

## SIMULASI PEMBEBANAN IMPAK PADA HELMET SEPEDA MATERIAL KOMPOSIT BUSA POLIMER DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Pradipta S. S.<sup>1</sup>, Bustami Syam<sup>2</sup>, M. Sabri<sup>3</sup>, Tugiman<sup>4</sup>, Ikhwansyah Isranuri<sup>5</sup>, Syahrul Abda<sup>6</sup>, Mahadi<sup>7</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara  
Email : sigitsaelan92@gmail.com

### ABSTRAK

Helmet adalah alat yang digunakan sebagai pengaman bagian vital manusia yaitu kepala dari benturan yang berbahaya. Desain helmet sepeda berbeda dari helmet sepeda motor karena kecepatan sepeda hanya sekitar 15 km/jam. Pada umumnya beban dampak yang dialami pada *helmet* sepeda terjadi pada sisi samping dan belakang. Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan perlu dilakukan simulasi dan verifikasi simulasi pengujian dampak jatuh bebas dilakukan dengan eksperimental uji dampak jatuh bebas. Penelitian ini melakukan simulasi pembebanan dampak pada helmet sepeda. Helmet dimodel dengan menggunakan Solidwork 2013 dan disimulasi menggunakan *software* ANSYS 14.0 *Workbench* yang berbasis *Finite Element Method* (FEM) untuk dibandingkan dengan helmet yang diuji secara eksperimental. Pada penelitian ini, berhasil ditemukan bahwa dari hasil simulasi uji dampak jatuh bebas sisi samping helmet pada ketinggian 1 m dan kecepatan 4429 mm/s diperoleh tegangan maksimum 1,405 Mpa dan tegangan pada sisi samping adalah 0,938 MPa, untuk sisi belakang dengan tinggi dan waktu yang sama diperoleh tegangan maksimum 0,905 Mpa sementara tegangan pada sisi belakang helmet adalah 0,603 MPa. Regangan maksimum yang diperoleh pada simulasi uji dampak jatuh bebas sisi samping helmet adalah 0,04, untuk sisi belakang helmet diperoleh regangan maksimum 0,043. Dari pengujian dampak jatuh bebas diperoleh tegangan sisi samping 1,029 MPa, dan untuk sisi belakang diperoleh 0,683 MPa. Dengan membandingkan tegangan hasil simulasi dan hasil eksperimental uji dampak jatuh bebas sisi samping selisih 0,091 MPa atau 9,73%, sedangkan untuk sisi belakang diperoleh selisih 0,08 MPa atau 13,26%.

*Kata kunci: Helmet Sepeda, Software ANSYS 14.0, Dampak jatuh bebas*

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan material komposit busa polimer sangat luas pengaplikasiannya, diantaranya yaitu pada material insulasi panas, *lightweight construction*, peradam getaran dan suara, serta peredam dampak.

Keunggulan komposit busa polimer untuk mengurangi berat menjadi nilai tambah Sejak penggunaan *blowing agent* konvensional seperti *mono fluoro trichloro methane* (R11) dan *difluoro dichloro methane* (R12) dinyatakan mengakibatkan penipisan ozon, penggunaan *blowing agent* yang ramah lingkungan dalam rekayasa material busa polimer menjadi isu yang penting.

Pada penelitian ini digunakan *blowing agent* berupa sodium bikarbonat dan asam asetat yang biasanya digunakan dalam industri makanan dan tentu aman bagi lingkungan dan kesehatan.

Serat alam yang digunakan sebagai penguat adalah serat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang telah diteliti di Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara sejak tahun 2009. Serat TKKS merupakan serat alam yang diolah dari tandan kosong kelapa sawit sisa dari proses produksi *crude palm oil*. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serat alam dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diperkirakan ekonomis dan dikembangkan menjadi material alternatif yang hemat energi dan ramah lingkungan. TKKS merupakan limbah dari pengolahan kelapa sawit yang selama ini hanya dibuang begitu saja atau dimanfaatkan sebagai pupuk alam atau dibakar untuk menghasilkan abu gosok. Pemanfaatan limbah TKKS ini menjadi produk yang berdaya guna sudah dilakukan dewasa ini, diantaranya marka kerucut lalu lintas, *bumper parking*, bola golf, pipa dan papan partikel.

Helmet sepeda dengan komposit busa polimer sudah dikembangkan sebelumnya namun *blowing agent* yang digunakan yaitu poliuretan dinyatakan tidak ramah lingkungan sehingga helmet

sepeda dengan material yang ramah lingkungan layak untuk dikembangkan. Material yang digunakan untuk membuat helm sepeda ini sangat baru, sehingga harus ditemukan dulu proses dan cara pembuatannya serta mengetahui komposisi yang tepat. Disisi lain apabila berhasil, helm sepeda ini akan memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Helmet adalah alat yang digunakan sebagai pengaman bagian vital manusia yaitu kepala dari benturan yang berbahaya. Helmet yang digunakan oleh pengguna sepeda, didesain berbeda dari helm sepeda motor karena kecepatan sepeda hanya sekitar 15 km/jam.[1]

Komposit adalah penggabungan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang baru dan unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusunnya. Material komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu matriks dan penguat (reinforcement).[2]

Keunggulan komposit dapat dilihat dari sifat-sifat bahan pembentuknya serta ciri-ciri komposit itu sendiri, antara lain:

- Bahan ringan, kuat dan kaku.
- Struktur mampu berubah mengikuti perubahan keadaan sekitarnya.
- Unggul atas sifat-sifat bahan teknik yang diperlukan yaitu kekuatan yang tinggi, keras, ringan serta tahan terhadap impact.

Material yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu komposit busa polimer diperkuat serat TKKS sebagai bahan teknik alternatif. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa parameter tipikal tandan kosong kelapa sawit per kg mayoritas adalah 35% serat dan 29% larutan alkali, dengan unsure lainnya dengan persentase 0,06-5,40%.[3] Komposit ini menggunakan *unsaturated polyester resin* (UPR) sebagai matrik dan serat TKKS yang telah di-*treatment*, sebagai penguat. Untuk mendapatkan busa (*foam*), sodium bikarbonat yang digunakan sebagai *blowing agent* direaksikan dengan asam asetat serta diberi panas, setelah proses curing diperoleh komposit busa polimer dengan densiti rendah.[4]

Dari material diatas dibuat dalam beberapa spesimen uji yang divariasikan ke dalam tiga komposisi seperti diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.3. Komposisi spesimen

Spesimen	Resin (wt%)	Serat TKKS (wt%)	<i>Blowing Agent</i> (wt%)
A	80	5	15
B	77.5	7.5	15
C	75	10	15

Selama ini helm industri diuji menggunakan standar teknik jatuh bebas. Pengujian standard ini bertujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan helm dalam menyerap energi impact (impact energy test), Selain itu uji standar juga bertujuan meneliti kepatahan rusak helm (penetration test) yang memungkinkan merusak lapisan cangkang helm.[5]

Sebuah benda jatuh bebas dari keadaan semula berhenti mengalami pertambahan kecepatan selama benda tersebut jatuh. Jika benda jatuh ke bumi dari ketinggian tertentu relatif lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari bumi, maka benda mengalami pertambahan kecepatan dengan harga yang sama setiap detik.[6]

Untuk menyelesaikan masalah numerik digunakan alat bantu *software* Ansys. Dengan Ansys, kita dapat mengimport geometri IGES atau dengan membuat geometri sendiri dengan Ansys.

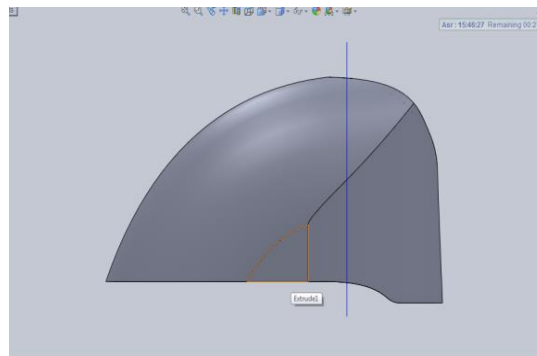
Metode elemen hingga merupakan metode yang digunakan oleh para *engineer* untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis yang dihadapinya. Adapun permasalahan teknik dan problem matematis yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu masalah analisa struktur dan non struktur. [7]

Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam metode elemen hingga dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

- Pemilihan tipe elemen dan diskritisasi.
- Pemilihan fungsi pemindahan/fungsi interpolasi.
- Mencari hubungan *strain-displacement* dan *stress-strain*.

### 3. METODOLOGI

Desain helm sepeda digambar dengan *software* solidwork 2013. Desain helm dibuat sederhana. Struktur *helm* sepeda yang dijadikan objek penelitian mempunyai dimensi panjang 265 mm, lebar 210 mm, dan tinggi 145 mm dengan lingkaran kepala 540 s.d 580 mm. Desain helm sepeda yang telah selesai dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain helm sepeda sederhana

*Software* yang digunakan adalah ANSYS 14 *Workbench* dengan basis Metode Elemen Hingga (MEH). Langkah simulasi dengan menggunakan program ANSYS *Workbench* dapat dilakukan melalui 8 langkah, yaitu:

1. ANSYS *Workbench*
2. *Engineering Data*
3. ANSYS *Design Modeler*
4. Membuat *Anvil Rata*
5. ANSYS *Mechanical*
6. ANSYS *Solution*
7. ANSYS *Solver*
8. ANSYS *Post-Processor*

Adapun data simulasi yang diperlukan meliputi:

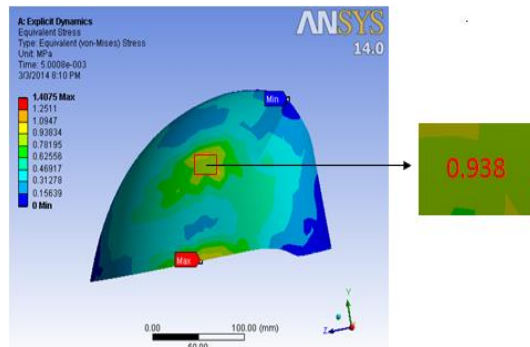
1. Massa jenisnya adalah  $665 \text{ kg/m}^3$ .
2. *young's modulus* 37.859 Mpa.
3. poisson ratio 0.33.
4. Kecepatan awal ( $v$ ) 4429 mm/s.
5. Anvil material *structural steel*.
6. Kekakuan material helm *flexible* dan material anvil *rigid*.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan diberikan pada bagian samping dan belakang dari struktur *helm* sepeda. Ini dikarenakan bagian tersebut merupakan bagian yang memiliki kemungkinan terbesar mengalami benturan.

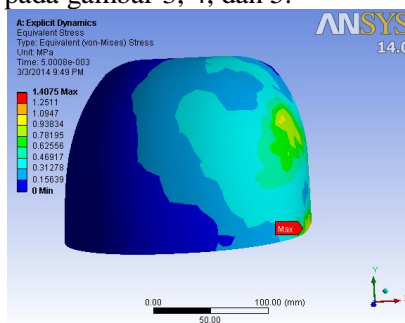
#### Hasil Simulasi Sisi Samping Helm

Pada gambar 2 yaitu pada sisi kiri yang mengalami dampak jatuh bebas, dapat dilihat hasil distribusi tegangan dari simulasi didapat bahwa tegangan maksimum sebesar 1,40 MPa, sementara untuk daerah dampak tegangan yang terjadi adalah sebesar 0,938 MPa.

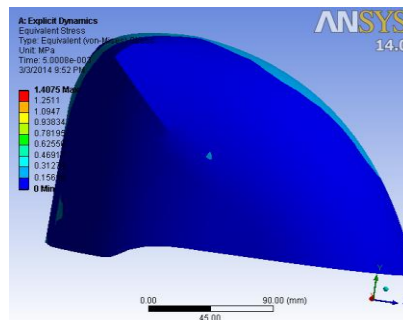


Gambar 2. Distribusi tegangan pada sisi kiri helmet sepeda

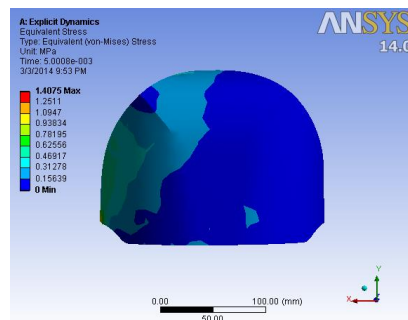
Selain distribusi tegangan pada sisi kiri yang mengalami dampak jatuh bebas, juga dapat diamati distribusi tegangan yang terjadi pada sisi depan, sisi kanan dan sisi belakang helmet yang mana dapat dilihat secara berurut pada gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Distribusi tegangan pada sisi depan helmet sepeda

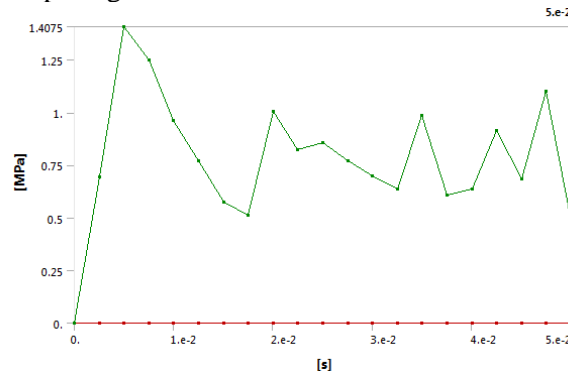


Gambar 4. Distribusi tegangan pada sisi kanan helmet sepeda



Gambar 5. Distribusi tegangan pada sisi belakang helmet sepeda

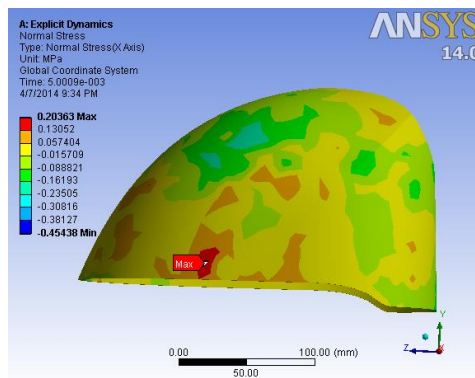
Titik terjadinya tegangan maksimum adalah pada *Node ID* : 258 yaitu pada koordinat (100,5 , 15,122 , -121,11 ). Secara grafik besarnya nilai tegangan dari simulasi uji impact jatuh bebas sisi samping helm diperlihatkan pada gambar 6.



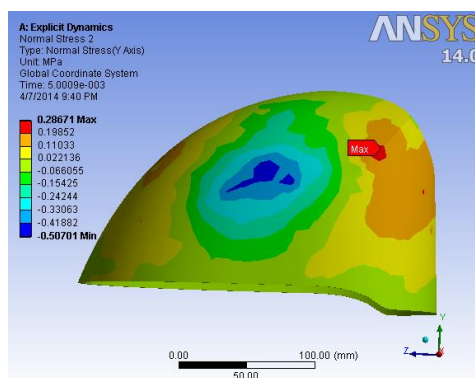
Gambar 6. Grafik *equivalent stress*

Pada gambar 6 menunjukkan grafik tegangan terhadap waktu dan tegangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 1,407 MPa pada waktu 5 ms.

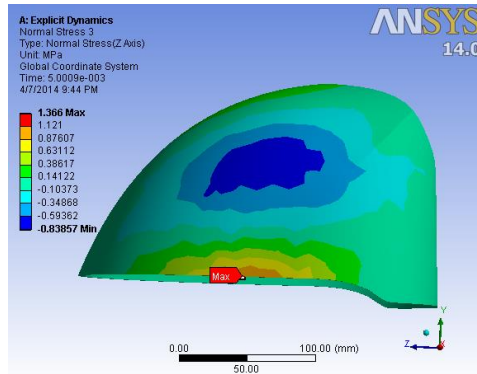
Untuk distribusi tegangan normal pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z dari simulasi uji impact jatuh bebas sisi kiri helm diperoleh distribusi tegangan yang dapat dilihat secara berurut pada gambar 7, 8, dan 9.



Gambar 7. Distribusi tengeran normal pada sumbu-x



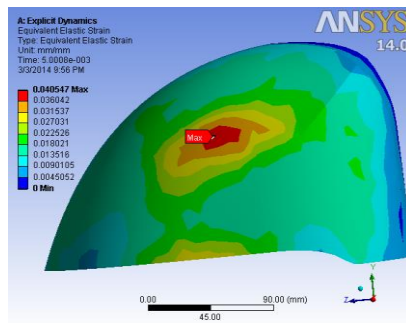
Gambar 8. Distribusi tengeran normal pada sumbu-y



Gambar 9. Distribusi tegangan normal pada sumbu-z

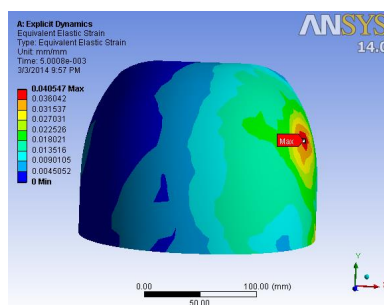
Tegangan maksimum yang terjadi pada sumbu-x adalah sebesar 0,203 MPa. Tegangan maksimum pada sumbu-y adalah sebesar 0,286 MPa. Untuk tegangan maksimum pada sumbu-z adalah sebesar 1,366 MPa.

Selain tegangan, dari simulasi juga didapatkan hasil distribusi regangan seperti pada gambar 10.



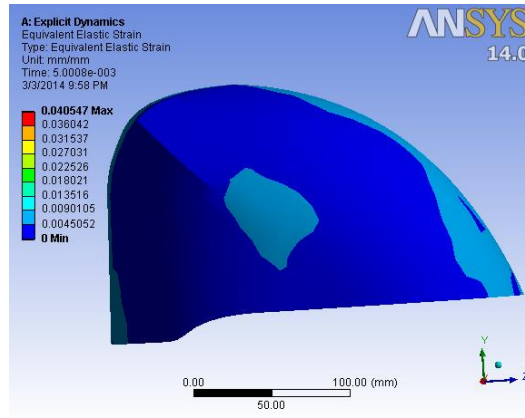
Gambar 10. Distribusi regangan pada sisi kiri helmet sepeda

Dari gambar 10 diperoleh regangan maksimum sebesar 0,04. Dapat diamati juga distribusi regangan yang pada sisi depan, sisi kanan dan sisi belakang helmet dan dapat dilihat secara berurut pada gambar 11, 12, dan 13.

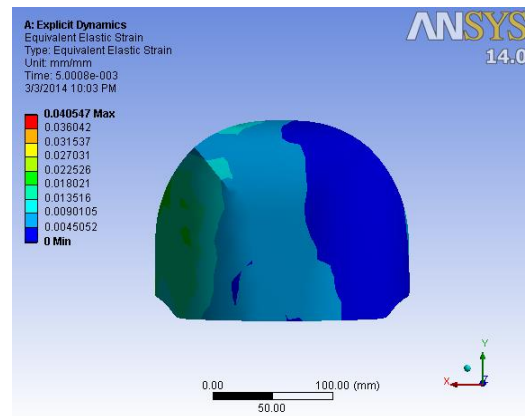


Gambar 11. Distribusi regangan pada sisi depan helmet



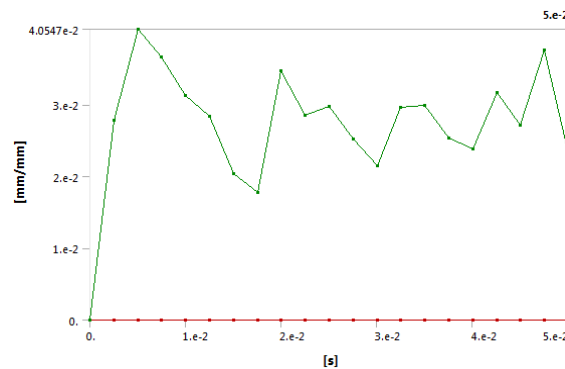


Gambar 12. Distribusi regangan pada sisi kanan *helmet*



Gambar 13. Distribusi regangan pada sisi belakang *helmet*

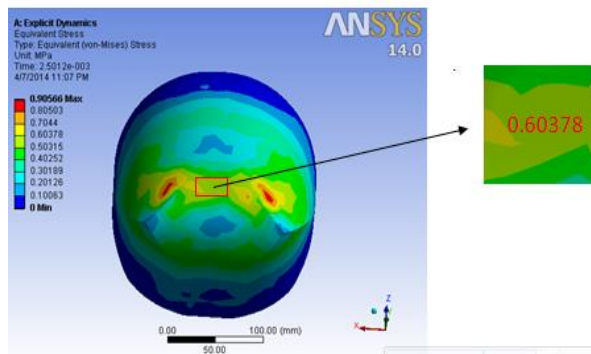
Secara grafik besar nilai regangan dari simulasi uji impak jatuh bebas sisi samping *helmet* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik *equivalent elastic strain*

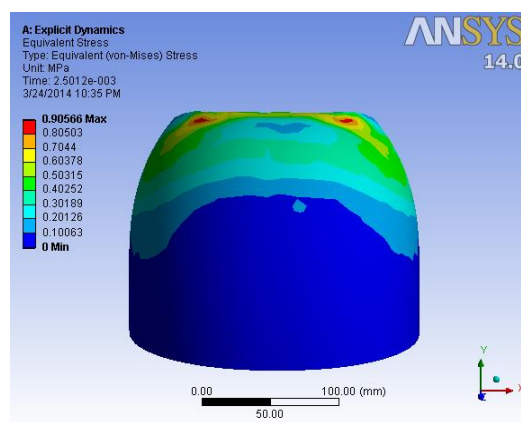
**Hasil Simulasi Sisi Belakang *Helmet***

Pada gambar 16 dapat dilihat hasil distribusi tegangan dari simulasi didapat bahwa tegangan maksimum sebesar 1,905 MPa, sementara untuk daerah impak tegangan yang terjadi adalah sebesar 0,603 MPa.

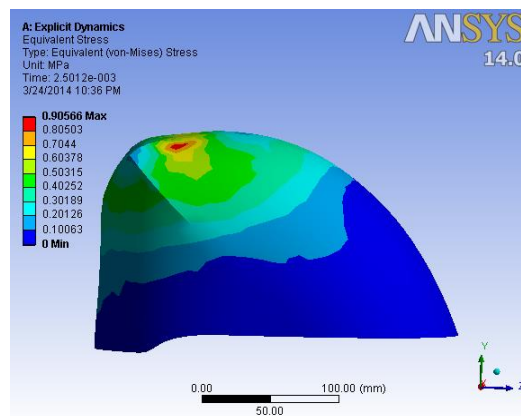


Gambar 15. Distribusi tegangan pada sisi belakang helm sepeda

Selain distribusi tegangan pada sisi belakang, dapat diamati distribusi tegangan pada sisi depan dan sisi samping helm dapat dilihat secara berurut pada gambar 16, dan 17.



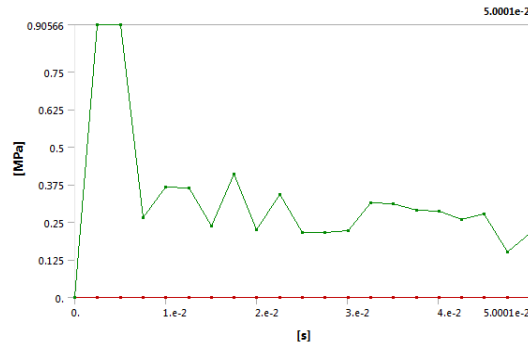
Gambar 16. Distribusi tegangan pada sisi depan helm sepeda



Gambar 17. Distribusi tegangan pada sisi samping helm sepeda

Titik terjadinya tegangan maksimum adalah pada *Node ID* : 1053 yaitu pada koordinat (-54,777 , 151,55 , -208,86 ). Secara grafik besarnya nilai tegangan dari simulasi uji impact jatuh bebas sisi belakang helm diperlihatkan pada gambar 18.

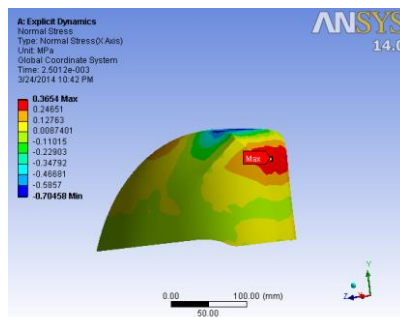




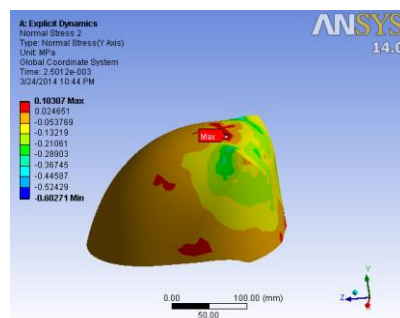
Gambar 18. Grafik *equivalent stress*

Pada gambar 18 menunjukkan grafik tegangan terhadap waktu dan tegangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,905 MPa pada waktu 2,5 ms.

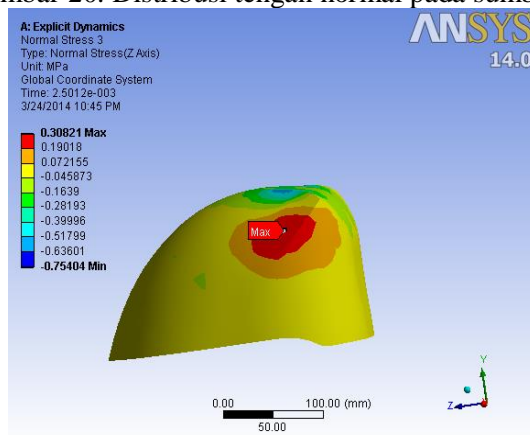
Untuk distribusi tegangan normal pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z dari simulasi uji impact jatuh bebas sisi belakang helm diperoleh distribusi tegangan yang dapat dilihat secara berurutan pada gambar 19, 20, dan 21.



Gambar 19. Distribusi tegan normal pada sumbu-x



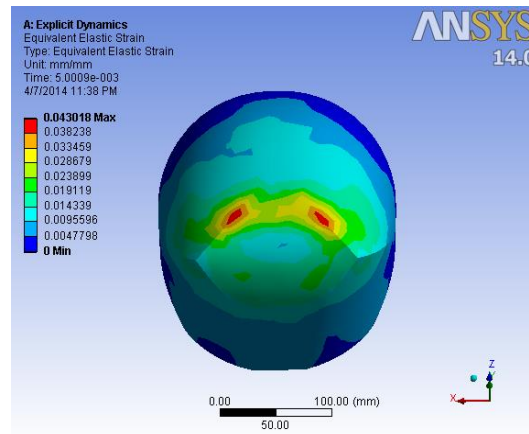
Gambar 20. Distribusi tegan normal pada sumbu-y



Gambar 21. Distribusi tegan normal pada sumbu-z

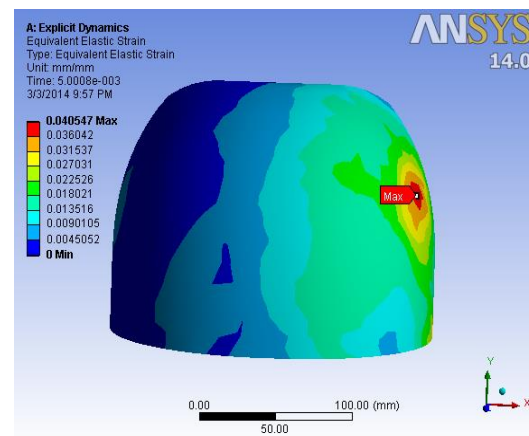
Tegangan maksimum yang terjadi pada sumbu-x adalah sebesar 0,365 MPa. Sementara pada sumbu-y tegangan maksimum adalah sebesar 0,103 MPa. Untuk sumbu-z tegangan maksimum adalah sebesar 0,308 MPa

Selain tegangan, dari simulasi juga didapatkan hasil distribusi regangan seperti pada gambar 22.

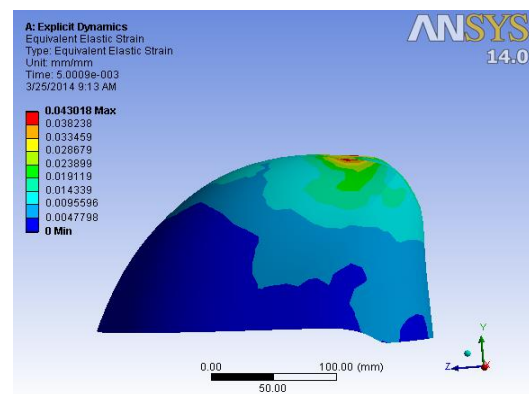


Gambar 22. Distribusi regangan pada sisi belakang helm sepeda

Dari gambar 22 diperoleh regangan maksimum sebesar 0,043. Selain distribusi regangan pada sisi belakang, dapat diamati pula distribusi regangan yang terjadi pada sisi depan dan sisi samping helm yang mana dapat dilihat secara berurutan pada gambar 23, dan 24.

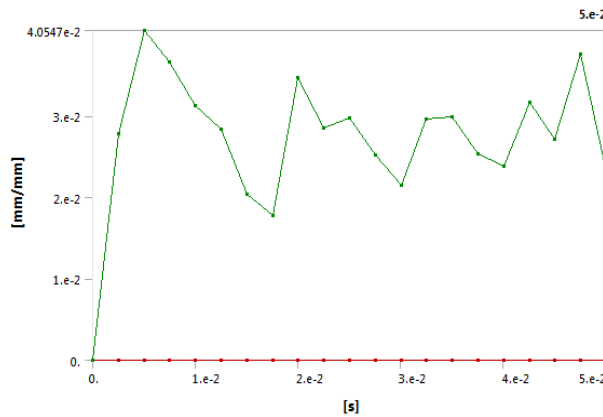


Gambar 23. Distribusi regangan pada sisi depan *helm*



Gambar 24. Distribusi regangan pada sisi samping *helm*

Secara grafik besar nilai regangan dari simulasi uji impact jatuh bebas sisi samping helmet dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar 25. Grafik *equivalent elastic strain*

**Kumpulan Data Hasil Pengujian Jatuh Bebas Secara Eksperimental**

Pengujian impact jatuh bebas terhadap sisi samping *helmet* sepeda pada ketinggian 1 meter diperoleh data-data, antara lain:

- a. Gaya rata-rata adalah 257,33N.
- b. Luas area impact 250 mm<sup>2</sup>.
- c. Tegangan yang terjadi adalah 1,029 MPa.

Pengujian impact jatuh bebas terhadap sisi belakang *helmet* sepeda pada ketinggian 1 meter diperoleh data-data, antara lain:

- a. Gaya rata-rata adalah 239 N.
- b. Luas area impact 350 mm<sup>2</sup>.
- c. Tegangan yang terjadi adalah 0,683 MPa.

**Perbandingan Tegangan Simulasi dengan Uji Eksperimental**

Dari hasil simulasi *ANSYS Workbench 14.0* akibat impact jatuh bebas sisi samping helmet diperoleh tegangan maksimum *Solid Von Mises* pada *helmet* sepeda adalah 1,405 MPa, regangan maksimum 0,040. Sementara tegangan yang terjadi pada sisi samping adalah 0,938 MPa. Perbandingan antara simulasi dengan hasil experimental dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan hasil simulasi dengan ansys dan eksperimental sisi kiri helmet

Tegangan (MPa)		Regangan (m/m)	
ANSYS	Eksperimental	ANSYS	Eksperimental
0,938	1,029	0,040	-

Dari hasil simulasi *ANSYS Workbench 14.0* akibat impact jatuh bebas sisi belakang helmet diperoleh tegangan maksimum *Solid Von Mises* adalah 0,905 MPa, regangan maksimum 0,043. Sementara tegangan pada sisi belakang helmet adalah 0,603 MPa. Perbandingan antara simulasi dengan hasil experimental dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2. Perbandingan hasil simulasi dengan ANSYS dan eksperimental sisi belakang helmet

Tegangan (MPa)		Regangan (m/m)	
Experimental	ANSYS	Experimental	ANSYS
0,683	0,603	-	0,043

### Diskusi

Pada simulasi uji impact sisi samping helmet diketahui bahwa tegangan area impact adalah 0,938 MPa sedangkan pada daerah yang berkontur merah terjadi pemusatan tegangan dan terjadi tegangan maksimum dengan nilai 1,405 MPa, pada titik ini lah terjadinya keretakan atau kegagalan pertama kali dan mnjalar sampai pada daerah aman yang berkontur biru. Dan dari distribusi tegangan normal dapat dilihat tegangan terbesar terjadi kearah x.

Sementara pada simulasi uji impact sisi belakang helmet sepeda tegangan pada daerah impact adalah 0,603 MPa dan daerah yang berkontur merah terletak pada sebelah kiri dan sebelah kanan daerah impact yang mana menunjukkan didaerah tersebut terjadi pemusatan tegangan dan terjadinya tegangan maksimum dengan nilai 0,905 MPa pada daerah ini lah diindikasi terjadinya keretakan atau kerusakan pertama kali. Pada distribusi tegangan normal dilihat penyebaran tegangan terjadi cukup merata pada arah x, y, dan z dengan tegangan tertinggi terjadi pada arah z dengan nilai 0,368 MPa dan terendah pada arah y dengan nilai 0,1 MPa.

### 5. KESIMPULAN

Setelah seluruh penelitian dilaksanakan serta menganilasi seluruh hasil, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi uji impact jatuh bebas sisi samping helmet dengan ketinggian 1 meter dan kecepatan 4429 mm/s diperoleh tegangan maksimum 1,405 MPa dan tegangan pada sisi samping 0,938 MPa, untuk sisi belakang dengan tinggi dan waktu yang sama diperoleh tegangan maksimum 0,905 MPa dan tegangan pada sisi belakang 0,603 MPa. Dari simulasi juga didapat distribusi regangan dan regangan maksimum yang diperoleh pada simulasi uji impact jatuh bebas sisi samping helmet adalah 0,04, sedangkan untuk sisi belakang helmet diperoleh regangan maksimum 0,043.
2. Dengan membandingkan tegangan yang terjadi pada hasil simulasi dan hasil eksperimental uji impact jatuh bebas sisi samping diperoleh tegangan hasil simulasi 0,938 MPa dan hasil eksperimental 1,029 MPa maka diperoleh selisih 0,091 MPa atau berbeda 9,73%, sedangkan untuk sisi belakang diperoleh tegangan hasil simulasi 0,603 MPa sedangkan hasil eksperimental 0,683 MPa maka diperoleh selisih 0,08 MPa atau berbeda 13,26%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://id.wikipedia.org/wiki/Helm/>  
31 Januari 2014 jam 21:00
- [2] Chawla, K.K. 1987. *Composite materials*, First Ed. Berlin: Springer-Verlag New York Inc.
- [3] Nuryanto, E. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Bahan Kimia. *Warta PPKS* : 137-144. 2004.
- [4] Zulfikar. 2010. Pembuatan dan Penyelidikan Diperkuat Serat TKKS Akibat Beban Statik d USU.
- [5] Rahmat K.S. 2011. Pengukuran Helmet Sepeda Motor Yang Dikenai Beban Impact Menggunakan Metode Jatuh Bebas, Tesis Master, USU.
- [6] Khurmi R.S. AN ISO 9001 : 2000 Company., *A Text Book of Mechanical Engineering*, S. Chand & Company Ltd., Ram – Nagar, New Delhi – 110055.
- [7] Mhd Daud Pinem. 2013. ANALISIS SISTEM MEKANIK ANSYS. Bandung : Wahana Ilmu Kita.