analysis. Metode ini terdapat pada tipe perhitungan fully coupled flow-deformation dengan prosedur perhitungan stabilitas dihitung secara bersamaan pada kondisi aliran transient (transient line).

#### 3. ANALISIS DATA

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pihak yang berwenang pada proyek pembangunan bendungan Bajulmati. Data yang diperoleh berupa data sekunder yang digunakan untuk mengetahui parameter tanah sebagai dasar untuk menentukan lapisan tanah. Data sekunder berupa data parameter tanah untuk struktur bendungan dan lapisan fondasi, peta siteplan, data muka air rencana, serta gambar potongan melintang tipikal bendungan Bajulmati.

#### 3.2 Analisis Menggunakan Program PLAXIS AE

Analisis rembesan dan stabilitas bendungan Bajulmati akan menggunakan metode elemen hingga dengan model 2D dan 3D. Analisis rembesan dan stabilitas yang menggunakan program PLAXIS AE akan menghasilkan nilai faktor keamanan, debit rembesan, arah bidang runtuh untuk kondisi after construction, muka air minimum, muka air maksimum, dan surut cepat. Hasil faktor keamanan yang diperoleh akan di bandingkan dengan syarat minimum faktor keamanan dari RSNI-M-03-2002, sehingga bendungan tersebut dapat dikatagorikan aman atau tidak aman. Bagan alir Penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 5**.

#### 3.3 Batasan Analisis dan Kondisi Pembebanan

Pemodelan batasan-batasan dalam analisis rembesan dan stabilitas mengacu kepada data teknis bendungan, dimana kondisi batas merupakan kondisi batasan muka air (water condition) bila bendungan telah terisi oleh air. Kondisi muka air maksimum berada pada elevasi +90,75 m, muka air normal berada pada eleveasi 87,60 m dan muka air minimum pada elevasi +73,40 m. Pada kondisi pembebanan after construction, kondisi bendungan masih kosong (belum ada air). Pada kondisi muka air minimum dan muka air maksimum akan dilakukan perhitungan berdasarkan tipe steady state ground water flow. Khusus pada kondisi surut cepat (rapid drawdown) pemodelan akan menggunakan tipe perhitungan transient flow dengan fungsi penurunan dianggap terjadi selama 5 hari dari elevasi maksimum ke minimum. Kemudian, dari ketiga kondisi pembebanan tersebut akan diberikan beban gempa berupa percepatan pseudostatic.

Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati dengan Metode Elemen Hingga Model 2D dan 3D



Gambar 5. Bagan alir analisis rembesan dan stabilitas bendungan Bajulmati dengan metode elemen hingga model 2D dan 3D

Data parameter tanah yang digunakan untuk analisis terlihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Paramete	Desain Tanah Bendungan Bajulmati

			Parameter Tanah							
Zona	Jenis Material	Tipe	Yunsat	γ <sub>sat</sub>	Ε	v	С	ø	ψ	k
			kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>		kPa	0	0	m/day
1	Clay	undrained	13,01	17,62	40.000	0,35	32	15,5	0	0,00873
2	Filter	drained	15,97	19,78	250.000	0,3	10	30	0	190,08
3	Soft Rock	drained	12,79	17,75	250.000	0,3	11	28	0	94,18
4	<i>Coarse Rock</i>	drained	15,89	20,41	250.000	0,3	12	40	10	1296
Fondasi	gravelly sand	drained	15,97	19,78	150.000	0,3	11	30	0	190,08
Fondasi	Lapilly Tuff	drained	12,79	17,75	250.000	0,3	12	28	0	94,18
Fondasi	Talus Deposit	drained	15,79	20,88	30.000	0,25	10	30	0	0,104
Fondasi	<i>Tuffaceous Sand</i>	drained	12,51	17,54	30.000	0,25	10	28	0	0,7344

#### 3.3 Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati Sebelum Pembebanan Gempa Model 2D

Analisis rembesan dan stabilitas bendungan Bajulmati menggunakan PLAXIS 2D AE 2014 dengan kondisi pembebanan *after construction* (kondisi a), muka air minimum (kondisi b), muka air maksimum (kondisi c) dan surut cepat (kondisi d) menghasilkan nilai faktor keamanan dan arah bidang runtuh seperti tampak pada **Gambar 6**.





Arah bidang runtuh kondisi a, c bergerak ke arah hilir dan kondisi b,d bergerak ke arah hulu. Proses terjadinya longsor/runtuh pada lereng bendungan dipengaruhi oleh bentuk geometrik bendungan itu sendiri dan tambahan beban air yang menyebabkan terjadinya rembesan ke dalam tubuh bendungan yang dapat mengubah mengubah nilai *shear strength* tanah menjadi kritis. Debit rembesan yang terdapat di tubuh bendungan merupakan hasil dari analisis *ground water flow* dan *coupled analysis* yang akan mengeluarkan besaran debit maksimum. Debit maksimum pada tubuh bendungan terlihat seperti pada **Gambar 7**.

Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati dengan Metode Elemen Hingga Model 2D dan 3D



Gambar 7. Distribusi *ground water flow* dengan debit maksimum pada tubuh bendungan sebelum terjadi gempa

#### 3.4 Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati Sesudah Pembebanan Gempa Model 2D

Hasil analisis rembesan dan stabilitas dengan kombinasi beban gempa berupa percepatan pseudostatic terlihat seperti **Gambar 8a** dan **Gambar 8b**. Nilai faktor keamanan yang ditampilkan relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan sebelum terjadi gempa dan arah bidang runtuh keselurahan kondisi bergerak ke arah hulu.



Gambar 8a. Arah bidang runtuh setelah terjadi pembebanan gempa



Gambar 8b. Arah bidang runtuh setelah terjadi pembebanan gempa

Debit maksimum yang terjadi pada tubuh bendungan akibat adanya tambahan air pada kondisi muka air minimum, muka air maksimum, dan surut cepat yang terjadi setelah pembebanan gempa tampak seperti **Gambar 9**.





Reka Racana - 157

#### 3.5 Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati Sebelum Pembebanan Gempa Model 3D

Berdasarkan hasil analisis rembesan dan stablitas bendungan Bajulmati menggunakan PLAXIS 3D 2013 dengan variasi kondisi pembebanan seperti kondisi pada model 2D dapat dilihat pada **Gambar 10**. Dari nilai faktor keamanan (*SF*) yang diperoleh dibandingkan dengan model 2D, maka nilai *SF* tersebut akan lebih besar.



Gambar 10. Arah bidang runtuh pada model 3D

Pemodelan struktur bendungan dengan *meshing* yang berbeda (*medium, fine, veryfine*) memiliki persentasi selisih yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Semakin kecil *meshing* yang dibuat, maka akan diperoleh persentase selisih SF yang semakin kecil antara model 2D dan 3D. Pemodelan *meshing* dibuat dengan cara menyamakan bentuk ukuran *element dimension* antara model 2D dan 3D sehingga hasil analisis nilai faktor keamanan dapat dibandingkan dengan baik.

	Meshing		2D	,	% Selicih			
No.		<i>Element Dimension</i> (m)	Total Element	SF	<i>Element</i> <i>Dimension</i> (m)	Total Element	SF	<i>SF</i> 2D & 3D
	Medium	3,203	253	1,394	3,202	1.121	1,601	12,93
1	Fine	2,239	450	1,374	2,241	2.988	1,567	12,32
	Very Fine	1,601	934	1,363	1,601	8.356	1,503	9,31
	Medium	13,976	233	1,784	13,57	3.857	1,956	8,79
2	Fine	9,51	481	1,751	9,502	9.357	1,936	9,56
	Very Fine	6,788	868	1,747	6,787	24.460	1,868	6,48

#### Tabel 2. Rangkuman Nilai Safety Factor Hasil Pemodelan Berdasarkan Meshing

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis rembesan dan stabilitas bendungan bajulmati dengan metode elemen hingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1. Pada kondisi pembebanan *after construction,* muka air minimum, muka air maksimum dan surut cepat pada model 2D sebelum diberi beban gempa diperoleh nilai *safety factor* berturut-turut sebesar 2,088; 1,876; 1,965; 1,750 dan 1,823; 1,688; 1,461; 1,452 untuk hasil analisis setelah diberi beban gempa.
- 2. Arah bidang runtuh pada model 2D sebelum terjadi gempa berturut-turut bergerak ke arah hilir, hulu, hilir dan hulu. Sedangkan, untuk kondisi setelah terjadi gempa arah bidang runtuh keseluruhannya bergerak ke arah hilir.
- 3. Hasil faktor keamanan pada model 3D beruturut-turut adalah sebesar 2,321 1,951; 2,103; 1,890 dan arah bidang longsor ke arah hulu, hulu, hilir dan hulu.
- 4. Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari model 2D dan 3D keseluruhannya memenuhi syarat keamanan berdasarkan RSNI-M-03-2002 dengan nilai syarat *SF* sebesar 1,1 s/d 1,5 (Badan Standarisasi Nasional, 2002).

#### DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional (2002). Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan, RSNI M-03-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Google Earth. (2016). Lokasi Studi Kasus Bendungan Bajulmati. Diunduh April 6, 2016, dari https://www.google.com/earth.
- Kramer, S.L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. New Jersey, Upper Saddle River: Prentice-Hall, Inc.
- PLAXIS. (2014). Tutorial Manual PLAXIS 2D AE 2014. Netherland: PLAXIS Company.
- PLAXIS. (2013). Tutorial Manual PLAXIS 3D 2013. Netherland: PLAXIS Company.
- Sosrodarsono, S. (1977). Bendungan Tipe Urugan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- USSD. (2007). Strength of Materials for Embankment Dams. Denver: United States Society on Dams.