

# BUKU PROSIDING

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2019

# SNTTM XVIII

## Inovasi Maju dalam Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan

### KEYNOTE SPEAKERS:

- Associate Prof. Dr. Eng. Nobumasa Sekishita  
Toyohashi University of Technology, Japan
- Prof. Emeritus Yoshihiro Narita  
Professor Emeritus of Hokkaido University, Japan
- Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, Sc.D., IPU  
Director of LPIK, Institut Teknologi Bandung

9 - 10 Oktober 2019  
Aston Kartika Grogol Hotel & Conference Center  
Jakarta, Indonesia

Diselenggarakan oleh:  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Trisakti

Didukung oleh:



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya dengan rahmat-Nya buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVIII dapat diterbitkan. SNTTM XVIII dengan tema “Inovasi Maju dalam Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan” merupakan kegiatan tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia. SNTTM kali ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti (Usakti) pada tanggal 9-10 Oktober 2019 di Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta. Dengan terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia yang semakin erat dan baik dalam pengembangan peran ilmu teknik mesin dalam mendukung pembangunan nasional. Bersamaan dengan SNTTM XVIII kali ini, BKS-TM juga mengadakan kegiatan seminar internasional yang pertama kalinya, yang bernama *International Symposium on Advances and Innovations in Mechanical Engineering (ISAIME)*. ISAIME dan SNTTM XVIII diselenggarakan secara bersamaan dengan kepanitiaian dilakukan oleh Program Studi Teknik Mesin Usakti.

Artikel ilmiah pada prosiding SNTTM XVIII dilakukan seleksi dalam dua tahap: 1) seleksi abstrak untuk kegiatan seminar dan 2) seleksi makalah lengkap untuk prosiding daring. Pada seminar kali ini terdapat 135 makalah lengkap yang diseminarkan yang berasal dari berbagai institusi. Dari 135 makalah, tujuh makalah terpilih untuk diterbitkan di Jurnal Teknik Mesin Indonesia (JTMI). Oleh karena itu, pada prosiding SNTTM XVIII terdapat 128 artikel ilmiah, dengan perincian 46% pada bidang konversi energi, 18% konstruksi mesin, 16% teknik manufaktur, 18% rekayasa material dan 2% pendidikan teknik mesin. Sebagai informasi, artikel ilmiah yang diterbitkan pada prosiding ISAIME berjumlah 49 artikel.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Program Studi Teknik Mesin, pembicara utama, sponsor, para pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi aktif atas terselenggaranya SNTTM XVIII dan terbitnya prosiding dari acara ini. Kami selaku panitia pelaksana juga memohon maaf atas kekurangan dan ketidaksempurnaan yang terjadi dalam keseluruhan proses penyelenggaraan seminar dan penerbitan buku prosiding. Akhir kata, semoga prosiding SNTTM XVIII ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Salam,

Daisman P.B. Aji, Ph.D

Ketua Panitia SNTTM XVIII

## PROFIL PEMBICARA UTAMA

Dalam rangkaian acara SNTTM XVIII telah diselenggarakan Sesi Pembicara Utama pada hari Rabu, 9 Oktober 2019, pukul 10.05-11.50 WIB. Acara tersebut dilaksanakan di *ballroom* Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta. Tiga pembicara telah hadir dan memberikan presentasinya dalam Sesi Pembicara Utama SNTTM XVIII.



### Profesor Yoshihiro Narita

Penasihat akademik JICA, Expert di C-BEST project. Beliau merupakan lulusan dari Universitas Hokkaido tahun 1974. Memulai karir sebagai dosen di Hokkaido Institute of Technology pada tahun 1980 – 1985. Menjabat sebagai Guru Besar di Fakultas Teknik, Universitas Hokkaido (*Division of Human Mechanical Systems and Design*) semenjak tahun 1991. Bidang penelitian mencakup *Composite Structures, Optimum Design, Systems Engineering, Computational Mechanics, Engineering Education*. Beliau pernah menjabat sebagai Ketua Cabang Hokkaido *Japan Society of Mechanical Engineers (JSME)* tahun 2008-2009 dan mendapat *Division Award for international contribution*. Selain itu, beliau merupakan anggota asosiasi *Japan Society of Mechanical Engineers, International Symposium on Vibration on continuous Systems, International Advisory Committee, Japan Reinforced Plastics Society, International Steering Committee, Society of Automotive Engineers of Japan, Japan Society of Kansei Engineering, The Japan Society for Science Policy and Research Management, dan Japanese Education Research Association*.



### Dr.Eng. Nobumasa Sekishita

Peneliti dan pengajar di Departemen Teknik Mesin, Toyohashi University of Technology, dengan jabatan sebagai *Associate Professor*. Beliau juga merupakan lulusan doktor dari universitas tersebut. Bidang penelitiannya mencakup *Fluid Dynamics* yaitu, *Wind Tunnel Experiment of Turbulent Shear Flow, Development of Flow Measurements and Analysis*, di mana beliau menginvestigasi fenomena pada *Buoyancy jet* pesawat jet dan *sphere wake* menggunakan Terowongan Angin. Beliau juga merupakan anggota Perhimpunan Akademik *Japan Society of Mechanical Engineers, Japan Society of Fluid Mechanics, The Physical Society of Japan, dan The Visualization Society of Japan*.



### **Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, ScD, IPU**

- Direktur Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan (LPIK) Institut Teknologi Bandung
- NIDN : 0019076702
- Scopus ID: 6701602153

#### RESEARCH AREAS

1. Hybrid and Electric Vehicle
2. Extended Range Electric Vehicle (EREV)
3. Solid Mechanics and Plasticity
4. Computational Structural Mechanics
5. CAD/CAE
6. Structural Crashworthiness/Blastworthiness
7. Occupant protection
8. Ultralight metal body structures
9. Armored Fighting Vehicles
10. Product Development: Car, SUV, Bus, LRT

#### EDUCATION

1. Massachusetts Institute of Technology, USA  
Degree / year : Doctor of Science, Sc.D. / 1999  
Major : Mechanical Engineering / Computational structural mechanics
2. Massachusetts Institute of Technology, USA  
Degree / year : Master of Science of Mechanical Engineering, MSME / 1997  
Major : Mechanical Engineering / Applied Mechanics
3. Institut Teknologi Bandung, Indonesia  
Degree /Year : Engineer, Ir. / 1991 (First class honor)  
Major : Mechanical Engineering / Structural Mechanics

#### PROFESSIONAL EXPERIENCES

1. Director, Institute for Innovation and Entrepreneurship Development, LPIK-ITB (2018-current)
2. Director, National Center for Sustainable Transportation Technology (CCR-NCSTT) (2017-current)
3. Chairman, Task Force for National Railway Center - NRC ITB (2016-current)
4. Faculty Staff - Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, FTMD-ITB (2014-current)
5. Research Scientist - Center for Industrial Engineering PRI-ITB, Light Weight Structure Laboratory, Bandung (2014-current)
6. Global Engineering Group Manager, Global Small, Compact, Crossover, Hybrid/EREV Vehicles (2010-2013)
7. Vehicle Crashworthiness and Safety Integration (2010-2013)
8. General Motors Company, Warren, MI (2010-2013)
9. Performance Integration Team Leader – Safety for Chevrolet Equinox, GMC Terrain, Cadillac SRX, SAAB SUV, and Next Generation Buick Compact Vehicle (2005-2010)
10. Safety & Crashworthiness Dept., General Motors Corp., Warren, MI (2005-2010)
11. Lead Performance Engineer for Cadillac DTS, Buick Lucerne, Chevrolet HHR (2004-2005)

12. Safety & Crashworthiness Department, General Motors Corp., Warren, MI. (2004-2005)  
Lead Performance Engineer for the Cadillac XLR, Corvette C6, Corvette Z06 (1999-2004)
13. Safety & Crashworthiness Dept., General Motors Corp., Warren, MI (1999-2004)  
Postdoctoral Associate, Impact & Crashworthiness Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1999) Research Assistant, Joint MIT/Industry Consortium on Ultralight Metal Structures, Massachusetts Institute of Technology (1996-1999)
14. Teaching Assistant, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology (1996-1999)
15. Research Fellow, Finite Element Research Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1994-1996)

#### SCHOLARSHIPS, VISITING PROGRAMS

1. Indonesian Aerospace Industry Scholarship (1994-1996)
2. MIT Research Assistant (1996-1998)
3. MIT Teaching Assistant (1998-1999)
4. MIT Post-Doctoral Fellowship (1999)

#### AWARDS

1. Insinyur Profesional Utama (IPU), Indonesian Professional Engineer, 2017.
2. Royal Academy of Engineering Industry Academia Partnership Programme Award, Newton Fund, 2017.
3. Scopus/Google Scholar Impact Factor H-Index = 9
4. Technical Committee Member for ASEAN New Car Assessment Program
5. GM Chairman Honor Recipient – Best of the best engineering achievement for 2006 Corvette Z06 - All aluminum car design execution, 2006.
6. GM Chairman Honor Recipient – Best of the best engineering achievement on structural design solution for Cadillac DTS & Buick Lucerne rocker reinforcement, 2007.
7. 2007 Design for Six Sigma (DFSS) Green Belt Certification, 2017.
8. 2011 Design for Six Sigma (DFSS) Black Belt Certification, 2011.

## TOPIK DAN SEBARAN MAKALAH

1. Konversi Energi : 59 Makalah
2. Konstruksi Mesin : 23 Makalah
3. Teknik Manufaktur : 21 Makalah
4. Rekayasa Material : 23 Makalah
5. Pendidikan Teknik Mesin : 2 Makalah



## TENTANG BKS-TM

Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia (BKS-TM) adalah suatu organisasi yang dibentuk pada pertemuan ketua jurusan/program studi/departemen Teknik Mesin perguruan tinggi se-Indonesia pada tanggal 29 Mei 2002 di Jurusan Teknik Mesin ITS. Anggota dari BKS-TM adalah lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan teknik mesin atau yang sejenis.

Tujuan pendirian BKS-TM adalah untuk:

- 1) menciptakan kondisi yang kondusif untuk meningkatkan kerja sama antar perguruan tinggi teknik mesin dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi
- 2) meningkatkan interaksi perguruan tinggi anggota dengan lembaga lain
- 3) meningkatkan sumber daya anggota dalam menjawab tantangan dan persaingan.

Saat ini keanggotaan BKS-TM sudah mencapai lebih dari 30 program studi Teknik Mesin yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



## TENTANG SNTTM

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh BKS-TM sebagai sarana untuk berbagi riset dan teknologi terbaru serta berbagi pengalaman terhadap pemecahan permasalahan di bidang keilmuan teknik mesin dalam lingkup nasional. Konferensi ini juga memberi kesempatan kepada para akademisi, pihak industri, komunitas, maupun para penentu kebijakan untuk membahas aktivitas dan kolaborasi di masa depan.

SNTTM XVIII bertujuan untuk mempertemukan para peneliti, profesional industri, dan mahasiswa dari disiplin ilmu Teknik Mesin. SNTTM XVIII, yang bertemakan “Inovasi Maju di Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan”, menawarkan lingkungan yang menarik dan merangsang peserta untuk berdiskusi dan bertukar pikiran mengenai hasil penelitian ilmiah terbaru. Pada tahun 2019 kali ini, seminar diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti (Usakti), pada tanggal 9-10 Oktober 2019 di Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta.

BKS-TM telah menyelenggarakan 17 kali SNTTM dengan tempat penyelenggara yang bergantian sebagai berikut:

1. SNTTM I (2002) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
2. SNTTM II (2003) dilaksanakan di Unand, Padang.
3. SNTTM III (2004) dilaksanakan di Unhas, Makasar.
4. SNTTM IV (2005) dilaksanakan di Unud, Denpasar.
5. SNTTM V (2006) dilaksanakan di UI, Jakarta.
6. SNTTM VI (2007) dilaksanakan di Unsyiah, Banda Aceh.
7. SNTTM VII (2008) dilaksanakan di Unsrat, Manado.
8. SNTTM VIII (2009) dilaksanakan di Undip, Semarang.
9. SNTTM IX (2010) dilaksanakan di Unsri, Palembang.
10. SNTTM X (2011) dilaksanakan di Unibraw, Malang.
11. SNTTM XI (2012) dilaksanakan di UGM, Yogyakarta.
12. SNTTM XII (2013) dilaksanakan di Unila, Bandar Lampung.
13. SNTTM XIII (2014) dilaksanakan di UI, Jakarta.
14. SNTTM XIV (2015) dilaksanakan di Unlam, Banjarmasin.
15. SNTTM XV (2016) dilaksanakan di ITB, Bandung.
16. SNTTM XVI (2017) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
17. SNTTM XVII (2018) dilaksanakan di Undana, Kupang.



## SUSUNAN KEPANITIAAN

### Penanggungjawab

Prof. dr. Ali Gufron Mukti, M.Sc, Ph.D (Pjs. Rektor, Universitas Trisakti)  
Prof. Dr. Ir. Indra Surjati, MT (Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti)

### Penasehat

Dr. Ario Sunar Baskoro, ST, MT, M.Eng (Universitas Indonesia)  
Ir. Tono Sukarnoto, MT (Universitas Trisakti)  
Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, ST, M.Eng (Universitas Trisakti)

### Panitia Pelaksana

Ketua: Daisman P.B. Aji, ST, Ph.D  
Acara: Dr. Ir. Dorina Hetharia, M.Sc  
Sekretaris: Renny, SH, MH  
Bendahara: Tumini, SH  
Publisitas & Website:  
Achdianto, ST, MM  
Abigunto, ST  
Fajar Rahadian, ST  
Khaerul Rozy  
Sponsorship: Ir. Noor Eddy, MT  
Perlengkapan & Transportasi:  
Ir. Yusep Mujalis, MT  
Achmad Gozali

### Editor

Daisman P.B. Aji, ST, Ph.D  
Dr. Ir. Sally Cahyati, MT  
Dr. Ir. Triyono, MS  
Dr. Ir. Sjahrul Annas, MT

## **REVIEWER**

Prof. Dr. Chalilullah Rangkuti  
Prof. Dr. Agustinus Purna Irawan  
Dr. Triyono  
Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo  
Dr. Sally Cahyati  
Rosyida Permatasari, Ph.D  
Dr. Supriyadi N.S.  
Dr. Sentot Novianto  
Daisman P.B. Aji, Ph.D  
Dr. Willyanto  
Dr. Juliana Anggono  
Harto Tanujaya, Ph.D  
Dr. M. Sobron Yamin Lubis  
Dr. Erwin Siahaan  
Dr. Ekadewi Anggraini Handoyo  
Dr. Oegik Soegihardjo  
Dr. H. Dedi Lazuardi  
Dr. Steven Darmawan  
Dr. Abrar Riza  
Tono Sukarnoto, MT  
Noor Eddy, MT  
Jamal M. Afiff, M.Eng  
Gatot Santoso, MT  
Toto Supriyono, MT

KE59	Numerical Simulation of Airfoil Cascade for Axial Turbine Design <i>Nono Suprayetno, Priyono Sutikno, Nathanael P. Tandian dan Firman Hartono</i>	KE59.1-4
------	--	----------

### KONSTRUKSI MESIN [KM]

KM01	Perancangan dan Analisis Penyerapan Energi Impak Crash Zone Area Kereta Penumpang Nasional <i>Rachman Setiawan, Yunendar Aryo Handoko, Fikri Imam Ramadhan, M. Yazid Fahmi</i>	KM01.1-8
KM02	Static Test Simulation of Bus Seat According to UNECE R80 by Finite Element Method <i>Sandro Mihradi, Syamsul Sinaga, Jerry Setiawan, Satrio Wicaksono</i>	KM02.1-4
KM03	Design of Drying Oven to Determine the Moisture Content <i>Belyamin dan Tohazen</i>	KM03.1-5
KM04	Design Concepts of a Shredder-Extruder Machine in Single Main Mover with Quality Function Deployment (QFD) Approach <i>Sufiyanto, Adriyan dan Marfizal</i>	KM04.1-7
KM05	Optimization of Brushless DC Motor Efficiency in Electric Vehicles <i>Norman Iskandar, Hafiz Ramadhan, Ismoyo Haryanto</i>	KM05.1-9
KM06	Application of Gaussian Mixture and Hidden Markov Model (GM-HMM) for Prediction of Machinery Failure <i>Achmad Widodo, Toni Prahasto, Yasir Abdur Rohman</i>	KM06.1-5
KM07	Stress Analysis of Mach-Zehnder Interferometer fiber optic Sensor Using Finite Element Method <i>Ojo Kurdi, Rusnaldy, Susilo Adi Widyanto, Ian Yulianti, Amirul Firdaus A.</i>	KM07.1-4
KM08	Performance Test of a Peeler Machine Prototype For Acid Seeds <i>Husen Asbanu dan Yefri Chan</i>	KM08.1-8
KM09	Finite Element Analysis Of Foam Filled Double Circular Tubes Under Three Bending Point By Different Loading Conditions <i>Iyas Renreng, Fauzan Djamaluddin, Aulia Abdi Nurhadi</i>	KM09.1-5
KM10	Perancangan Peluncur Coil Gun Menggunakan Daya Listrik DC <i>Rafiuddin Syam dan Andi Amijoyo Mochtar</i>	KM10.1-5
KM11	Penentuan Bentuk Frame Landasan Penumpang Kapsul Tsunami Berdasarkan Hasil Tegangan dan Regangan menggunakan Diskritisasi Oktahedral <i>Mochamad Edoward Ramadhan, Gaguk Djatisoekamto</i>	KM11.1-9

# Penentuan Bentuk Frame Landasan Penumpang Kapsul Tsunami Berdasarkan Hasil Tegangan dan Regangan menggunakan Diskritisasi Oktahedral

Mochamad Edoward Ramadhan\*, Gaguk Djatisoekamto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

\*Corresponding author: edoward.teknik@unej.ac.id

**Abstrak.** Penelitian prototip kapsul keselamatan, berawal dari bencana alam tsunami yang melanda Indonesia sebagai negara kepulauan. Selain itu Amerika Serikat, Jepang dan china telah melakukan pembuatan kapsul tsunami yang berhasil di HAK paten dengan kode US4297757 (Amerika) berbentuk bola dan di China ada sekitar 5 buah bentuk yang telah dibuat CN102267549B(bentuk jamur); CN203698627U (bentuk mangkok); CN204750532U (bentuk bunker); CN204916125U (bentuk kapsul silinder); CN208198781U(bentuk bulat telur). Setelah melakukan pengkajian paten maupun prototype yang sudah ada, peneliti membuat bentuk prototype berbentuk bola dengan diameter 2 meter. Bahan menggunakan Stainless steel diameter luar 25.4mm dan diameter dalam 23.9mm. Simulasi menggunakan diskritisasi octahedral dengan mesh menyesuaikan dengan struktur. Beban menggunakan Tekanan di area permukaan luar, beban orang sebanyak 4 dengan berat masing-masing 60kg, dan untuk constrain tetap pada bagian dalam geometri bola. Tujuan simulasi adalah memprediksi letak area kritis yang mengalami tegangan dan regangan terbesar. Setelah itu dilakukan pemilihan konsep sebanyak 10 untuk penambahan penguat pada bagian area yang mengalami titik kritis. Konsep 3 dan Konsep 6 memiliki regangan sebesar 0.00725mm, sedangkan Konsep 6 memiliki tegangan principal lebih kecil dibanding konsep 3 yaitu 3.05x106N/m dengan estimasi error lokal 2.13 x 10-6Joule. Sehingga Konsep 6 ditetapkan akan dipakai sebagai penguat dari prototype kapsul keselamatan tsunami.

**Kata kunci:** *Stress, Strain, Octahedral*, Area kritis, Kapsul tsunami.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Pembuatan rangka dari prototype kapsul keselamatan sebagai usaha dalam tanggap bencana alam bagi masyarakat Indonesia merupakan kebutuhan yang sangat penting. Prototype tersebut terdiri atas bagian, kerangka, interior dan eksterior. Bagian rangka dengan berbagai bentuk merupakan kebebasan bagi para pembuatnya, pada kesempatan kali ini peneliti akan membuat prototype dengan bentuk bola berdiameter 2000 mm. Kerangka terbuat dari pipa berbahan steel dengan diameter dalam 23.9 mm dan diameter luar 25.4 mm, sedangkan pembebanan menggunakan beban tekanan untuk rangka bagian bola terluar dan untuk bagian dalam dilakukan penumpuan tetap. Karena di bagian dalam rangka terhubung dengan tempat duduk orang maka beban diberikan secara vertikal ke bawah dan beberapa horizontal untuk titik penempatan sabuk penumpang. Meshing menggunakan

diskritisasi elemen berbentuk octahedral secara adaptif. Finite Elemen Analysis dipakai untuk menentukan area kritis prototype, setelah itu diberi penguat berupa frame. Frame juga dilakukan pengembangan konsep sebanyak 10 dan dilakukan Analisis Metode Elemen Hingga untuk menentukan konsep frame yang akan diterapkan menggunakan konsep ke 4.

## Studi Pustaka

FEM adalah singkatan dari *Finite Element Method* bertujuan untuk menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi obyek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga (diskritisasi). Kata "finite atau terhingga" digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga, menggunakan metode integral analitik. FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan

diferensial[1]. Secara umum langkah-langkah dalam FEM bisa diringkas sebagai berikut:

1. Membagi obyek analisa ke dalam elemen-elemen kecil.
2. Melakukan modelisasi sederhana yang berlaku untuk setiap elemen. Misalnya dimodelkan sebagai pegas, di mana pegas ini sifatnya sederhana, yaitu tegangan berbanding lurus dengan perubahan bentuknya. Membuat formula sederhana untuk setiap element tersebut. Misalnya untuk pegas berlaku hukum

$$F_{\text{pegas}} = k \cdot x \quad (1)$$

k = konstanta pegas, x= pertambahan panjang pegas.

3. Mengkombinasikan seluruh elemen dan membuat persamaan simultan yang mencakup semua variabel. [3] Dalam geometri, *octahedron* adalah polyhedron dengan delapan wajah, dua belas tepi, dan enam simpul. Istilah ini paling sering digunakan untuk merujuk pada *octahedron* biasa, padatan *Platonik* yang terdiri dari delapan segitiga sama sisi, empat di antaranya bertemu di setiap titik bisa dilihat di gambar 1. *Octahedron* reguler adalah *polyhedron* ganda kubus. Ini adalah tetrahedron yang diperbaiki. Bipyramid persegi dalam salah satu dari tiga orientasi ortogonal. Merupakan antiprisma segitiga dalam salah satu dari empat orientasi.

Name	Octahedron	Rectified tetrahedron (Tetrahedron)	Triangular antiprism	Square bipyramid	Rhombic fusil
Image (Face coloring)	(1111)	(1212)	(1112)	(1111)	(1111)
Coxeter diagram					
Schläfli symbol	{3,4}	r{3,3}	s{2,6} sr{2,3}	tt{2,4} { } + {4}	tr{2,2} { } + { } + { }
Wythoff symbol	4   3 2	2   4 3	2   6 2   2 3 2		
Symmetry	O <sub>h</sub> , [4,3], (*432)	T <sub>d</sub> , [3,3], (*332)	D <sub>3d</sub> , [2 <sup>+</sup> ,6], (2 <sup>-</sup> 3) D <sub>3</sub> , [2,3] <sup>+</sup> , (322)	D <sub>4h</sub> , [2,4], (*422)	D <sub>2h</sub> , [2,2], (*222)
Order	48	24	12 6	16	8

Gambar 1. Elemen Diskritisasi

Gaya atau reaksi dalam yang timbul persatuan luas disebut sebagai **Tegangan**. Tegangan dibedakan menjadi dua yaitu *engineering stress* dan *true stress*. Dalam praktek teknik, gaya umumnya diberikan dalam pound atau newton, dan luas yang menahan dalam inch<sup>2</sup> atau mm<sup>2</sup>. Akibatnya tegangan biasanya dinyatakan dalam pound/inch<sup>2</sup> yang sering disingkat psi atau Newton/mm<sup>2</sup> (MPa) [2]. Tegangan yang dihasilkan pada keseluruhan benda tergantung dari gaya yang bekerja. Dalam praktek, kata tegangan sering memberi dua pengertian :

- a) Gaya per satuan luas atau intensitas tegangan, yang umumnya ditunjukkan sebagai tegangan satuan.
- b) Gaya dalam total suatu batang tunggal yang umumnya dikatakan sebagai tegangan total Pada saat benda menerima beban sebesar P kg, maka benda akan bertambah panjang sebesar ΔL mm. Saat itu pada

material bekerja tegangan yang dapat dihitung dengan rumus (*engineering stress*):

$$\sigma = F/A_0 \quad (2)$$

σ = tegangan (pascal, N/m<sup>2</sup>), F = beban yang diberikan (Newton, dyne) A<sub>0</sub> = luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>).

Sedangkan *true stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (actual).

True stress dapat dihitung dengan:

$$\sigma = F/A \quad (3)$$

σ = True stress (MPa), F = Gaya (N), A = Luas permukaan sebenarnya (mm<sup>2</sup>).

**Regangan** didefinisikan sebagai perubahan panjang material dibagi panjang awal akibat gaya tarik ataupun gaya tekan pada material. Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan akan linier dan akan berakhir sampai pada titik mulur. Hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai batasan fase sifat plastis. Regangan dibedakan menjadi dua, yaitu:

*engineering strain* dan *true strain*. *Engineering strain* adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal), sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula dengan:

$$e_{eng} = \frac{La - Lo}{Lo} = \frac{\Delta L}{Lo} \quad (4)$$

$\Delta L$  = Perubahan panjang,  $Lo$  = Panjang mula-mula,  $L$  = Panjang setelah diberi gaya. *True strain* dapat dihitung secara bertahap (*increment strain*), dimana regangan dihitung pada kondisi dimensi benda saat itu (sebenarnya) dan bukan dihitung berdasarkan panjang awal dimensi benda. Persamaan regangan untuk true strain ( $e$ ) adalah:

$$\varepsilon = \frac{La - Lo}{La} \quad (5)$$

Deformasi atau perubahan bentuk terjadi apabila bahan dikenai gaya. Selama proses deformasi berlangsung, material menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja. Perubahan bentuk secara fisik pada benda dibagi menjadi dua, yaitu deformasi plastis dan deformasi elastis. Penambahan beban pada bahan yang telah mengalami kekuatan tertinggi tidak dapat dilakukan, karena pada kondisi ini bahan telah mengalami deformasi total. Jika beban tetap diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan penguatan regangan (*strain hardening*) yang selanjutnya benda akan mengalami putus pada kekuatan patah [4]. Pada awal pembebanan akan terjadi deformasi elastis sampai pada kondisi tertentu, sehingga material akan mengalami

deformasi plastis. Pada awal pembebanan di bawah kekuatan luluh, material akan kembali ke bentuk semula. Hal ini dikarenakan adanya sifat elastis pada bahan. Elastisitas bahan sangat ditentukan oleh modulus elastisitas. Modulus elastisitas suatu bahan didapat dari hasil bagi antara tegangan dan regangan.

$$E = \sigma/e \quad (6)$$

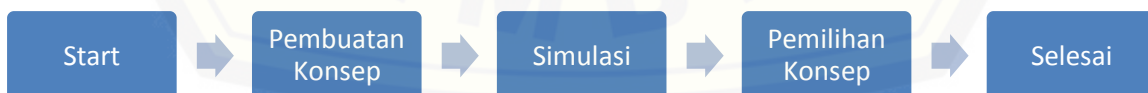
dengan:  $E$  = Modulus elastisitas  $\sigma$  = Tegangan (MPa)  $e$  = Regangan

Von mises (1913) menyatakan bahwa akan terjadi luluh kedua deviator tegangan  $J_2$  melampaui harga kritis tertentu. Peristiwa luluh akan terjadi pada saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk.

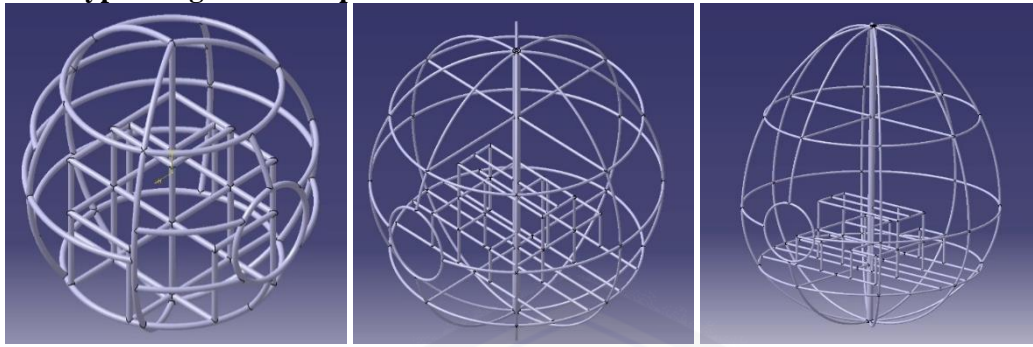
$$J_2 = k^2 \quad (7)$$

Tegangan von Mises digunakan untuk memprediksi tingkat keluluhan material terhadap kondisi pembebanan dari hasil pengujian tarik simple uniaksial. Keamanan terhadap struktur keseluruhan tekuk dicapai dengan membatasi faktor beban tekuk minimum menjadi lebih besar dari faktor keamanan yang ditentukan pengguna. Penting untuk menyebutkan bahwa elemen diverifikasi mengenai keakuratan distribusi tegangan dengan membandingkannya dengan tolak ukur literatur dan elemen padat yang mapan [5].

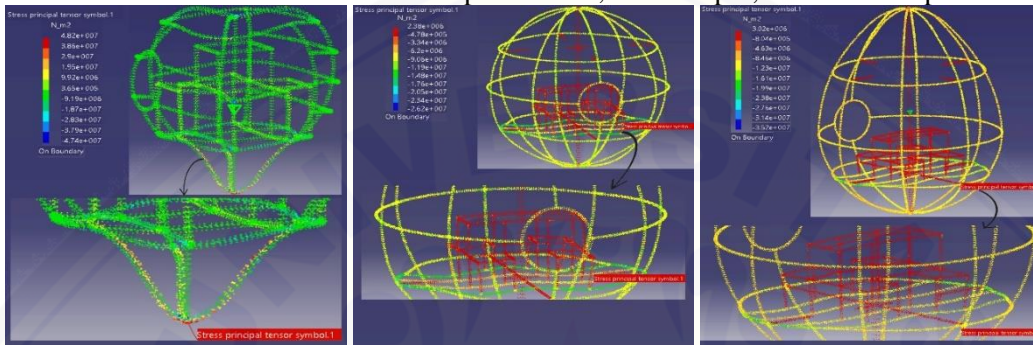
### Metodologi Penelitian



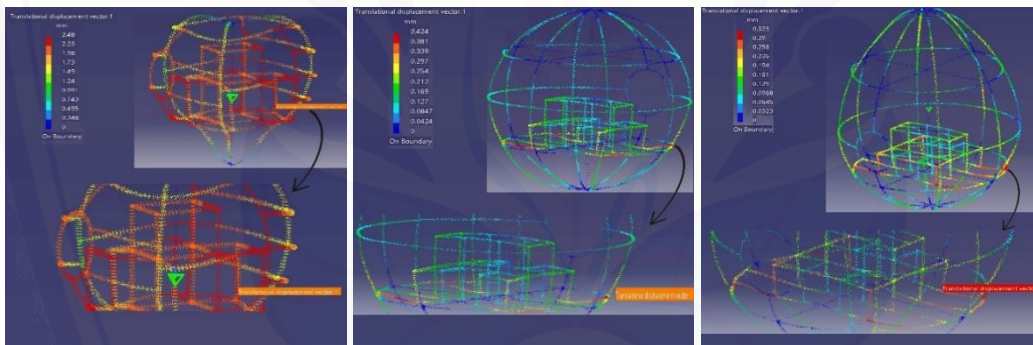
### Hasil dan Pembahasan Prototype Rangka dari Kapsul Tsunami



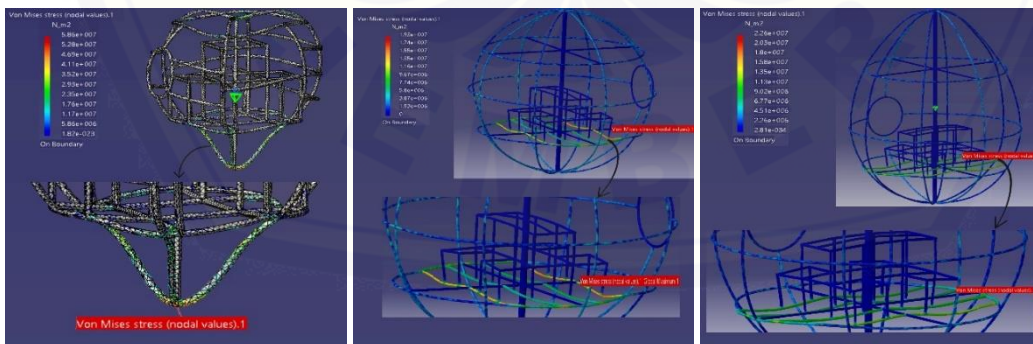
Gambar 4. A. Konsep Referensi, B.Konsep 1, dan C. Konsep 2



Gambar 5. Tegangan Prinsipal A. Konsep Referensi, B.Konsep 1, dan C. Konsep 2

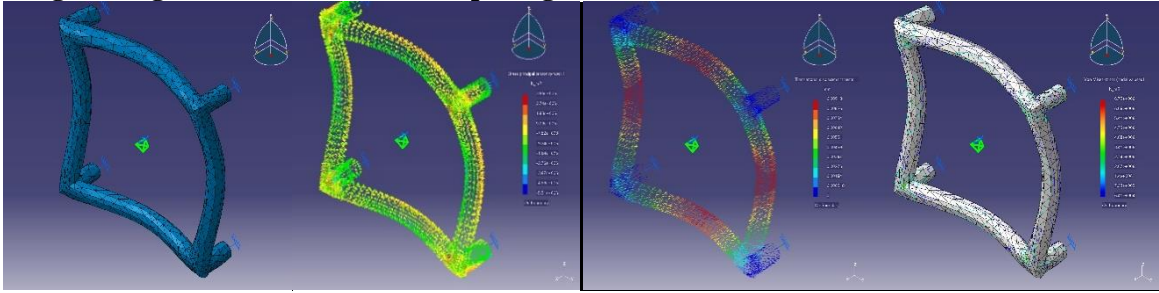


Gambar 6. Perubahan Panjang (La) A. Konsep Referensi, B.Konsep 1, dan C. Konsep 2

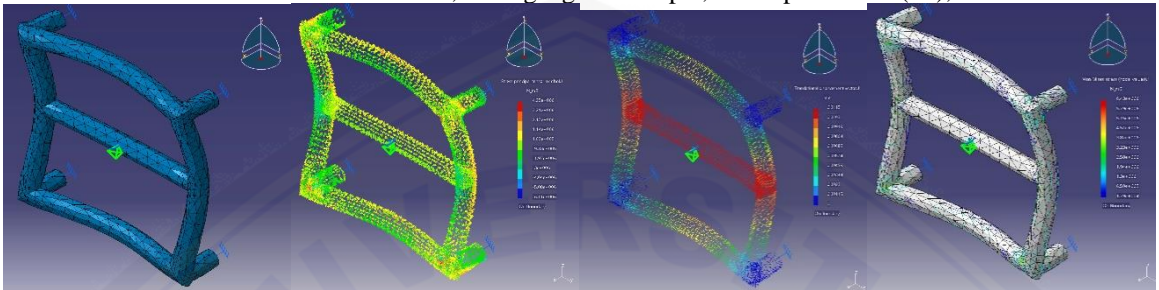


Gambar 7. Tegangan VonMises A. Konsep Referensi, B.Konsep 1, dan C. Konsep 2

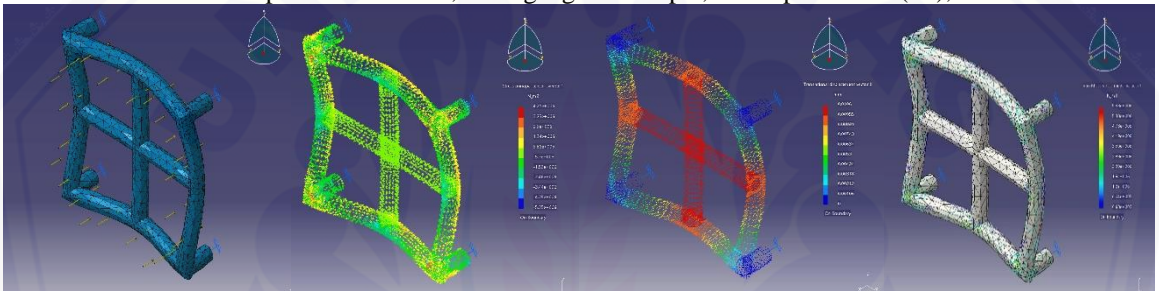
**Pengembangan dan Pemilihan Konsep Penguat**



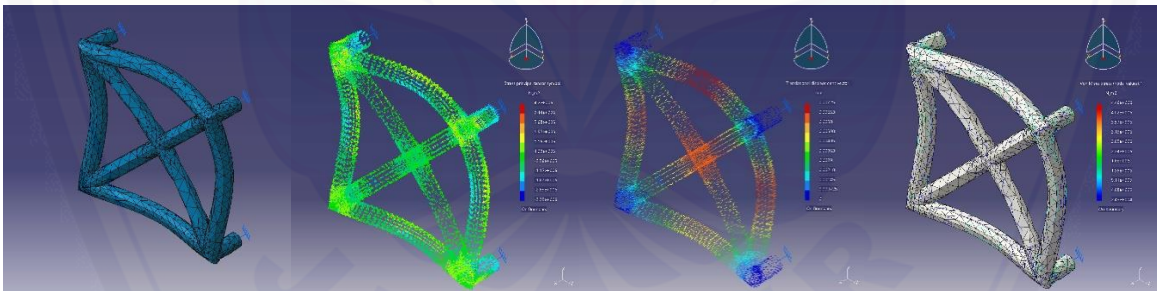
**Gambar 8.** Referensi A. Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



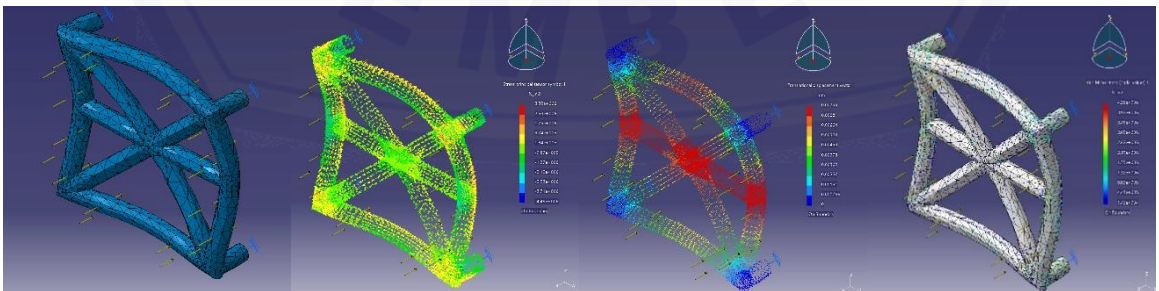
**Gambar 9.** Konsep 1 A. Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



**Gambar 10.** Konsep 2 A. Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises

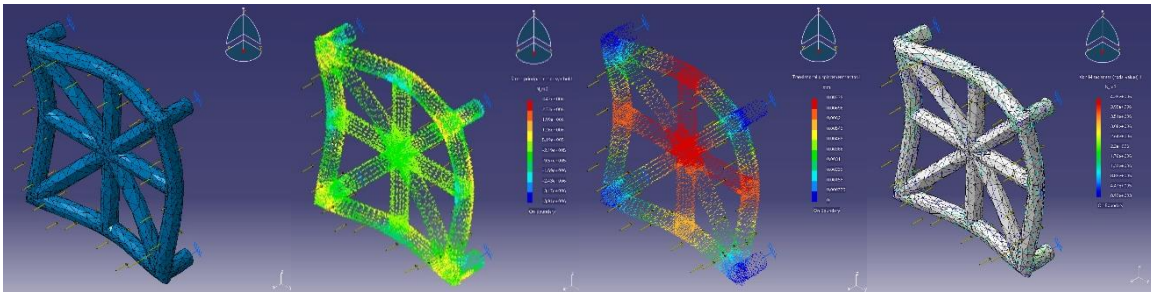


**Gambar 11.** Konsep 3 A. Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises

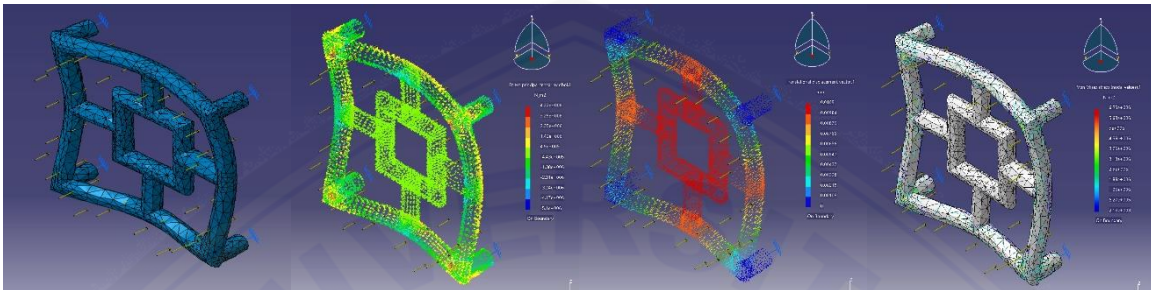


**Gambar 12.** Konsep 4 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises

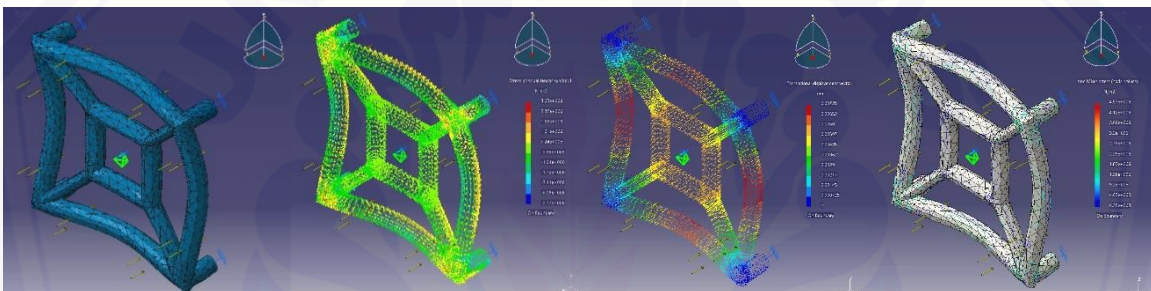




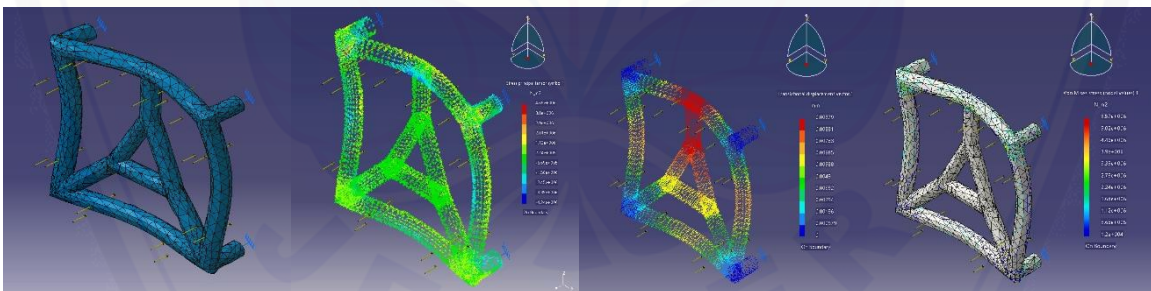
Gambar 13. Konsep 5 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



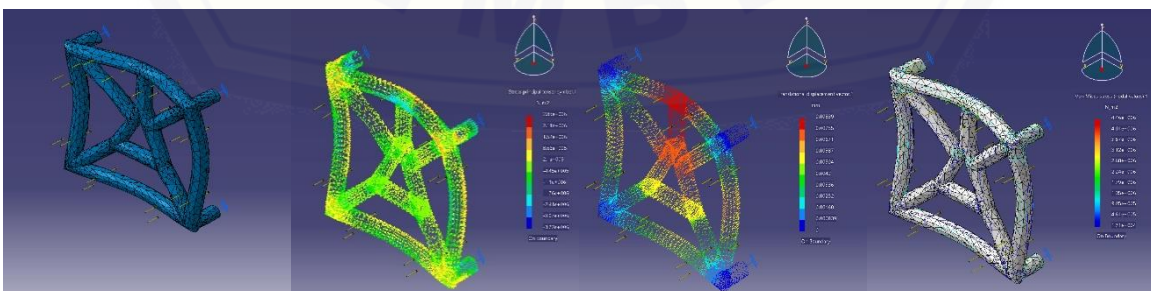
Gambar 14. Konsep 6 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



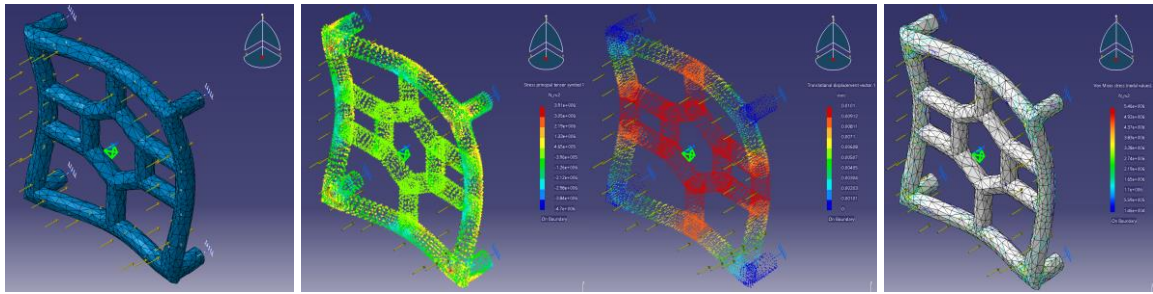
Gambar 15. Konsep 7 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



Gambar 16. Konsep 8 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises



Gambar 17. Konsep 9 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises

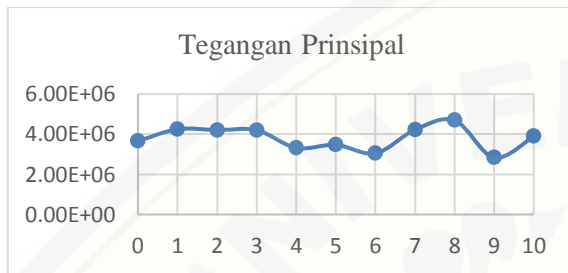


Gambar 18. Konsep 10 Deformasi, B. Tegangan Prinsipal, C. Displacement (La), D. VonMises

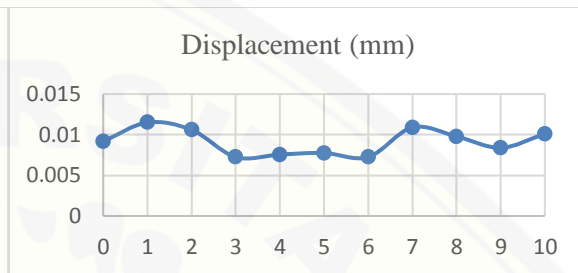


**Tabel 1.** Rating Pemilihan Konsep dengan 4 variable

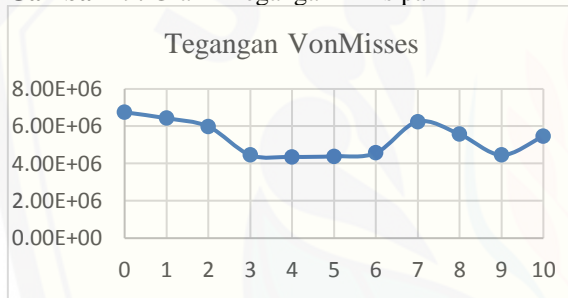
Konsep	Tegangan Prinsipal Maks (MPa)	La-Lo (mm)	Tegangan Vonmises Maksimum(MPa)	Estimation error	Modulus Elastis(MPa)	Rangking
Referensi	3.66E+06	0.00918	6.75E+06	8.47E-06	3.99E+08	10
Konsep 1	4.25E+06	0.01150	6.43E+06	9.77E-06	3.70E+08	11
Konsep 2	4.21E+06	0.01060	5.98E+06	8.18E-06	3.97E+08	9
Konsep 3	4.20E+06	0.00725	4.46E+06	2.61E-06	5.79E+08	3
Konsep 4	3.32E+06	0.00756	4.36E+06	2.36E-06	4.39E+08	2
Konsep 5	3.47E+06	0.00775	4.39E+06	2.76E-06	4.48E+08	4
Konsep 6	3.05E+06	0.00725	4.57E+06	2.13E-06	4.21E+08	1
Konsep 7	4.22E+06	0.01090	6.25E+06	6.05E-06	3.87E+08	6
Konsep 8	4.69E+06	0.00979	5.57E+06	8.47E-06	4.79E+08	5
Konsep 9	2.83E+06	0.00839	4.46E+06	3.28E-06	3.37E+08	7
Konsep 10	3.91E+06	0.01010	5.46E+06	6.47E-06	3.87E+08	10



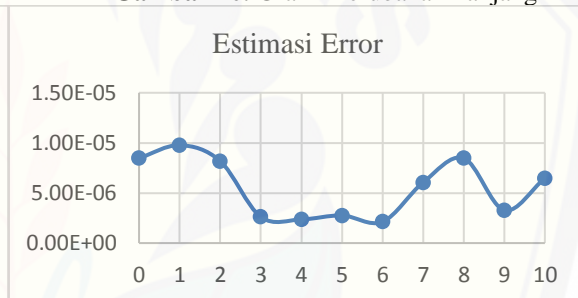
**Gambar 19.** Grafik Tegangan Prinsipal



**Gambar 20.** Grafik Perubahan Panjang



**Gambar 21.** Grafik Tegangan VonMises



**Gambar 22.** Grafik Estimasi Error

Dari hasil Pemilihan konsep pada Gambar 5-7 dengan pertimbangan parameter tegangan prinsipal, perubahan panjang akhir setelah pembebanan dan tegangan VonMises maka ditetapkan berdasarkan urutan terbaik adalah konsep 1, konsep 2, dan Referensi serta akan diberikan penguat. Perolehan rangking dari pemilihan konsep berdasarkan variable Tegangan Prinsipal, Displacement dan tegangan vonmises disajikan dalam Tabel 1. Dengan perolehan konsep penguat terbaik yaitu konsep 6 yang dibuktikan dengan rendahnya displacement, rendahnya tegangan principal dan tegangan vonmises serta lebih besarnya modulus Elastisitas. Sedangkan untuk konsep yang stabil bisa diamati pada gambar 19-22 yaitu konsep 3,4,5,6, dan 9 dengan perolehan rangking 1 diperoleh konsep 6.

### Kesimpulan

Hasil Simulasi menyatakan bahwa pemilihan konsep rangka dan penguat bisa disimpulkan sebagai berikut:

- Konsep Rangka dipilih menggunakan konsep 1,
- Konsep Penguat yang memiliki kesetabilan adalah konsep 3,4,5,6 dan 9 sedangkan yang akan dipilih menggunakan konsep 6.

### Ucapan Terima kasih

Penelitian ini dibiayai oleh LP2M Universitas Jember Tahun Akademik 2019/2020.

### Daftar pustaka

- [1] G.V. Nogueira, R.R. Paccola, H.B. Coda, "A consistent UVLWT formulation for

- laminated plane frame analysis considering semi-rigid connections” *Finite Elements in Analysis and Design*, 140, hlm. 59-83, 2018.
- [2] T. Dang Hoang, C. Herbelot, A. Imad, N. Benseddiq. “Numerical modelling for prediction of ductile fracture of bolted structure under tension shear loading.” *Finite Elements in Analysis and Design*, 67, hlm. 56-65, 2013.
- [3] P.Aerias, T. Rabbcszuk. “Steiner-point free edge cutting of tetrahedral meshes with applications in fracture.” *Finite Elements in Analysis and Design*, 132, hlm. 27-41, 2017.
- [4] Navid Changizi, Mehdi Jalalpour. “Topology optimization of steel frame structures with constraints on overall and individual member instabilities.” *Finite Elements in Analysis and Design*, 141, hlm. 119-134, 2018.
- [5] Sascha Duczak, Fabian Duvingneau, Ulrich Gabbert. The finite cell method for tetrahedral meshes. *Finite Elements in Analysis and Design*, 121, hlm. 18-32, 2016.