

# Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen Rangka Mesin Uji Tarik *Sealent* Menggunakan *Solidworks*

Dian Prabowo<sup>1</sup>, Unggul Satria Jati<sup>2</sup>, Ulikaryani<sup>3\*</sup>, Probo Hardini<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>1, 2, 3</sup>Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

<sup>4</sup>Jl. Mayjend. Sungkono KM 5 Kalimanah, Purbalingga, 53371, Indonesia

E-mail: diansheva@yahoo.co.id<sup>1</sup>, unggulsatria.jati@pnc.ac.id<sup>2</sup>, ulikaryani@pnc.ac.id<sup>3</sup>, probohardini@unsoed.ac.id<sup>4</sup>

## Info Naskah:

Naskah masuk: 7 Juni 2023

Direvisi: 10 Juli 2023

Diterima: 10 Juli 2023

## Abstrak

Serangkaian proses dilakukan guna memperoleh hasil produk yang diinginkan. Salah satu proses yang dilakukan adalah pengujian kekuatan polimer dengan cara dilakukan pengujian tarik, dalam hal ini pengujian *sealent* yang berbahan dasar polimer. Metode yang dilakukan yaitu dengan metode simulasi pembebanan rangka pada mesin uji Tarik yang telah dibuat. *Software* yang digunakan untuk membantu proses simulasi adalah *SolidWorks*. Simulasi dilakukan dengan *mode static* atau pembebanan yang bersifat tetap (tidak terdapat gerakan atau getaran). Simulasi *Stress Analysis* dilakukan untuk mendapatkan hasil pembebanan statik berupa  $\sigma$  (tegangan). Simulasi pembebanan pada rangka mesin uji tarik untuk pengujian tarik *sealent* dilakukan pada komponen dari rangka dengan variasi pembebanan yang berbeda. Komponen rangka dengan pembebanan ke arah atas diberi beban rata-rata 38,5 MPa. Sedangkan, Komponen rangka dengan pembebanan ke arah bawah diberi beban rata-rata 6,169 MPa. Tegangan rata-rata terbesar dari masing-masing komponen diperoleh yaitu 0,326 N/mm<sup>2</sup>. Nilai tersebut tidak melebihi dari *yield strength* yaitu 235 N/mm<sup>2</sup>.

## Abstract

A series of processes are carried out in order to obtain the desired product result. One of the processes carried out is testing the strength of polymers by means of tensile testing in this case testing of polymer-based sealants. The method used is the method of simulating frame loading on the tensile testing machine that has been made. The software used to assist the simulation process is SolidWorks. The simulation is carried out in static mode or a fixed loading (no movement or vibration). A stress Analysis Simulation is carried out to get the result of static loading in the form of  $\sigma$  (stress). Loading simulations on the frame of the tensile testing machine for the tensile testing of the sealant are carried out on the components of the frame with different loading variations. Frame components with upward loading are given an average load of 38.5 MPa. Meanwhile, the frame components with downward loading are given an average load of 6.169 MPa. The largest average stress obtained from each component is 0.326 N/mm<sup>2</sup>. this value does not exceed the yield strength of 235 N/mm<sup>2</sup>.

## Keywords:

simulation of stress;

tensile test;

sealant;

solidworks;

\*Penulis korespondensi:

Ulikaryani

E-mail: ulikaryani@pnc.ac.id

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini, perusahaan yang bergerak dibidang *autobody manufacturing* atau karoseri memerlukan material yang berkualitas dalam produknya. Salah satu penggunaan materialnya yaitu *sealant* yang berfungsi sebagai perekat antara dua material dan mengisi celah antara kedua material [1][2]. Serangkaian proses dilakukan guna memperoleh hasil produk yang diinginkan. Salah satu proses yang dilakukan adalah pengujian kekuatan polimer dengan cara dilakukan pengujian tarik [3][4][5] dalam hal ini pengujian *sealant* yang berbahan dasar polimer. Beberapa mesin uji tarik telah dibuat untuk bahan material yang diujikan. Widodo dan Santoso (2017) telah membuat mesin uji tarik khusus untuk material berbahan kain (*fabric*) yang dilengkapi *load cell* sebagai sensor dengan kapasitas 0-100 kg [6]. Sedangkan, Sutisna dkk (2021) telah membuat mesin uji universal untuk material logam dengan sumber daya hidrolik dengan beban konstruksi maksimum 5 ton [7]. Kedua penelitian tersebut belum ada simulasi tegangan berdasarkan pembebanan statisnya.

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Dari pengujian tarik material maka kita dapat mengetahui sifat dari kekuatan material dan data-data sifat mekanis dari material tersebut. Mesin uji Tarik merupakan salah satu jenis alat ukur untuk mengukur nilai karakteristik suatu bahan [8][9]. Salah satu komponen penting dalam mesin uji tarik ini yaitu rangka. Rangka ini harus kokoh dan kuat menopang komponen-komponen dari mesin uji tarik. Sehingga, studi pendahuluan berupa simulasi tegangan pada setiap komponen rangka diperlukan [10][11].

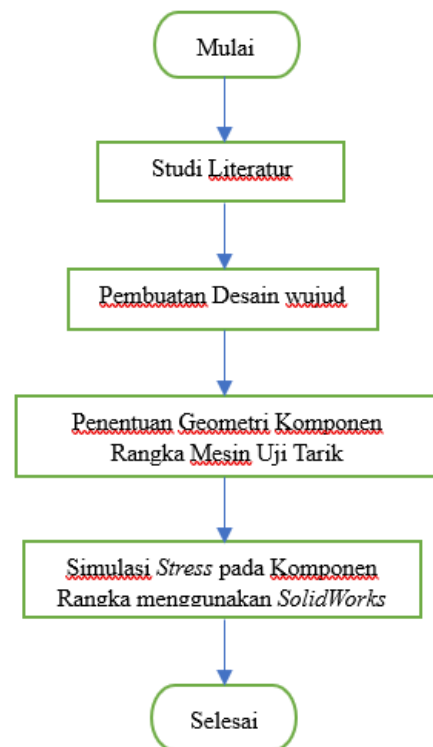
Metode simulasi pembebanan rangka pada berbagai macam mesin dan alat telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya yaitu pada mesin penggilingan sekam padi serta pada rangka *chasis* mobil listrik [12][13]. Namun, simulasi pembebanan rangka pada mesin uji Tarik *sealant* belum pernah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari simulasi secara statik pengaruh beban yang diterima terhadap tegangan (*stress*) yang terjadi menggunakan *software SolidWorks*.

## 2. Metode

Metode yang dilakukan yaitu dengan metode simulasi berupa simulasi pembebanan dengan variasi pembebanan rangka pada mesin uji tarik yang telah dibuat. Hal ini dikarenakan ukuran beban yang diberikan secara aktual pada setiap part berbeda seperti halnya yang tertera nilai pembebanannya pada setiap penjelasan gambar. *Software* yang digunakan untuk membantu proses simulasi adalah *SolidWorks*. Simulasi dilakukan dengan *mode static* atau pembebanan yang bersifat tetap (tidak terdapat gerakan atau getaran) [14]. Gambar 1 adalah diagram alir metode penelitian yang dilakukan. Simulasi *Stress Analysis* dilakukan untuk mendapatkan hasil pembebanan statik berupa  $\sigma$  (tegangan). Proses simulasi ini dilakukan dalam beberapa tahapan.

Tahap pertama adalah studi literatur. Tahap kedua adalah membuat desain wujud dari mesin uji Tarik. Tahap ketiga adalah menentukan geometri komponen rangka

mesin uji Tarik. Tahap keempat melakukan simulasi tegangan dengan terlebih dahulu melakukan pendefinisian material pada *software SolidWorks* yaitu menggunakan material DIN 10037. Setelah pendefinisian material kemudian dilakukan penandaan tumpuan dari rangka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian dilakukan pemberian titik pembebanan atau memasukkan gaya (*load*). Kemudian melakukan proses meshing dengan menggunakan parameter yang sesuai dengan bentuk rangka. Kemudian, hasil simulasi berupa nilai tegangan, defleksi dan faktor keamanan dimunculkan pada akhir simulasi. Dimana pada penelitian ini hanya menampilkan nilai tegangan (*stress*).



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

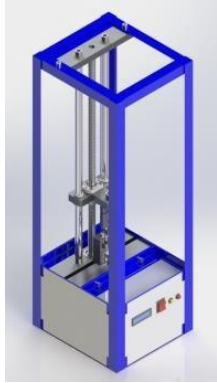
## 3. Hasil dan Pembahasan

Mesin uji tarik untuk pengujian *sealant* terdapat beberapa bagian penting salah satunya yaitu rangka. Rangka ini harus dapat menopang berbagai komponen dari mesin uji tarik untuk pengujian *sealant* ini serta memiliki bentuk yang ringkas [15]. Studi literatur selesai dilakukan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *drawing* wujud dari mesin uji tarik seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Setelah *drawing* wujud selesai selanjutnya menentukan bagian khususnya yaitu geometri komponen rangka. Rangka utama ini berfungsi untuk menopang beban dari komponen-komponen mesin uji tarik. Rangka ini mempunyai desain yang sederhana tetapi kokoh. Gambar 3 merupakan *drawing* rangka utama yang akan disimulasikan.

Analisis *drawing* ini bertujuan untuk mengecek kelengkapan dari *drawing* rangka, apakah terdapat komponen yang belum tergambar dan gambar dari komponen yang kurang tepat. Untuk memprediksi kualitas dari rangka yang telah dirancang, maka dilakukan simulasi

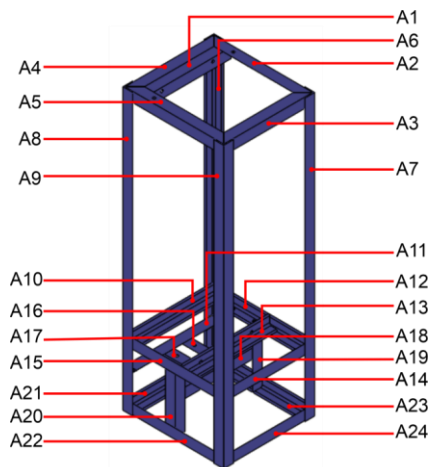
pembebanan menggunakan *software Solidworks 2018*. Pada simulasi ini pembebanan disesuaikan pada tiap komponennya. Gambar 4. merupakan komponen per *part* dari rangka mesin uji tarik. Dari gambar 4 dapat diketahui komponen mana saja yang akan diberikan simulasi pembebanan.



Gambar 2. *Drawing* wujud mesin uji tarik



Gambar 3. *Drawing* Komponen Rangka utama



Gambar 4. Bagian Komponen rangka yang dikenakan beban

Tahap berikutnya adalah pemilihan material rangka yang akan disimulasikan. Selain spesifikasi dari rangka yang dapat dilihat pada tabel 1., ada pula spesifikasi material penyusun dari rangka mesin uji tarik untuk pengujian *sealant* ini, spesifikasi tersebut tertulis pada

tabel 2. sebagai acuan nantinya dalam melakukan simulasi pembebanan rangka mesin uji tarik ini.

Tabel 1. Spesifikasi rangka

No.	Spesifikasi	
1	Rangka	Besi siku ST37 (DIN 10037)
2	Dimensi	280×310×850mm

Tabel 2. Spesifikasi material ST37 (DIN 10037)

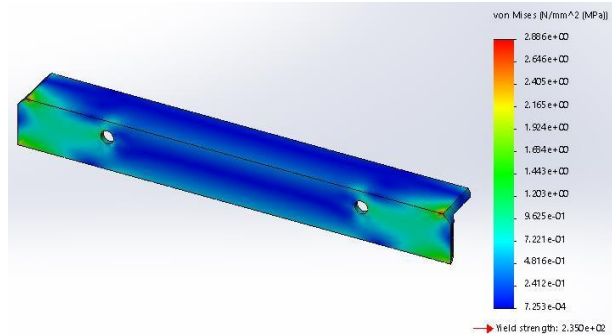
No.	Spesifikasi	Spesifikasi pada <i>SolidWorks 2018</i>
1	<i>Tensile Strength</i>	360 N/mm <sup>2</sup>
2	<i>Yield Strength</i>	235 N/mm <sup>2</sup>

### 3.1 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A1

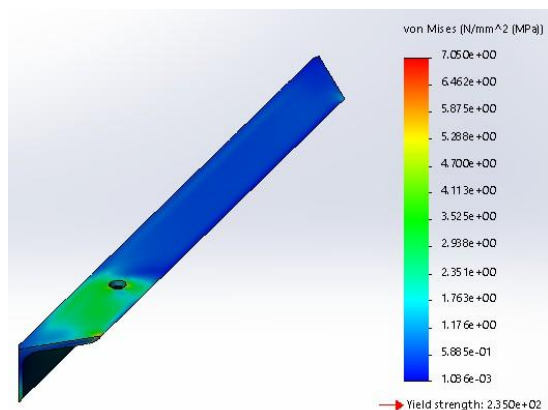
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 27N pada kedua lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 2,886MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,0007MPa. Grafik *von mises* komponen A1 dapat dilihat pada gambar 5.

### 3.2 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A2

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 27N pada lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 7,05MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,001MPa. Grafik *von mises* komponen A2 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A1



Gambar 6. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A2

### 3.3 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A3

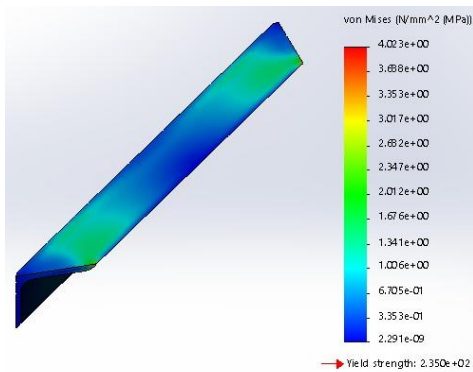
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 15N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 4,023MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 2,291e-09MPa. Grafik *von mises* komponen A3 dapat dilihat pada gambar 7.

### 3.4 Simulasi Tegangan (Stress) Pada komponen A4

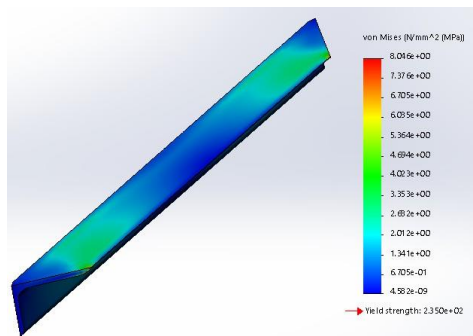
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 30N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 8,046MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 4,582e-09MPa. Grafik *von mises* komponen A4 dapat dilihat pada gambar 8.

### 3.5 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A5

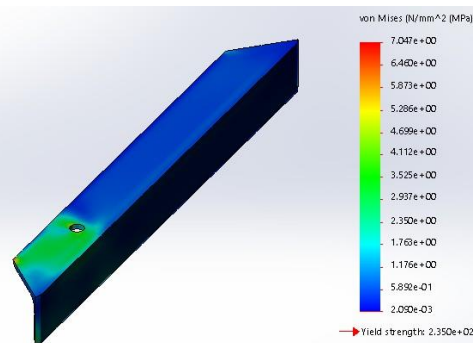
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 27N pada lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 7,047MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,002MPa. Grafik *von mises* komponen A5 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 7. Simulasi tegangan (stress) komponen A3



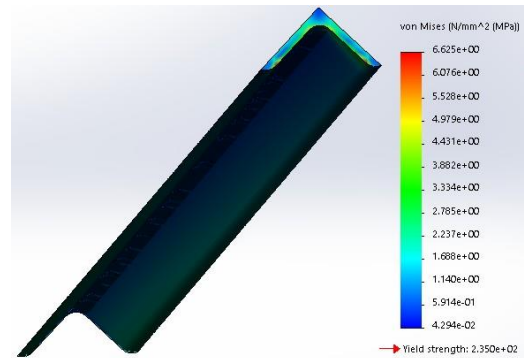
Gambar 8. Simulasi tegangan (stress) komponen A4



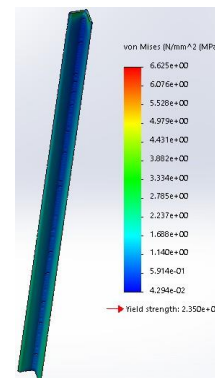
Gambar 9. Simulasi tegangan (stress) komponen A5

### 3.6 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A6

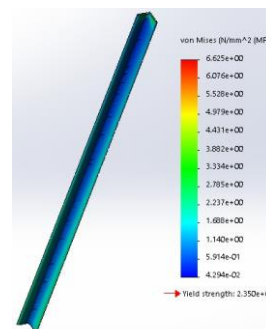
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 55N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,625MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,042MPa. Grafik *von mises* komponen A6 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Simulasi tegangan (stress) komponen A6



Gambar 11. Simulasi tegangan (stress) komponen A7



Gambar 12. Simulasi tegangan (stress) komponen A8

### 3.7 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A7

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 55N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,625MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,042MPa. Grafik *von mises* komponen A7 dapat dilihat pada gambar 11.

### 3.8 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A8

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 55N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,625MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna

biru dengan nilai 0,042MPa. Grafik *von mises* komponen A8 dapat dilihat pada gambar 12.

### 3.9 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A9

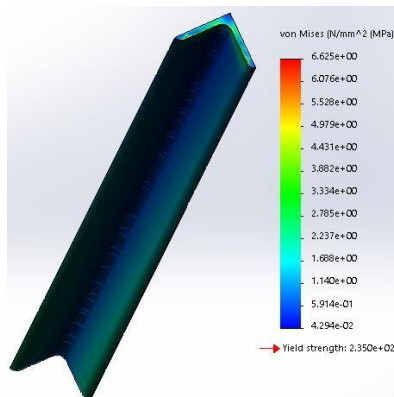
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 55N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,625MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,042MPa. Grafik *von mises* komponen A9 dapat dilihat pada gambar 13.

### 3.10 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A10

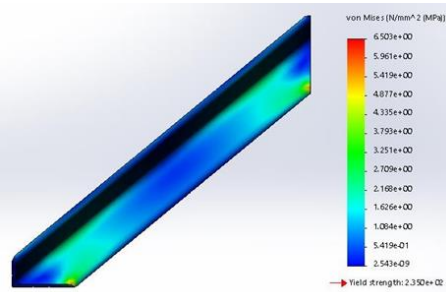
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 15N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,503MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 2,543e+09MPa. Grafik *von mises* komponen A10 dapat dilihat pada gambar 14.

### 3.11 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A11

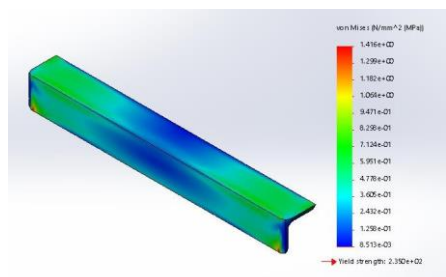
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 12N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 1,416MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,008MPa. Grafik *von mises* komponen A11 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 13. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A9



Gambar 14. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A10



Gambar 15. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A11

### 3.12 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A12

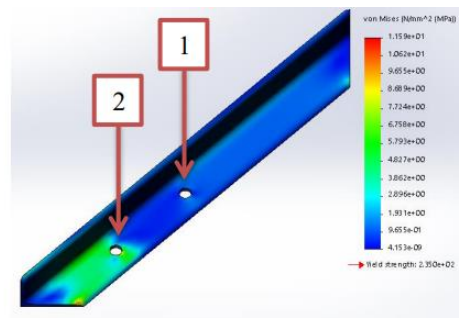
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 7N pada lubang 1 dan pembebanan 40N pada lubang 2 didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 1,159MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 4,153e+09MPa. Grafik *von mises* komponen A12 dapat dilihat pada gambar 16.

### 3.13 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A13

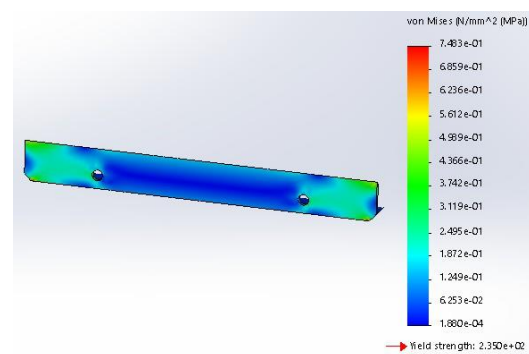
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 2N pada kedua lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,743 MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,0001MPa. Grafik *von mises* komponen A13 dapat dilihat pada gambar 17.

### 3.14 Simulasi Tegangan (Stress) Pada Komponen A14

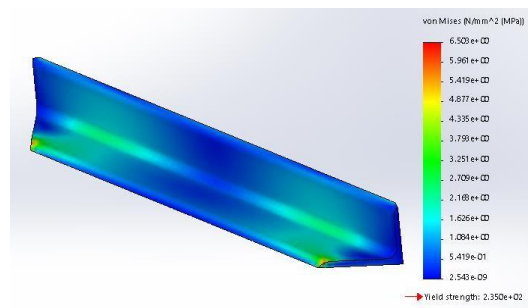
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 15N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 6,503MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 2,543e+09MPa. Grafik *von mises* komponen A14 dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 16. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A12



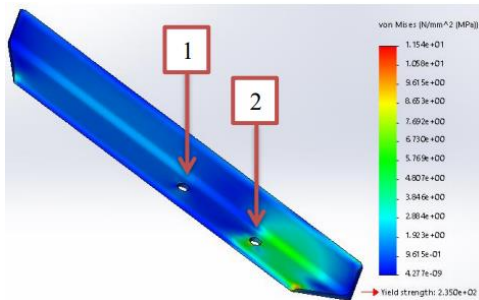
Gambar 17. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A13



Gambar 18. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A14

### 3.15 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A15

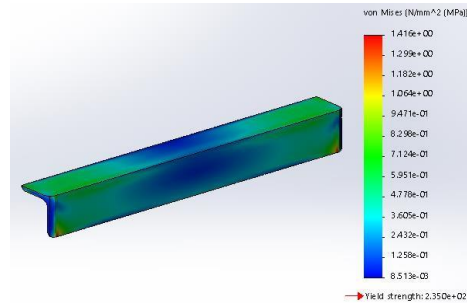
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 7N pada lubang 1 dan pembebanan 40N pada lubang 2 didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 1,154MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 4,277e+09MPa. Grafik *von mises* komponen A15 dapat dilihat pada gambar 19.



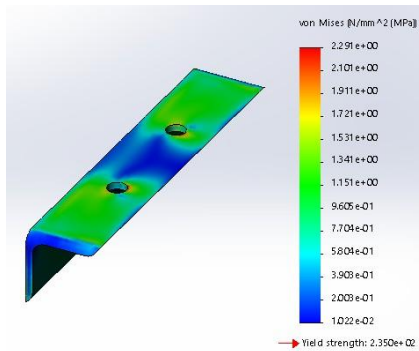
Gambar 19. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A15

### 3.18 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A18

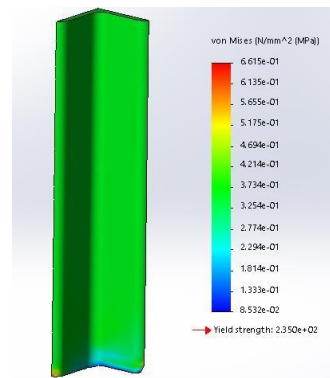
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 12N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 1,416MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,008MPa. Grafik *von mises* komponen A18 dapat dilihat pada gambar 22.



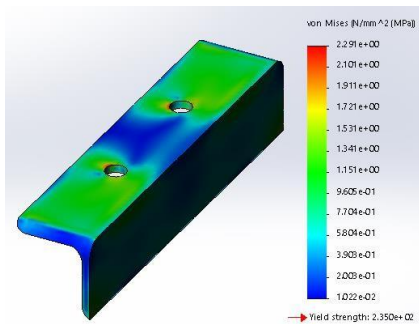
Gambar 22. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A18



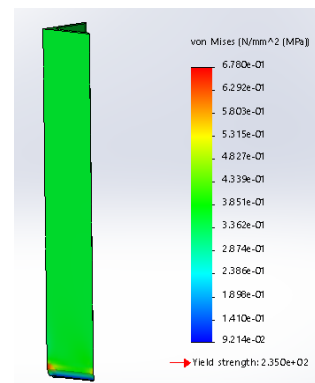
Gambar 20. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A16



Gambar 23. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A19



Gambar 21. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A17



Gambar 24. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A20

### 3.16 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A16

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 10N pada kedua lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 2,291MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,012MPa. Grafik *von mises* komponen A16 dapat dilihat pada gambar 20.

### 3.17 Simulasi Tegangan (*Stress*) Pada Komponen A17

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 10N pada kedua lubang didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 2,291MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,022MPa. Grafik *von mises* komponen A17 dapat dilihat pada gambar 21.

### 3.19 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A19

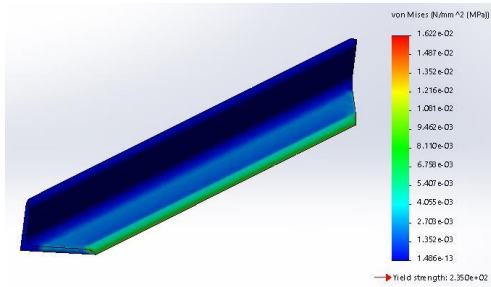
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 60N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,661MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,085MPa. Grafik *von mises* komponen A19 dapat dilihat pada gambar 23.

### 3.20 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A20

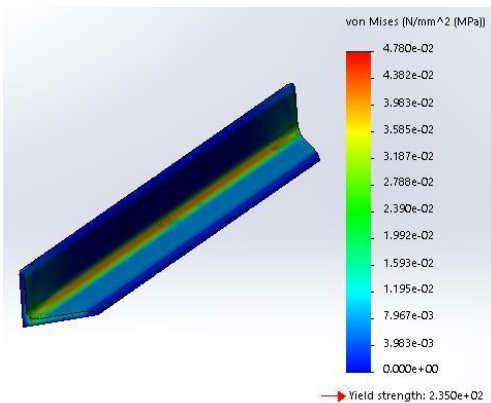
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 60N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,678MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0,092MPa. Grafik *von mises* komponen A20 dapat dilihat pada gambar 24.

### 3.21 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A21

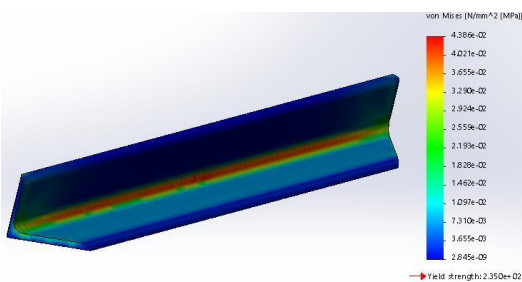
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 15N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,016MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 1,486e-13MPa. Grafik *von mises* komponen A21 dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar 25. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A21



Gambar 26. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A22



Gambar 27. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A23

### 3.22 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A22

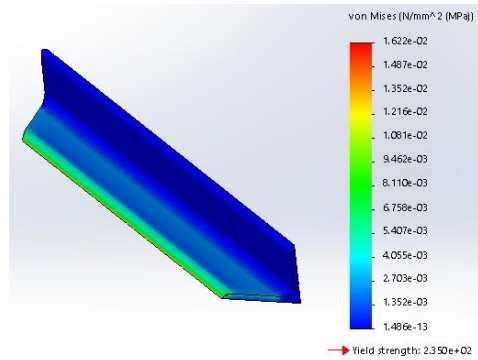
Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 58N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,047MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 0MPa. Grafik *von mises* komponen A22 dapat dilihat pada gambar 26.

### 3.23 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A23

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 58N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,043MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 2,845e-09MPa. Grafik *von mises* komponen A23 dapat dilihat pada gambar 27.

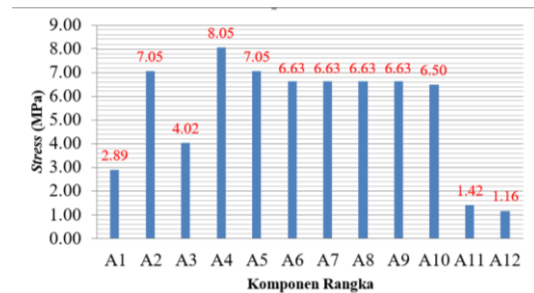
### 3.24 Simulasi tegangan (*stress*) pada komponen A24

Hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 15N didapat grafik *von mises* terbesar berwarna merah dengan nilai 0,016MPa, sedangkan *von mises* terendahnya berwarna biru dengan nilai 1,486e-13MPa. Grafik *von mises* komponen A24 dapat dilihat pada gambar 28.

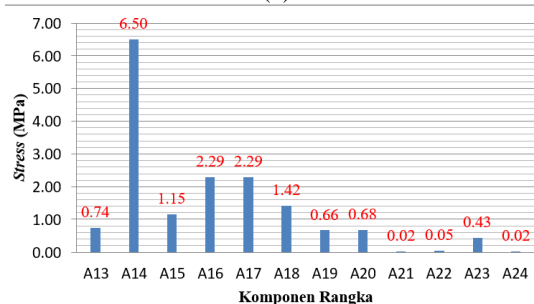


Gambar 28. Simulasi tegangan (*stress*) komponen A24

Berdasarkan simulasi pembebanan komponen rangka mesin uji tarik untuk pengujian *sealant*, diperoleh diagram tegangan dari masing-masing komponen seperti terlihat pada gambar 29. Dari diagram tersebut menunjukkan perbandingan antara tegangan luluh material dengan tegangan maksimal dari komponen rangka mesin uji tarik yang mana tegangan luluh dari material penyusun rangka 235MPa.



(a)



(b)

Gambar 29. Diagram pembebanan (a) komponen A1-A12 (b) komponen A13-A24

Mesin uji tarik memiliki 2 kelompok besar tegangan hal ini dikarenakan pada mesin uji Tarik ada gaya yang dihasilkan dari pembebanan yang bekerja secara berlawanan arah. Pada kelompok komponen A1 sampai A9 arah pembebanan ke atas dan diberi pembebanan rata-rata

38,5 N. Tegangan maksimal dari masing-masing komponen rangka dengan pembebanan ke arah atas pada mesin uji tarik didapatkan von mises rata-rata terbesar yaitu 6,169 Mpa, nilai tegangan tersebut tidak melebihi dari tegangan luluh material. Pada kelompok komponen A10 sampai A24 arah pembebanan ke bawah dan diberi pembebanan rata-rata 25,9 N. Tegangan maksimal dari masing-masing komponen rangka dengan pembebanan ke arah atas pada mesin uji tarik didapatkan von mises rata-rata terbesar yaitu 1,665 Mpa, nilai tegangan tersebut tidak melebihi dari tegangan luluh material.

#### 4. Kesimpulan

Simulasi pembebanan pada rangka mesin uji tarik untuk pengujian tarik *sealant* dilakukan pada komponen dari rangka dengan variasi pembebanan yang berbeda. Hasil dari simulasi ini diketahui tegangan rata-rata terbesar dari tiap komponen yaitu 0,326 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tegangan dari masing-masing komponen tidak melebihi dari *yield strength* yaitu 235 N/mm<sup>2</sup>.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih diucapkan kepada Politeknik Negeri Cilacap yang sudah memberikan bantuan pendanaan atas penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] B. Nečasová, P. Liška, and J. Šlanhof, "Adhesion and Cohesion Testing of Joint Sealants after Artificial Weathering – New Test Method," *Procedia Eng.*, vol. 190, pp. 140–147, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.319.
- [2] A. Giampieri, J. Ling-Chin, Z. Ma, A. Smallbone, and A. P. Roskilly, "A review of the current automotive manufacturing practice from an energy perspective," *Appl. Energy*, vol. 261, p. 114074, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114074.
- [3] L. Diana, A. Ghani Safitra, and M. Nabel Ariansyah, "Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [4] M. Prihajatno, Y. Arafat, A. Nurfauzi, S. Pengajar, P. Kelautan, and S. Selatan, "Karakterisasi Kekuatan Mekanis Hybrid Komposit Berpenguat Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus)," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, 2018.
- [5] R. D. Salindeho, J. Soukoto, and R. Poeng, "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material," *J. J-Ensatec*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2018.
- [6] B. R. M. D. Widodo and G. Santoso, "Rancang Bangun Mesin Uji Tarik Material Berbahan Kain (Fabrics)," *Semin. Nas. Mesin dan Ind.*, no. April, pp. 19–27, 2017.
- [7] N. A. Sutisna, "Rancang Bangun Mesin Uji Universal Untuk Pengujian Tarik dan Tekuk Bertenaga Hidrolik," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 6, no. 1, p. 32, 2021, doi: 10.33021/jmem.v6i1.1481.
- [8] R. Harianto, I. Sujana, and M. Taufiqurrahman, "Modifikasi Mesin Uji Tarik Kapasitas 5000 Newton Untuk Meningkatkan Nilai Keakuratan Pengujian," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 197–203, 2021.
- [9] D. L. Zariatn, R. M. Kurniawan, and N. Ikhsan, "Pengembangan alat uji tarik dengan beban maksimal 2 kN," *Din. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, p. 96, 2021, doi: 10.29303/dtm.v11i2.371.
- [10] F. Vebyran Syah, "Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Rangka untuk Pengujian Tarik Sealant," Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap, 2022.
- [11] Jamaludin, "Analisa Perhitungan dan Pemilihan Load Cell pada Rancang Bangun Alat Uji Tarik Kapasitas 3 Ton," *Mot. Bakar J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Tangerang*, vol. 2, no. 1, pp. 1–23, 2018.
- [12] M. A. Ficki, Kardiman, and N. Fauji, "Simulasi Beban Rangka pada Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Perangkat Lunak," *ROTOR*, vol. 15, no. 2, 2022.
- [13] N. A. Puspitasari, Marsono, and M. P. Nugraha, "Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software SolidWorks Pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material AISI 4340," in *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, 2021, pp. 25–33.
- [14] J. Arif, Pungkas Prayitno, and Halan Al Hafidh, "Analisis static pada aluminium 5052 dengan variasi sudut menggunakan solidworks," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 38–50, Jan. 2023, doi: 10.37373/tekno.v10i1.269.
- [15] F. Gea, R. A. Siregar, and M. Y. R. Siahaan, "Pembuatan Alat Uji Tarik Universal Statis Dengan Penggerak Servomotor Berkapasitas Maksimum 1 kN," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 6, no. 2, pp. 216–226, Dec. 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i2.6173.