

TUGAS AKHIR

**ANALISIS NUMERIK KEKUATAN TEKAN *BRACKET AIRFOIL NACA*
4412 PADA TURBIN ANGIN VERTIKAL**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

SAFRIL SAPUTRA
1807230033



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

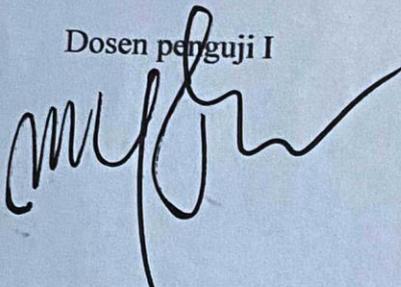
Nama : Safril Saputra
NPM : 1807230033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Numerik Kekuatan Tekan *Bracket Airfoil NACA*
4412 Pada Turbin Angin Vertikal
Bidang ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 01 April 2024

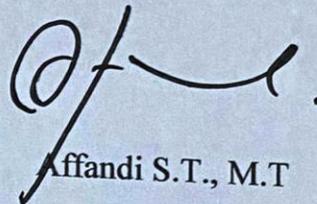
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen penguji I



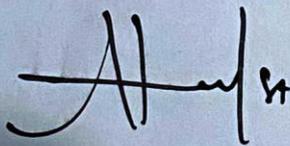
M. Yani, S.T., MT

Dosen penguji II



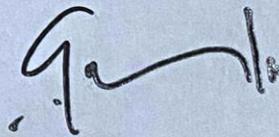
Affandi S.T., M.T

Dosen penguji III



Arya Rudi Nasution S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Safril Saputra
Tempat /Tanggal Lahir : Kabun/13 Juni 2000
NPM : 1807230033
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Numerik Kekuatan Tekan *Bracket Airfoil NACA 4412* Pada Turbin Angin Vertikal”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 01 April 2024

Saya yang menyatakan



Safril Saputra

ABSTRAK

Perkembangan dunia konstruksi saat ini telah berkembang pesat, terutama dalam hal pembuatan turbin angin sebagai sumber energi listrik. Dalam perancangan turbin angin para peneliti terus memperbarui rancangan turbin sehingga dapat berkerja dengan lebih maksimal. Penelitian ini dilakukan dengan analisis numerik untuk memperkirakan kekuatan tegangan dan regangan *bracket airfoil NACA4412* pada turbin angin vertikal, serta menentukan apakah desain *bracket* tersebut aman dan mampu menahan beban yang terjadi selama pengoperasian turbin angin. Maka dari itu, peneliti akan mendesain *bracket* komposit airfoil NACA 4412 pada turbin angin vertikal dan mensimulasikan nilai displacement, stress, dan strain menggunakan aplikasi solidworks dan menganalisanya. Dimana dari hasil simulasi yang telah dilakukan selama pengujian, diperoleh nilai *stress* tertinggi terjadi pada pembebanan 2kg dengan percepatan 20m/s^2 sebesar $1.725\text{e}+06\text{ N/m}^2$ (Gambar 4.3); nilai tegangan tertinggi pada pembebanan 3 kg dengan percepatan 20 m/s^2 sebesar $3.116\text{e}+06\text{N/m}^2$ (Gambar 4.12); dan nilai tegangan tertinggi pada pembebanan 5 kg dengan percepatan 20 m/s^2 : $2.861\text{e}+06\text{N/m}^2$ (Gambar 4.21). Sedangkan *displacement* yang terjadi pada simulasi kekuatan *bracket airfoil naca 1422*, terjadi pada pada *airfoil*, sehingga *bracket* tidak mengalami *displacement* (rengangan) dikarenakan konsep dari pengujian *displacement* terjadi pada titik ujung specimen yang diuji (Gambar 4.28). Untuk nilai strain hasil dari pembebanan 2kg dengan percepatan angin 5 m/s^2 , 10 m/s^2 dan 20 m/s^2 Max $3.673\text{e}-01$ (mm); Pembebanan 3kg dengan percepatan angin 5 m/s^2 , 10 m/s^2 dan 20 m/s^2 yaitu Max $6.565\text{-}01$ (mm); dan pembebanan 5kg dengan percepatan angin 5 m/s^2 , 10 m/s^2 dan 20 m/s^2 yaitu Max $6.116\text{e}-06$ (mm). Maka dari itu keadaan fisik *bracket* berbahan komposit dan peneliti *apply* juga pada sudu, tidak mengalami perubahan fisik atau *displacement* yang signifikan. Namun sudu yang mengalami kelengkungan yang signifikan.

Kata kunci: turbin angin, *bracket*, tegangan, regangan, *bracket* komposit

ABSTRACT

The development of the construction world today has grown rapidly, especially in terms of making wind turbines as a source of electrical energy. In the design of wind turbines, researchers continue to update turbine designs so that they can work more optimally. This study was conducted by numerical analysis to estimate the tension and strain strength of NACA 4412 airfoil brackets on vertical wind turbines, as well as determine whether the bracket design is safe and able to withstand loads that occur during wind turbine operation. Therefore, researchers will design NACA 4412 airfoil composite brackets on vertical wind turbines and simulate displacement, stress, and strain values using Solidworks applications and analyze them. Where from the simulation results that were carried out during the test, the highest stress value occurred at 2 kg loading with an acceleration of 20 m/s² of 1,725e+06 N/m² (Figure 4.3); the highest voltage value at 3 kg loading with an acceleration of 20 m/s² of 3.116e+06 N/m² (Figure 4.12); and the highest voltage value at 5 kg loading with an acceleration of 20 m/s² of 2.861e+06 N/m² (Figure 4.21). While displacement that occurs in the simulation of the strength of the naca 1422 airfoil bracket, occurs in the airfoil so that the bracket does not experience displacement (stretch) because the concept of displacement testing occurs at the end point of the specimen tested (Figure 4.28). For strain values resulting from 2kg loading with wind acceleration of 5 m/s², 10 m/s² and 20 m/s² of Max 3.673e-01 (mm); 3 kg loading with wind acceleration of 5 m/s², 10 m/s² and 20 m/s² which is Max 6,565-01 (mm); and 5 kg loading with wind acceleration of 5 m/s², 10 m/s² and 20 m/s² i.e. Max 6,116e-06 (mm). Therefore, the physical condition of the bracket made of composite and researchers apply it also to the blade, does not experience significant physical changes or displacement. However, the blades are subjected to significant curvature.

Key words: wind turbine, bracket, stress, strain, composite bracket

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Numerik Kekuatan *Bracket Airfoil NACA 4412* Pada Turbin Angin Vertikal” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Arya Rudi Nasution, ST, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Chandra A Putra Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Mawan dan Suryani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat penulis: Muhammad Refan S.T, Putri Dilla Indryani, S.T Kemal Ananta Damanik, Bayu Darmawansyah, M Kevin Febrian S.T, Ilham

Syaputra, M Ilham Ramadhan dan Putri Dilla Indryani, S.T yang selalu membantu serta memberikan semangat sekaligus dukungan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 01 April 2024

Safir Saputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR
ABSTRAK
ABSTRACT
KATA PENGANTAR
DAFTAR ISI
DAFTAR TABEL
DAFTAR GAMBAR

BAB 1 PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang
- 1.2. Rumusan masalah
- 1.3. Ruang lingkup
- 1.4. Tujuan
- 1.5. Manfaat

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

- 2.1. Pengertian *Bracket*
- 2.2. Sifat Mekanik Bahan
- 2.3. Komposit
- 2.4. Turbin Angin
 - 2.4.1. *Vertical Axis Wind Turbine*
 - 2.4.2. *Horizontal Axis Wind Turbine*
- 2.5. *Air foil*
- 2.6. *NACA*
- 2.7. Simulasi Numerik
- 2.8. Analisa Numerik
- 2.9. *Software Solidworks*

BAB 3 METODE PENELITIAN

- 3.1 Tempat dan Waktu
 - 3.1.1 Tempat Penelitian
 - 3.1.2 Waktu Penelitian
- 3.2 Bahan dan Alat
 - 3.2.1 Laptop
 - 3.2.2 *Software Solidworks*
- 3.3 Bagan Alir Penelitian
- 3.4 Tahapan Desain
- 3.5 Tahapan Simulasi

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

- 4.1 Hasil Desain *Bracket*
- 4.2 Hasil Simulasi Numerik
 - 4.4.1 Data Hasil Simulasi *Stress*
 - 4.4.2 Data Hasil Simulasi *Strain*
 - 4.4.3 Data Hasil Simulasi Deformasi

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

5.2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian	27
Tabel 4.1 Total <i>stress</i> 1 akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s ² , 10 m/s ² dan 20 m/s ²	40
Tabel 4.2 Total <i>stress</i> 1 akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s ² , 10 m/s ² dan 20 m/s ²	48
Tabel 4.3 Total <i>stress</i> 1 akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s ² , 10 m/s ² dan 20 m/s ²	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Bracket</i> kayu pada kursi	17
Gambar 2.2 <i>Bracket</i> logam	19
Gambar 2.3 <i>Bracket</i> aluminium pada spacer	20
Gambar 2.4 Menunjukkan grafik tegangan terhadap regangan	21
Gambar 2.5 Grafik hubungan poros	24
Gambar 3.1 <i>Software solidworks</i>	28
Gambar 3.2 Diagram alir	29
Gambar 3.3 Desain <i>bracket</i> yang telah dibuat	30
Gambar 3.4 Spesifikasi <i>bracket</i>	30
Gambar 3.5 Desain <i>bracket</i> pandangan <i>isometric</i>	31
Gambar 3.6 Tampilan penentuan jenis material	31
Gambar 3.7 Penentuan bagian benda kerja yang tidak bergerak saat diberikan beban.	32
Gambar 3.8 Penentuan bagian benda kerja yang diberi beban	32
Gambar 3.9 Hasil yang sudah dilakukan <i>mesh</i> pada <i>Bracket</i> turbin angin vertikal	33
Gambar 3.10 Tampilan spesimen siap untuk dilakukan <i>RUN</i> simulasi	33
Gambar 3.11 Tampilan pemilihan, <i>factor safety</i> pada <i>software solidworks 2021</i>	34
Gambar 3.12 Tampilan pengisian nilai <i>multiplication factor setting</i> dengan memberi nilai 1 pada <i>software solidworks 2021</i>	34
Gambar 4.1 Total <i>stress1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2	35
Gambar 4.2 Total <i>stress1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2	36
Gambar 4.3 Total <i>stress1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s^2	36
Gambar 4.4 <i>Displacement1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2	37
Gambar 4.5 <i>Displacement1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2	38
Gambar 4.6 <i>Displacement1</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s^2	38
Gambar 4.7 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2	39

Gambar 4.8 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	39
Gambar 4.9 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	40
Gambar 4.10 Grafik percepatan angin terhadap <i>stress</i> pembebanan 2 kg	41
Gambar 4.11 Grafik percepatan angin terhadap <i>Displacement</i>	41
Gambar 4.12 Grafik percepatan angin terhadap <i>Strain</i>	42
Gambar 4.13 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s	43
Gambar 4.14 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	43
Gambar 4.15 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	44
Gambar 4.16 <i>Displacement</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s ²	45
Gambar 4.17 <i>Displacement</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	45
Gambar 4.18 <i>Displacement</i> ₁ akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	46
Gambar 4.19 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s ²	46
Gambar 4.20 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	47
Gambar 4.21 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	47
Gambar 4.22 Grafik percepatan angin terhadap <i>Stress</i>	48
Gambar 4.23 Grafik percepatan angin terhadap <i>Displacement</i>	48
Gambar 4.24 Grafik percepatan angin terhadap <i>Strain</i>	49
Gambar 4.25 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s ²	50
Gambar 4.26 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	50
Gambar 4.27 Total <i>stress</i> ₁ akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	51

Gambar 4.28 Displacement1 akibat pembeban 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s ²	51
Gambar 4.29 Displacement1 akibat pembeban 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	52
Gambar 4.30 Displacement1 akibat pembeban 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s ²	52
Gambar 4.31 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s ²	53
Gambar 4.32 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s ²	53
Gambar 4.33 <i>Equivalent strain</i> akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s	54
Gambar 4.34 Grafik percepatan angin terhadap <i>Stress</i>	55
Gambar 4.35 Grafik percepatan angin terhadap <i>Displacement</i>	55
Gambar 4.36 Grafik percepatan angin terhadap <i>Strain</i>	56
Gambar 4.37 Detail <i>displacement</i> pada saat simulasi	56
Gambar 4.38 Detail <i>Equivalent strain</i> pada saat simulasi	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi saat ini telah berkembang pesat, terutama dalam hal pembuatan turbin angin sebagai sumber energi listrik. Dalam perancangan turbin angin para peneliti terus memperbarui rancangan turbin sehingga dapat berkerja dengan lebih maksimal. Salah satu bagian yang sangat menentukan kinerja sebuah turbin angin adalah sudunya. Yang mana turbin merupakan alat dengan komponen yang terpisah, sehingga dalam pembuatan turbin ini dibutuhkan sistem penghubung (*bracket*) terhadap tiang dengan sudu turbin (Maryanti et al., 2011)

Bracket merupakan komponen penghubung antara bagian utama ke bagian lainnya (Marsono & Dkk, 2018). *Bracket* umumnya terbuat dari kayu, logam dan lain-lain. *Bracket* biasa digunakan untuk memperkuat sudut ataupun menahan beban. *Bracket* mempunyai macam-macam bentuk sesuai fungsi dan letaknya (Marsono et al., 2018)

Pada umumnya turbin tidak menggunakan *bracket* dalam menghubungkan tiang dengan sudu. Apabila percepatan angin terlalu besar terhadap sudu mengakibatkan terjadinya masalah (*trouble*) seperti tiang menjadi bengkok hingga patah karena tiang yang tidak sanggup menahan beban dari perputaran sudu, sehingga biaya perbaikan (*maintenance*) lebih besar ketika terjadinya kerusakan jika tidak menggunakan *bracket*.

Dengan menggunakan *bracket* dapat mengurangi resiko kerusakan turbin yang lebih fatal, karena titik beban diberikan oleh sudu terhadap *bracket*. Untuk lebih efisiennya perancangan *bracket* menggunakan material komposit, Komposit yang digunakan yaitu resin dan *fiberglass* karena memiliki kekuatan material atau sifat mekanik lentur yang baik. Di dalam komposit terdapat bahan yang berperan sebagai pengikat dan penguat. Adanya *fiberglass* mampu meningkatkan keuletan, kekuatan, dan ketahanan yang tidak berdampak pada *bracket* (Priyanto et al., 2019)

Hasil dari penelitian yang dilakukan (Marsono et al., 2018)) mereka melakukan penelitian dengan menambahkan tulang rusuk penguat (*stifferner rib*)

pada sudu turbin angin sumbu vertikal, sehingga dapat disimpulkan bahwa, setelah menambah kekakuan dan kekuatan lentur sudu secara signifikan dan cenderung mengikuti fungsi eksponensial. Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian mereka, kekakuan yang diinginkan pada sudu turbin angin sumbu vertikal dengan ukuran radius sudu 150 mm, tinggi 250 mm, pada percepatan angin 5 m/s dapat dicapai dengan penambahan tulang penguat dengan lebar tulang 30 mm dan tinggi tulang 9 mm.

Pada penelitian ini melakukan analisis numerik kekuatan *bracket airfoil* NACA 4412 pada turbin angin vertikal yang merupakan suatu penelitian atau analisis untuk mengetahui nilai *stress*, *strain*, dan nilai deformasi *bracket airfoil* yang digunakan pada turbin angin vertikal. *Bracket airfoil* biasanya dipasang di ujung bilah rotor dan sambungan antara tiang dan sudu turbin angin vertikal untuk meningkatkan efisiensi dan daya hasil energi yang dihasilkan oleh turbin angin.

Penelitian ini dapat membantu para peneliti dalam merancang dan mengembangkan turbin angin vertikal yang lebih efisien. Dengan melakukan analisis numerik, dapat memperkirakan kekuatan tegangan dan regangan *bracket airfoil* NACA4412 pada turbin angin vertikal, serta menentukan apakah desain *bracket* tersebut aman dan mampu menahan beban yang terjadi selama pengoperasian turbin angin.

Diharapkan penggunaan material komposit berbahan resin dan *fiberglass* mampu mengurangi beban pada turbin, tahan terhadap korosi sehingga dapat memperpanjang masa pakai pada turbin, dan meningkatkan efisiensi dan daya produksi *bracket* komposit resin dan *fiberglass* pada turbin angin. Maka untuk lebih jelasnya dilakukannya “Analisis Numerik Kekuatan *Bracket Airfoil* NACA 4412 pada Turbin Angin Vertikal ” sehingga dapat dihitung kekuatan *bracket*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana mendesain dan menganalisis *bracket* komposit *airfoil* NACA 4412 pada turbin angin vertikal
2. Bagaimana menganalisis kekuatan *bracket* komposit *airfoil* NACA 4412 pada turbin angin vertikal, kemudian mensimulasikan dengan metode analisis

numerik menggunakan *software solidworks*

1.3 Ruang Lingkup

Menganalisis kekuatan *bracket* komposit menggunakan metode simulasi numerik pada aplikasi *solidworks* sesuai dengan desain rancangan *bracket airfoil NACA 4412* pada turbin angin vertikal yaitu:

1. Panjang 140 mm, lebar 70 mm, tebal 12 mm dan tinggi 62 mm.
2. Beban 2 kg dengan Percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².
3. Beban 3 kg dengan Percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².
4. Beban 5 kg dengan Percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mendesain *bracket* komposit *airfoil NACA 4412* pada turbin angin vertikal kemudian mensimulasikan dengan menggunakan aplikasi *solidworks*.
2. Menganalisis nilai *deformasi*, *strees* dan *strain* dari *bracket* dengan variasi beban dan percepatan angin yang telah ditentukan menggunakan *software solidworks*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai penambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang *Bracket*.
2. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian berikutnya dengan tema yang sama.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Bracket*

Bracket merupakan komponen penghubung antara bagian utama ke bagian lainnya. *Bracket* umumnya terbuat dari kayu, logam dan lain-lain. *Bracket* biasa digunakan untuk menghubungkan, memperkuat sudut ataupun menahan beban. *Bracket* mempunyai macam-macam bentuk sesuai fungsi dan letaknya.

Bracket adalah komponen mekanik yang digunakan untuk menopang atau menahan beban pada struktur atau mesin. *Bracket* sering digunakan pada berbagai macam kegunaan seperti pada kendaraan, peralatan elektronik, mesin industri, dan lain sebagainya. *Bracket* dapat terbuat dari berbagai macam bahan, tergantung pada kegunaannya.

Beberapa bahan yang sering digunakan untuk membuat *bracket* adalah sebagai berikut:

- 1) Logam, bahan logam seperti baja, aluminium, dan *stainless steel* sering digunakan untuk membuat *bracket* karena memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. *Bracket* logam juga tahan terhadap korosi dan dapat bertahan dalam kondisi lingkungan yang keras.
- 2) Kayu, *bracket* kayu sering digunakan pada konstruksi bangunan, terutama pada struktur atap. *Bracket* kayu biasanya terbuat dari kayu berkualitas tinggi yang kuat dan tahan lama.
- 3) Plastik, bahan plastik sering digunakan untuk membuat *bracket* pada aplikasi yang tidak memerlukan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. *Bracket* plastik biasanya lebih ringan dan murah daripada *bracket* logam.
- 4) Komposit, material komposit, seperti *fiberglass* dan *carbon fiber*, sering digunakan untuk membuat *bracket* pada aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang tinggi namun ringan. *Bracket* komposit biasanya lebih mahal dari pada *bracket* logam atau plastik, tetapi memiliki keunggulan dalam hal berat dan tahan korosi.

Desain *bracket* harus memperhatikan faktor-faktor seperti kekuatan, kekakuan, dan berat agar dapat berfungsi dengan baik pada aplikasinya. Selain itu,

proses produksi *bracket* juga harus memperhatikan keamanan dan ketahanan terhadap lingkungan yang keras (Wibowo et al., 2022).

1) *Bracket* kayu

Bracket kayu adalah komponen mekanis yang digunakan untuk mendukung atau menahan beban pada sebuah struktur atau sistem. Berbeda dengan *bracket* logam, *bracket* kayu terbuat dari bahan kayu, dan biasanya digunakan pada aplikasi yang lebih ringan atau kurang berat seperti pada struktur bangunan, *furniture*, dan lain sebagainya.

Bracket kayu dapat dibuat dengan menggunakan teknik penggergajian dan pahat kayu, serta diikat dengan paku atau sekrup kayu untuk membentuk bentuk dan dimensi yang diinginkan. Selain itu, *bracket* kayu juga dapat dirancang dengan teknik penyambungan kayu seperti *mortise* dan *tenon*, *half lap joint*, atau *dovetail joint* untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan *bracket*.

Dalam pemilihan *bracket* kayu, perlu mempertimbangkan beberapa faktor seperti jenis kayu, dimensi dan bentuk *bracket*, desain struktur, serta kondisi lingkungan dan penggunaan. Jenis kayu yang digunakan harus memiliki sifat-sifat kekakuan dan kekuatan yang memadai untuk menahan beban yang diberikan.

Desain struktur *bracket* kayu juga harus mempertimbangkan faktor estetika dan tampilan yang diinginkan. Selain itu, perlu juga memperhatikan faktor lingkungan dan kondisi penggunaan pada *bracket* kayu. Lingkungan yang basah atau lembab dapat mempengaruhi kekuatan dan kekakuan *bracket* kayu, sehingga perlu memilih kayu dan perlakuan permukaan yang sesuai untuk kondisi lingkungan.



Gambar 2.1 *Bracket* kayu pada kursi (Hartanto, 2022)

2) *Bracket* Logam

Bracket logam adalah suatu komponen mekanis yang digunakan untuk mendukung atau menahan beban pada sebuah struktur atau sistem. *Bracket* logam biasanya terbuat dari bahan logam, seperti baja, aluminium, atau stainless steel, dan digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pada konstruksi bangunan, otomotif, mesinindustri, dan banyak lagi.

Pada umumnya, *bracket* logam dibuat dengan menggunakan teknik manufaktur, seperti mesin bubut, mesin frais, atau teknik pemotongan dan pengelasan. *Bracket* logam juga dapat diberi perlakuan permukaan, seperti pelapisan atau pengecatan, untukmeningkatkan ketahanan terhadap korosi.

Dalam pemilihan *bracket* logam, perlu mempertimbangkan beberapa faktor seperti kekuatan dan kekakuan material, dimensi dan bentuk *bracket*, desain struktur, serta lingkungan dan kondisi penggunaan. Material logam yang digunakan harusmemiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk menahan beban yang diberikan.

Dimensi dan bentuk *bracket* juga harus dihitung dengan cermat untuk memastikan kekuatan dan kekakuan yang cukup. Selain itu, perlu juga memperhatikanfaktor lingkungan dan kondisi penggunaan pada *bracket* logam. Lingkungan yang keras atau korosif dapat mempengaruhi ketahanan dan kinerja *bracket* logam, sehinggaperlu memilih material dan perlakuan permukaan yang sesuai untuk kondisi lingkungan tersebut.

Dalam keseluruhan, *bracket* logam adalah komponen mekanis yang penting dansering digunakan pada berbagai aplikasi. Pemilihan material, dimensi, bentuk, desain, serta perlakuan permukaan yang tepat dapat memastikan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan *bracket* logam pada kondisi penggunaan yang berbeda.



Gambar 2.2 *Bracket* logam (HANDOKO, 2017)

3) *Bracket* Aluminium

Bracket aluminium adalah komponen mekanis yang digunakan untuk mendukung atau menahan beban pada sebuah struktur atau sistem. *Bracket* aluminium terbuat dari bahan aluminium, yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk menahan beban pada struktur.

Aluminium adalah material yang ringan namun kuat, serta tahan terhadap korosi, sehingga *bracket* aluminium sering digunakan pada aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap lingkungan yang keras. *Bracket* aluminium biasanya dibuat dengan menggunakan teknik manufaktur seperti mesin bubut, mesin frais, atau teknik pemotongan dan pengelasan.

Dalam pemilihan *bracket* aluminium, perlu mempertimbangkan beberapa faktor seperti jenis aluminium, dimensi dan bentuk *bracket*, desain struktur, serta lingkungan dan kondisi penggunaan. Jenis aluminium yang digunakan harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk menahan beban yang diberikan.

Selain itu, perlu juga memperhatikan faktor lingkungan dan kondisi penggunaan pada *bracket* aluminium. Lingkungan yang keras atau korosif dapat mempengaruhi ketahanan dan kinerja *bracket* aluminium, sehingga perlu memilih jenis aluminium dan perlakuan permukaan yang sesuai untuk kondisi lingkungan tersebut.



Gambar 2.3 *Bracket* aluminium pada *spacer* (Raharjo et al., 2018)

2.2 Elastisitas

Bahan elastis adalah bahan yang mudah diregangkan serta cenderung pulih ke keadaan semula, dengan mengenakan gaya reaksi elastisitas atas gaya tegangan yang meregangkannya. Pada hakekatnya semua bahan memiliki sifat elastik meskipun sukar diregangkan.

1) Tegangan (*Stress*)

Semua bahan berubah bentuk karena pengaruh gaya. Ada yang kembali ke bentuk semula bila gaya dihilangkan, ada pula yang berubah bentuk. Jika sebuah batan tegar yang dipengaruhi gaya tarik ke kanan dan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke kiri, maka gaya-gaya ini akan didistribusi ke luas penampang batang. Perbandingan gaya terhadap luas penampang dinamakan tegangan tarik. Karena perpotongan dapat dilakukan sembarang titik sepanjang batang maka seluruh batang dalam keadaan mengalami tegangan (*stress*).

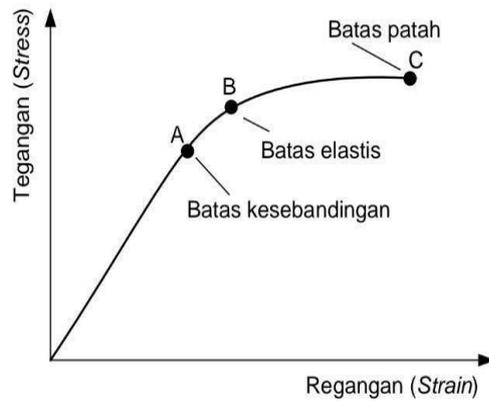
2) Regangan (*Strain*)

Perubahan pada ukuran sebuah benda karena gaya atau kopel dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula disebut regangan. Regangan juga disebut derajat deformasi.

3) Modulus Elastisitas

Gambar 2.5, menunjukkan grafik tegangan dan regangan untuk batang padat biasa. Grafik tersebut linier sampai titik A. Hasil bahwa regangan berubah secara

linier dengan tegangan dikenal sebagai hukum Hooke. Titik B adalah batas elastik. Jika batang ditarik panjangnya semula, tetapi berubah bentuk secara tetap. Jika tegangan yang bahkan lebih besar diberikan, bahan akhirnya patah. Seperti ditunjukkan titik C



Gambar 2.4 Menunjukkan grafik tegangan terhadap regangan

Di dalam daerah linier dari grafik tegangan – regangan untuk tarikan atau tekanan, kemiringan menyamai nilai banding tegangan terhadap regangan yang dinamakan modulus Young.

2.3 Komposit

Komposit merupakan kombinasi dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya, dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matriks dan *reinforcement*.

Matriks dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *termoplastik* dan *termoset*. Beberapa jenis matrik polimer *termoset* yang sering digunakan ialah *polyester*, *epoxy*, *phenolics*, dan *polyamids*, sedangkan yang termasuk jenis matrik polimer *termoplastik* adalah *polyethylene*, *polypropylene*, *nilon*, *polycarbonate*, dan *polyether-ether keton*.

1. Resin *Polyester*

Pada pembuatan *bracket* ini menggunakan resin *polyester*. *Polyester* memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Suhu *deformasi* termal poliester lebih rendah jika dibandingkan dengan resin termoset lainnya, karena polyester banyak mengandung monomer stiren

- b. Memiliki ketahanan panas kira-kira 110-140 derajat celcius
- c. Relatif tahan terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali
- d. Mudah mengembang dalam pelarut yang melarutkan polimer stiren
- e. Ketahanan terhadap cuaca sangat baik, khususnya terhadap kelembaban dan sinarUV (Maryanti & Dkk, 2011)

2. *Fiberglass*

Bahan penguat yang banyak digunakan adalah serat. Bahan penguat serat ini masih terbagi atas serat sintesis dan alam. Pada Penelitian ini digunakan sebagai penguat adalah *fiberglass*. *Fiberglass* ialah serat gelas, merupakan kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan diameter sekitar 0,005 sampai dengan 0,01mm. Serat selanjut *dipintal* menjadi benang atau ditunen menjadi kain kemudian diresapi dengan resin, sehingga menjadi material yang kuat dan tahan korosi. Pembuatan *fiberglass* biasa digunakan untuk pembuatan perahu, mobil, tangki air, pelapisan dan lain lain (Nugroho, 2015).

2.4 Turbin Angin

Turbin angin adalah sebuah alat yang mampu memanfaatkan kekuatan angin untuk diubah menjadi kekuatan mekanik (Rahmat, 2016). Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian. Kincir angin modern adalah mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, disebut juga dengan turbin angin (Fransetyo, 2019).

2.4.1 *vertical axis wind turbine (VAWT)*

Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan jenis turbin angin yang mempunyai orientasi sudut paling tinggi dari sudut baling-balingnya, yang berputar di sekitar poros vertikal. yang lebih umum, dimana sudut baling-balingnya berputar di sekitar poros horizontal. VAWT memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan HAWT (Nakhodah & Saleh, 2017). VAWT dapat menangkap angin dari arah mana saja, dan profilnya yang lebih rendah membuatnya kurang mencolok secara visual. Selain itu, VAWT umumnya lebih mudah dipelihara dan dapat lebih cocok digunakan di daerah perkotaan. Namun, VAWT juga memiliki beberapa kelemahan. Secara umum, VAWT memiliki

efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan HAWT, terutama pada skala yang lebih besar (Nakhodah & Saleh, 2017)

Selain itu, VAWT dapat lebih berisik dan kurang dapat diandalkan, dan mungkin memerlukan teknik rekayasa yang lebih kompleks untuk mendukung poros vertikalnya. Secara keseluruhan, VAWT adalah teknologi yang menjanjikan untuk produksi energi angin skala kecil, terutama di daerah perkotaan di mana ruang terbatas dan arah angin variabel. Namun, produksi energi angin skala besar masih didominasi oleh HAWT (Nakhodah & Saleh, 2017)

2.4.2 *Horizontal axis wind turbine (HAWT)*

HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya turbin jenis ini memiliki blade berbentuk *airfoil* seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah blade, semakin tinggi putaran turbin (Nakhodah & Saleh, 2017) Setiap desain rotor mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan turbin jenis ini, yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, dan cut-in wind speed rendah. Kekurangannya, yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin. Turbin angin sumbu horizontal (HAWT) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang di gandengkan ke sebuah servo motor.

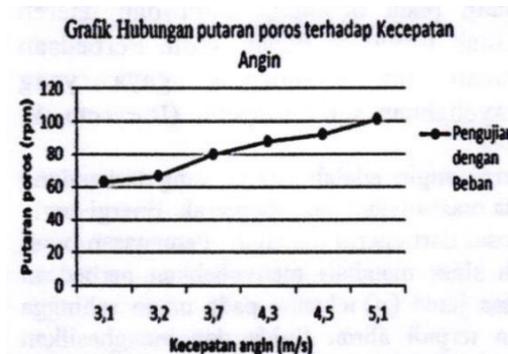
Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin ber percepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan (Nakhodah & Saleh, 2017).

2.5 Standar Percepatan Angin

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terletak di garis khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah katulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin.

Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena percepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki percepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. (Saputra, 2016)

Pengambilan data turbin angin tipe poros horizontal 3 sudu pada saat percepatan angin 5,1 m/s massa 2 kg mendapatkan putaran 100 rpm, seperti grafik hubungan putaran pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Grafik hubungan poros (Prayogo & Sari, 2014)

2.6 Simulasi Numerik

Simulasi numerik adalah proses memodelkan suatu sistem dengan menggunakan metode matematika dan komputasi untuk memprediksi atau mengoptimalkan kinerja sistem tersebut. Dalam konteks teknik dan ilmu pengetahuan, simulasi numerik digunakan untuk memodelkan dan menganalisis perilaku sistem kompleks, termasuk sistem fisik, biologis, dan lingkungan.

Simulasi numerik melibatkan penggunaan algoritma dan perangkat lunak

yang dapat memecahkan persamaan matematika kompleks dalam waktu yang relatif singkat. Metode simulasi numerik dapat digunakan untuk memprediksi dan memvisualisasikan perilaku sistem yang sulit atau tidak mungkin diuji secara eksperimental, seperti dinamika fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia.

Beberapa teknik simulasi numerik yang umum digunakan dalam teknik dan ilmu pengetahuan, antara lain:

- 1) Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*): Metode ini digunakan untuk memodelkan sistem fisik dalam bentuk diskrit dengan membagi sistem menjadi elemen kecil yang terhubung satu sama lain. Metode ini sering digunakan dalam analisis struktur, termal, dan dinamika fluida.
- 2) Metode Volume Kontrol (*Finite Volume Method*): Metode ini digunakan untuk memodelkan sistem fisik dalam bentuk volume dengan membagi sistem menjadi sel yang terhubung satu sama lain. Metode ini sering digunakan dalam analisis dinamika fluida.
- 3) Metode Perbedaan Terbatas (*Finite Difference Method*): Metode ini digunakan untuk memodelkan sistem fisik dalam bentuk grid dengan membagi sistem menjadi sel yang terhubung satu sama lain. Metode ini sering digunakan dalam analisis numerik untuk persamaan diferens (SYAHPUTRA, 2022)

2.7 Analisa Numerik

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), analisa ialah penguraian data hingga menghasilkan simpulan sedangkan numerik berarti yang terwujud angka. Berdasarkan acuan tersebut dapat mengartikan bahwa analisa numerik ialah pengurai data sampai menghasilkan kesimpulan yang berwujud angka. Sedangkan metode numerik adalah cara atau teknik untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan perhitungan.

Analisa numerik dan metode numerik ialah dua hal yang berbeda. Analisa numerik ialah terapan matematika untuk menganalisa metode, sedangkan metode numerik ialah Algoritma, menyangkut langkah-langkah penyelesaian persoalan secara numerik.

Penelitian ini dilakukan secara tiga dimensi dengan memakai perangkat

lunak berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yaitu *solidworks flow simulation*. Adapun skema geometri model untuk penelitian numerik *solidworks* (Siregar & Irfansyah, 2018).

2.8 Software Solidworks

Solidworks adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *dessanult systems*. *Solidworks* digunakan untuk merancang *part* permesinan atau susunan permesinan dengan tampilan 3D untuk mempersentasikan *part* sebelum real *part* yang dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses pemesinan. *Solidworks* diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD, seperti *Pro/ENGINEER*, *NX*, *Siemens*, *IDEas*, *Unigraphics*, *Autodesk Inventor*, *Autodesk AutoCAD* dan *CATIA*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Gedung G Lantai 2 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan setelah proposal tugas sarjana disetujui, dimulaidari bulan november yang dijelaskan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pengajuan judul							
2	Studi Literatur							
3	Mendesain <i>Bracket</i>							
4	Penulisan Proposal							
5	Pengujian Alat Mengguna kan Simulasi							
6	Penyelesaian Skripsi							

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian ini yaitu:

3.2.1 Laptop

Adapun Laptop yang digunakan untuk mendesain dan menjalankan proses simulasi dan untuk pengambilan data dengan baik, dibutuhkan laptop dengan spesifikasi yang cukup mumpuni. Adapun Laptop yang digunakan pada penelitian ini adalah Lenovo Ideapad Slim 3 dengan spesifikasi berikut:

1. Processor : Intel Pentium, Gold 6405U Processor, IntelCore i3-1005G1
2. RAM : Hingga 8 GB DDR4
3. Sistem Operasi : Windows 10 Home
4. Konektivitas : WiFi 2 x 2, 1 x 1 AC Bluetooth 5,0
5. Kamera :0,3M
6. Slot Ports :2x USB 3.1 (Gen 1) USB 2.0 HMDMI 1,4b SD card Reader

3.2.2. Software Solidworks

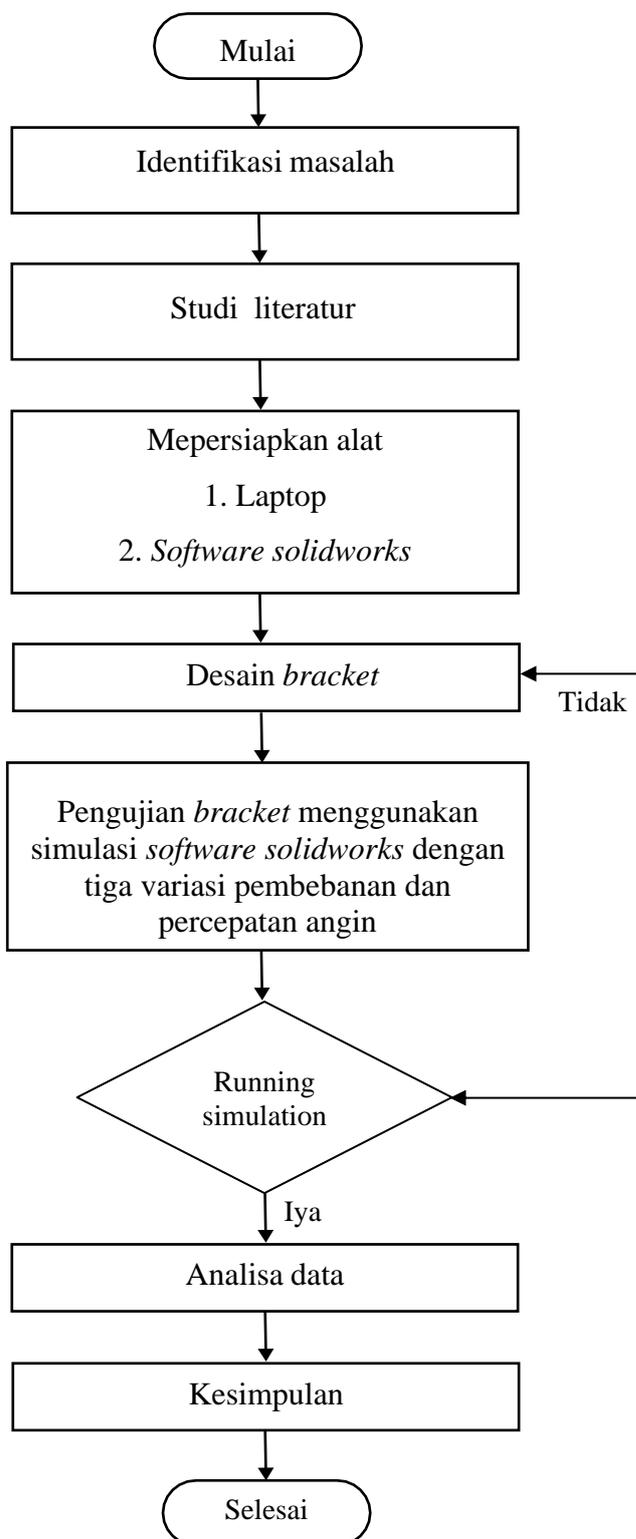
Spesifikasi *software* yang dipakai untuk pembuatan design pada *bracket* ialah :

1. Nama: *Solidworks*
2. Type: Shourt
3. Size: 2.80 KB (2,872 bytes)
4. Owner: System



Gambar 3.1 Software solidworks (SYAHPUTRA, 2022).

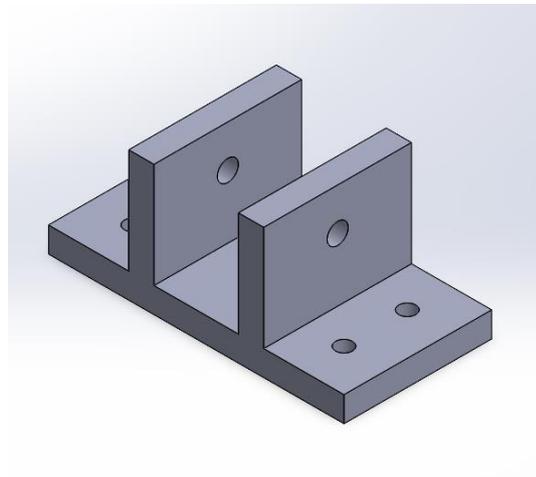
3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir

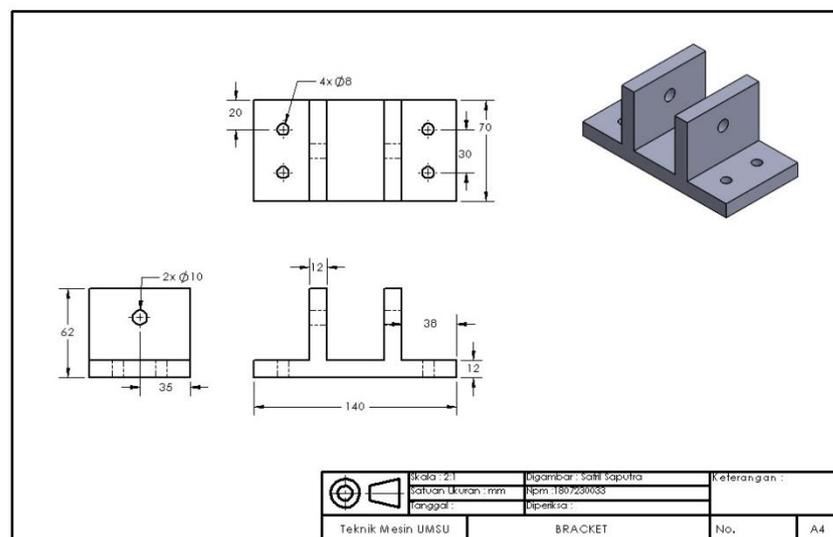
3.4 Desain

Pada proses desain peneliti menggunakan *software solidworks*, untuk membuat desain *bracket* yang akan disimulasikan analisa numerik. Dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Desain *bracket* yang telah dibuat

Adapun spesifikasi ukuran pada *bracket* yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut:

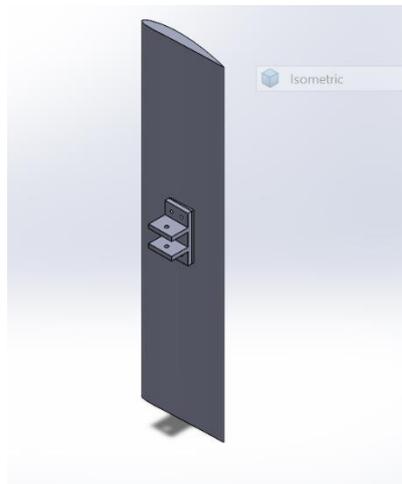


Gambar 3.4 Spesifikasi *bracket*

3.5 Tahapan Simulasi

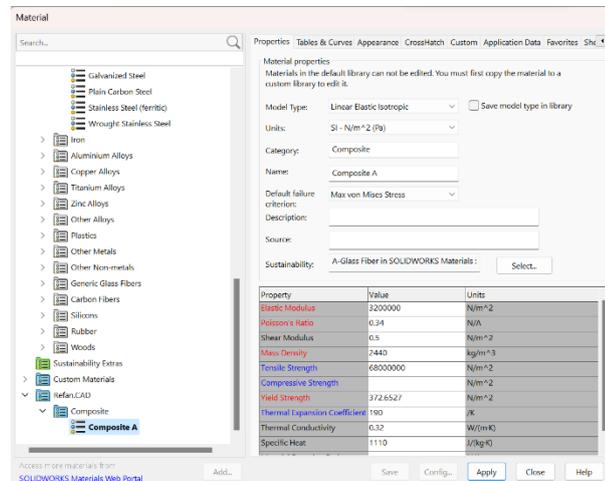
Setelah desain *bracket* selesai, kemudian melakukan proses simulasi dilakukandengan Langkah-langkah simulasi pembebanan pada *bracket* seperti berikut :

- 1) Berikut membuka file *bracket* yang akan disimulasikan, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



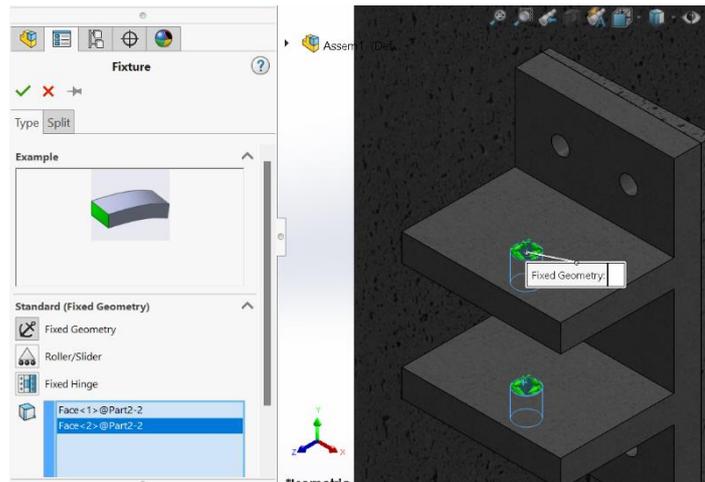
Gambar 3.5 Desain *bracket* pandangan *isometric*

- 2) Penentuan jenis material bahan dengan *costume material* dapat dilihat pada kotak *dialog* tersebut setelah dipilih, kemudian *apply* dan *close* adalah seperti pada gambar di bawah ini.



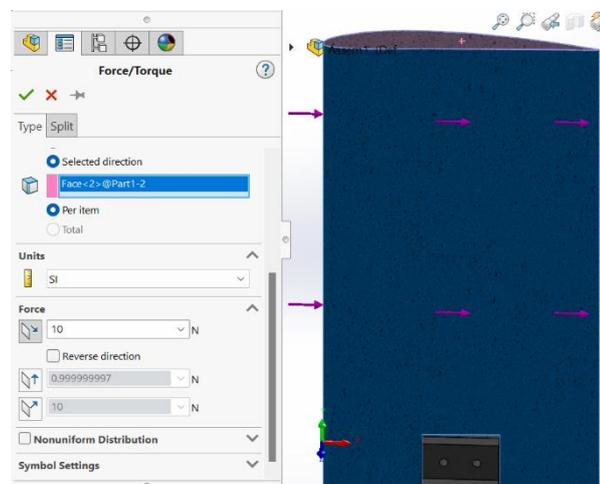
Gambar. 3.6 Tampilan penentuan jenis material

- 3) Penentuan bagian benda kerja yang tidak bergerak saat di berikan pembebanan, klik pada bagian lubang baut yang akan terhubung *bracket* dengan lengan turbin. Joint tersebut berupa lingkaran berwarna coklat tua. Kemudian tekan *ENTER* selanjutnya pada *external loads advisor* > pilih *force* seperti pada gambar dibawah ini.



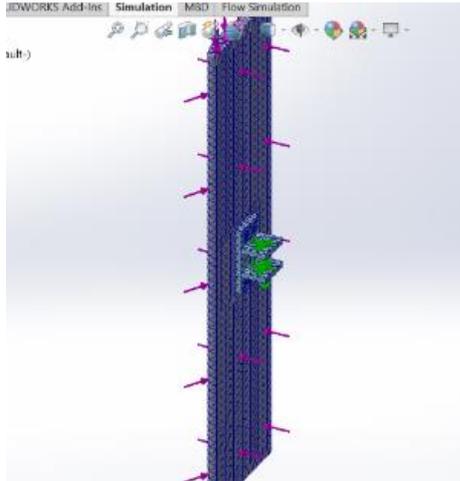
Gambar 3.7 Penentuan bagian benda kerja yang tidak bergerak saat diberikan beban.

- 4) Penentuan bagian benda kerja yang diberi beban dengan massa sudu 2 kg, pastikan anak panah berwarna ungu menunjukkan ke arah X (ke samping) dengan mencentang reverse direction, karena beban berada dari samping *bracket* turbin vertikal, dengan ini arah gaya pasti ke atas. seperti pada gambar di bawah ini.



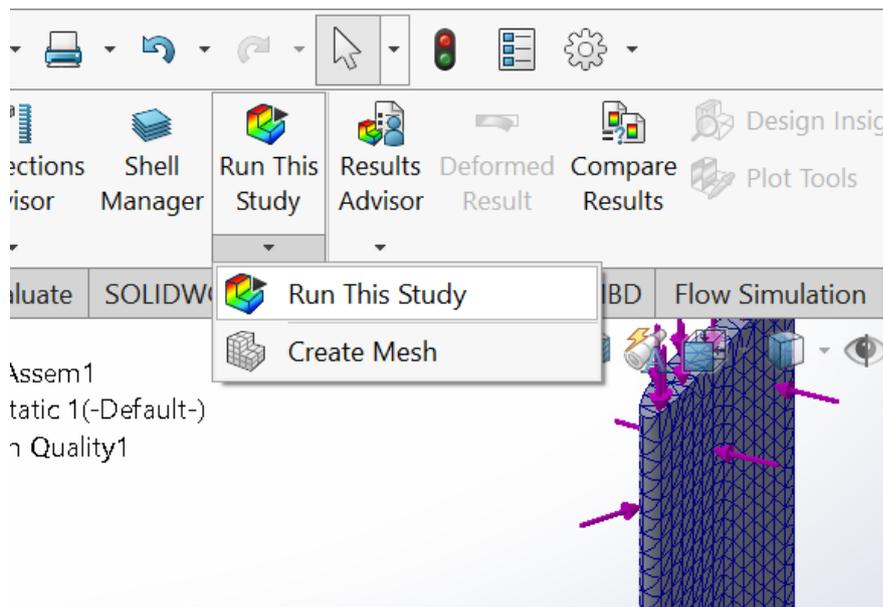
Gambar 3.8 Penentuan bagian benda kerja yang diberi beban.

- 5) Hasil yang sudah dilakukan mesh pada turbin vertikal seperti pada gambar dibawah ini.



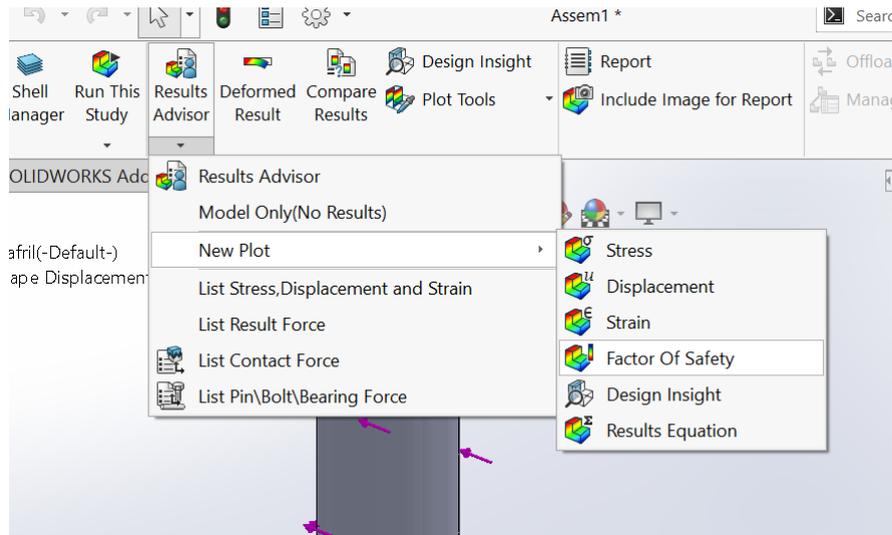
Gambar 3.9 Hasil yang sudah dilakukan *mesh* pada *Bracket* turbin angin vertikal.

- 6) Setelah semua persiapan selesai, klik *RUN* dan tunggu hingga proses perhitungan selesai, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



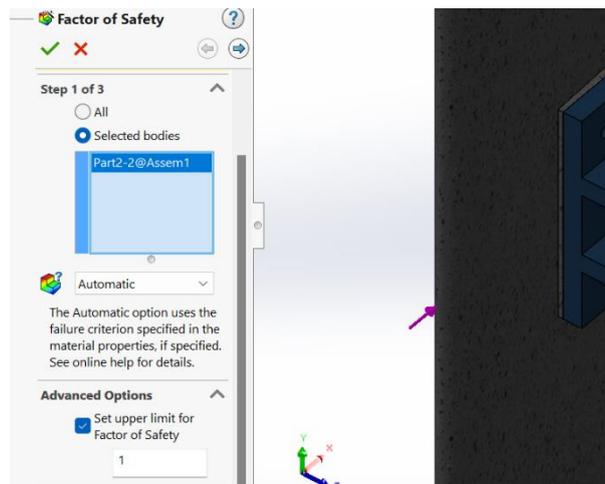
Gambar 3.10 Tampilan spesimen siap untuk dilakukan *RUN* simulasi

- 7) Kemudian klik kanan pada *result* dan memunculkan *factor of safety*, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.11 Tampilan pemilihan, *factor safety* pada *software solidworks 2021*

- 8) Nilai 1 adalah patokan standar dari *factor of safety*. jika pada hasil analisa nanti kurang dari 1 maka tidak aman, jika lebih dari 1 maka aman *software solidworks 2021*, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 Tampilan pengisian nilai *multiplication factor setting* dengan memberi nilai 1 pada *software solidwork 2021*

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

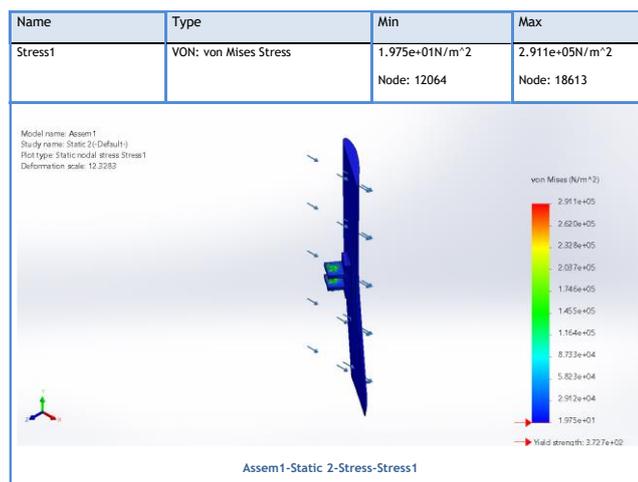
4.1 Hasil Pengujian Simulasi

4.1.1 Hasil *Simulation Report Static* pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².

Pembebanan dilakukan pada *airfoil* yang telah di *assembly* dengan *bracket* pembebanan ke arah X.

- a. Hasil simulasi total *stress1* kumpulan gaya (*force*) pada suatu permukaan benda.

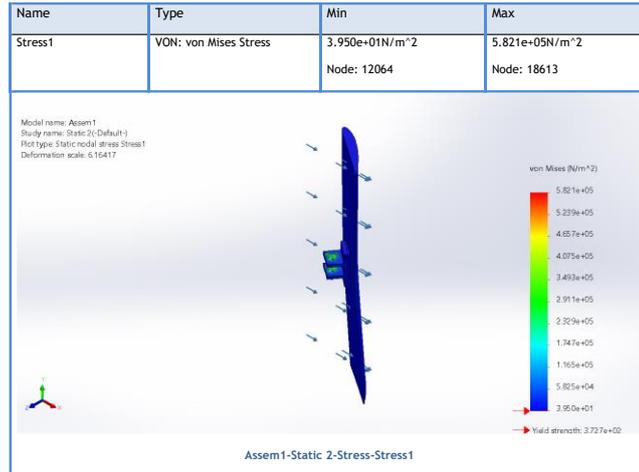
Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna paling merah, terkecil adalah warna paling biru. Sedangkan area dengan sedng adalah area warna kuning, hijau, atau biru muda. Total *stress1* kumpulan gaya dari *bracket*, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari material atau benda.



Gambar 4.1 Total *stress1* akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.1 tegangan terbesar max $2,911e+09 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai terkecil senilai $1,975e+01 \text{ N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

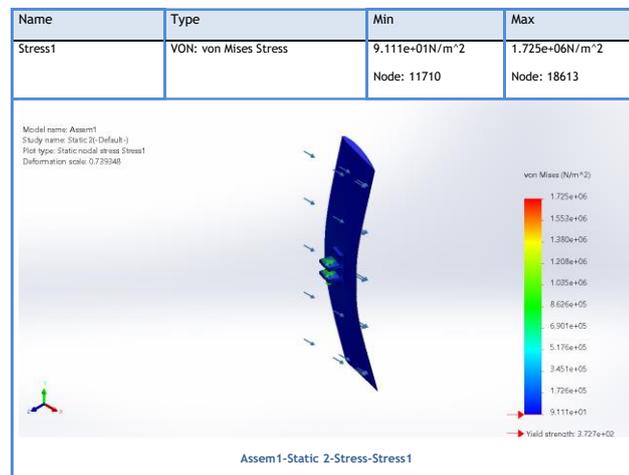
Untuk percobaan ke dua pada beban 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 Total *stress1* akibad pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.2 tegangan terbesar max $5,821e+05 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai terkecil senilai $3,950e+01 \text{ N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukan warna merah.

Untuk percobaan ke tiga pada beban 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:



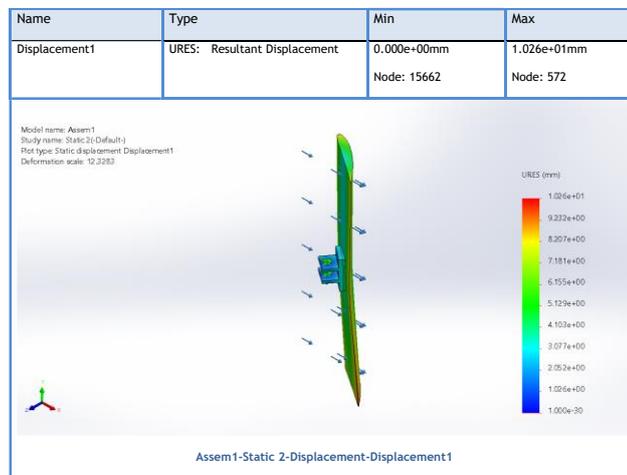
Gambar 4.3 Total *stress1* akibad pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.3 tegangan terbesar max $1,725e+06 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket,

sedangkan nilai terkecil senilai $9,111e+01 \text{ N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

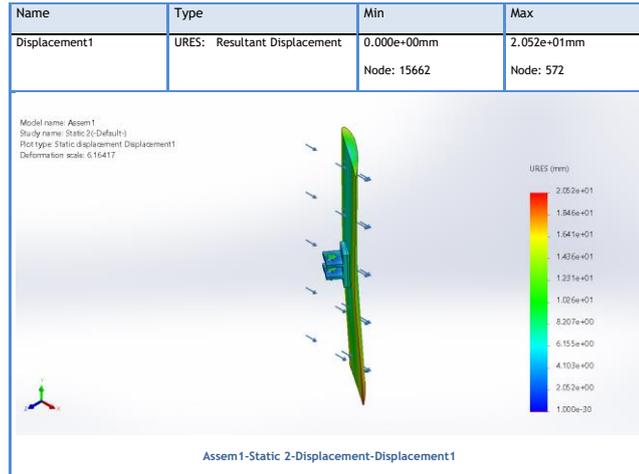
- b. Hasil *Displacement1* perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya yaitu sudu pada hal ini melengkung.

Dalam pengujian pembebanan 2 kg dengan percepatan 5 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah sebesar $1,327e+1 \text{ mm}$, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000e-00 \text{ mm}$ pada *bracket* seperti pada gambar 4.4 di bawah ini.



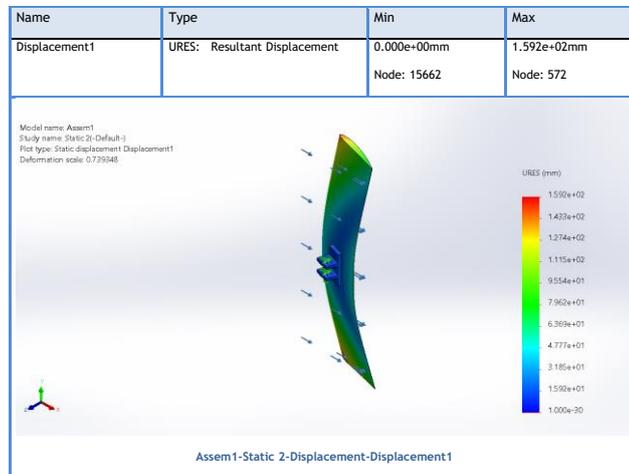
Gambar 4.4 *Displacement1* akibab pembeban 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2

Untuk pengujian berikutnya pembebanan 2 kg dengan percepatan 10 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah sebesar $2,052e+01 \text{ mm}$, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000e-00 \text{ mm}$ pada *bracket* seperti pada gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 *Displacement1* akibad pembeban 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2

Untuk pengujian berikutnya pembebanan 2 kg dengan percepatan 20 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah sebesar $1,592e+02$ mm, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000e-00$ mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.6 di bawah ini.

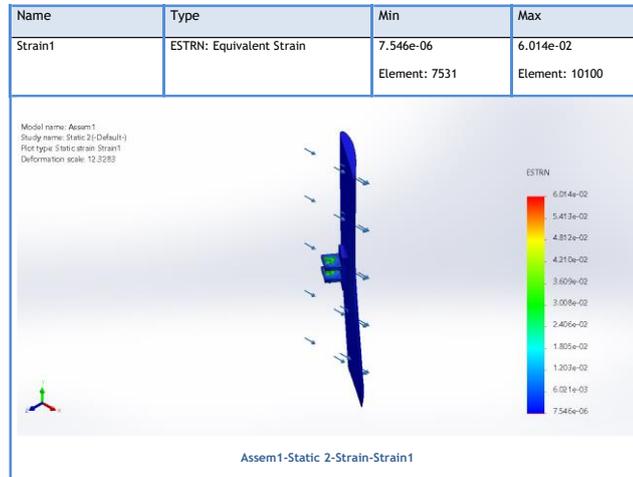


Gambar 4.6 *Displacement1* akibad pembeban 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s^2

c. Hasil simulasi *equivalent strain*

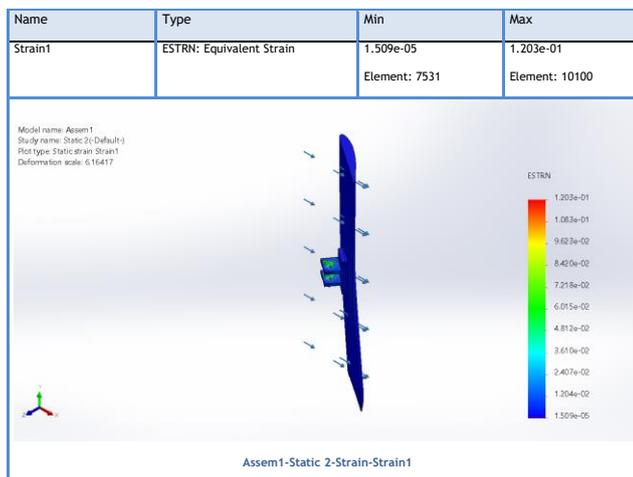
Dengan pembebanan 2 kg percepatan 5 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $6,014e-02$ mm dan *Min* $7,546e-06$ mm. susunan warna, warna

yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 *Equivalent strain* akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s²

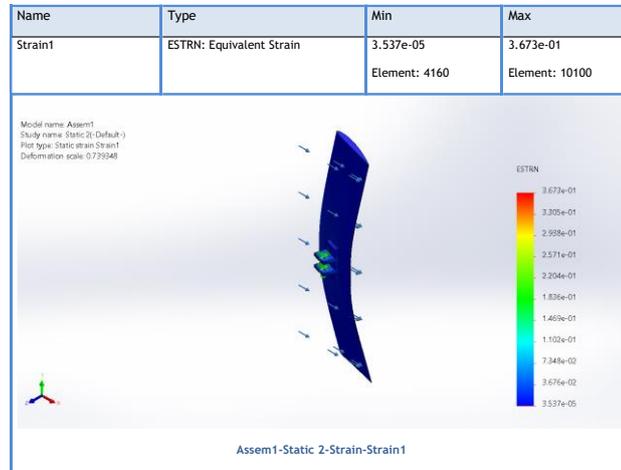
Selanjutnya dengan pembebanan 2 kg percepatan 10 m/s² memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 1,203e-01 mm* dan *Min 1,509e-05 mm*. Susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 *Equivalent strain* akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 10 m/s²

Selanjutnya dengan pembebanan 2 kg percepatan 20 m/s² memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 3,673e-01 mm* dan *Min 3,537e-05 mm*. susunan warna,

warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.9 dibawah ini.



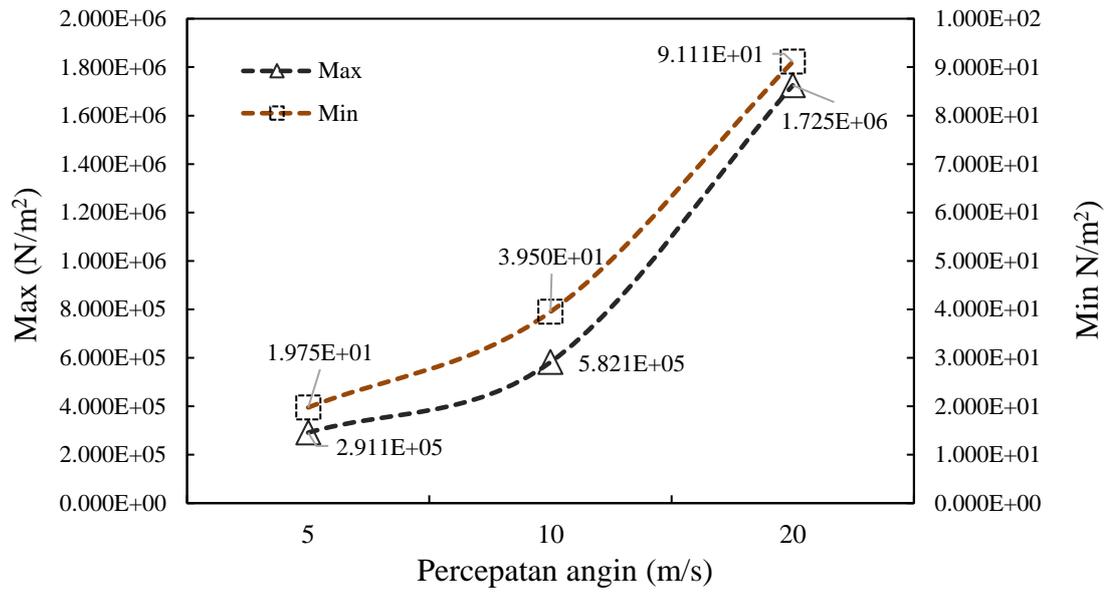
Gambar 4.9 *Equivalent strain* akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 20 m/s²

Setelah dilakukan simulasi pada pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s² maka dari itu dapat dilihat perbandingan dengan jelas dalam bentuk tabel data. Dapat dilihat pada gambar tabel 4.1 di bawah ini.

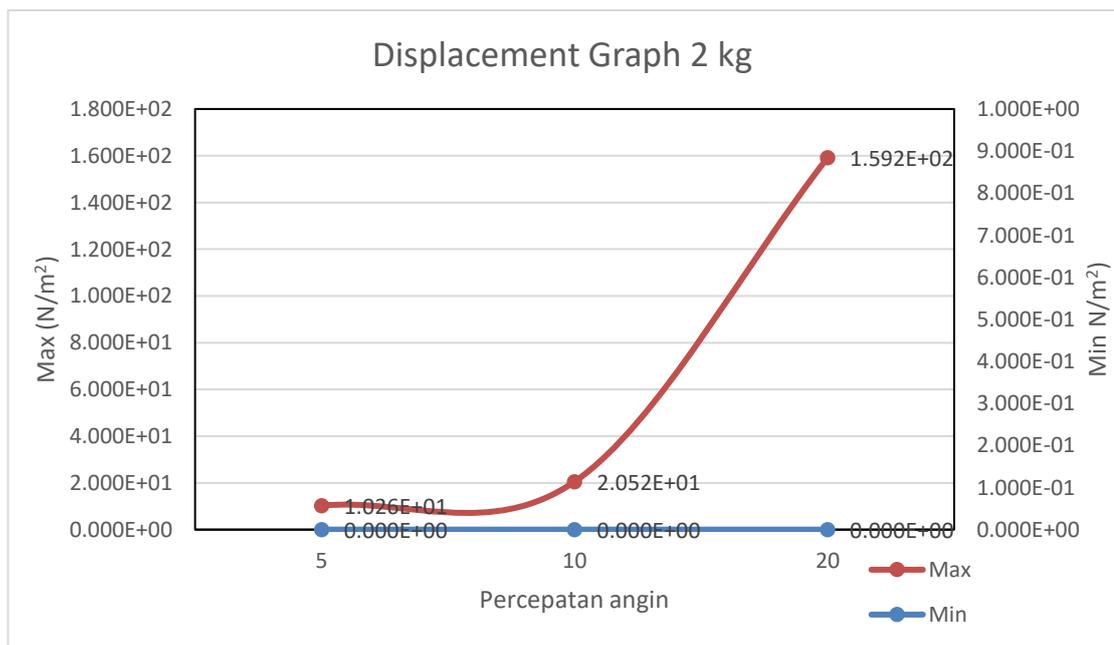
Tabel 4.1 Total *stress1* akibat pembebanan 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²

Load Variations (m/s)	Stress		Displacement		Strain		
	Min (N/m ²)	Max (N/m ²)	Min (mm)	Maxb(mm)	min	max	
2kg	5	1,975e+01	2,911e+05	0,000e+00	1,026e+01	7,546e-06	6,014e-02
	10	3,950e+01	5,821e+05	0,000e+00	2,052e+01	1,509e-05	1,203e-01
	20	9,111e+01	1,725e+06	0,,000e+00	1,592e+02	3,537e-05	3,673e-01

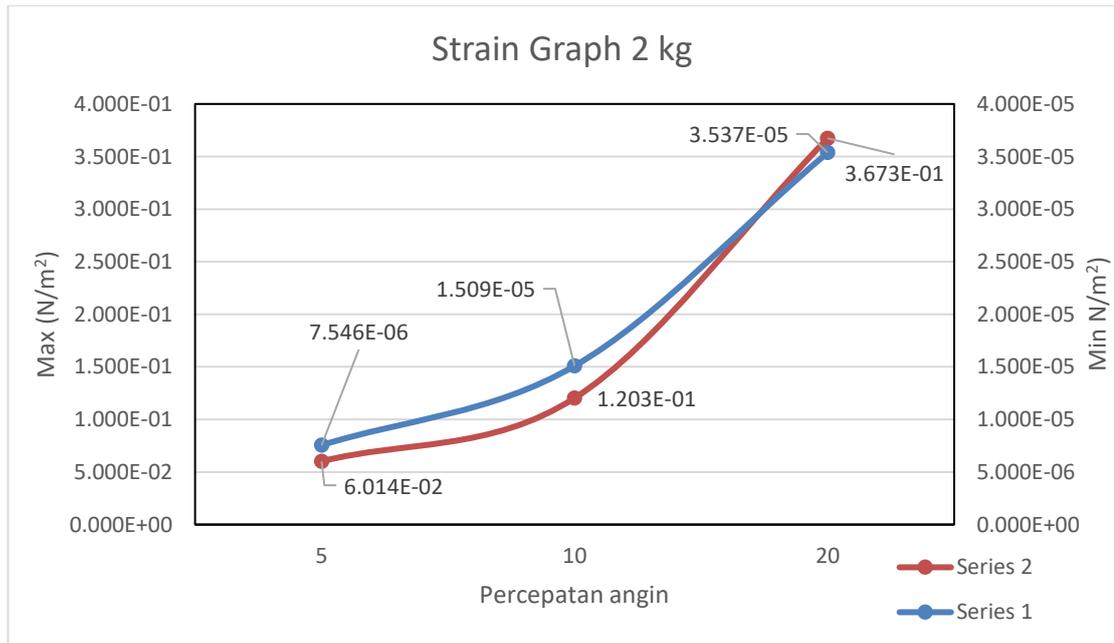
Tabel data diatas yang telah merangkum nilai-nilai hasil dari pada simulasi, jika dilahat dalam bentuk grafik dan dibuat grafik secara terpidah antara *stress*, *displacement* dan *satrain*. Dapat dilihat seperti gambar grafik di bawah ini.



Gambar 4.10 Grafik percepatan angin terhadap *stress* pembebanan 2 kg



Gambar 4.11 Grafik percepatan angin terhadap *Displacement*



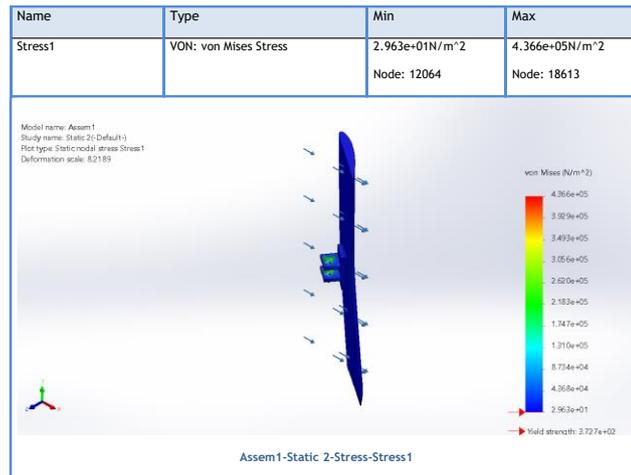
Gambar 4.12 Grafik percepatan angin terhadap *Strain*

4.1.2 Hasil *Simulation Report Static* pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².

Pembebanan dilakukan pada *airfoil* yang telah di *assembly* dengan *bracket* pembebanan ke arah X.

- a. Hasil simulasi total *stress1* kumpulan gaya (*force*) pada suatu permukaan benda.

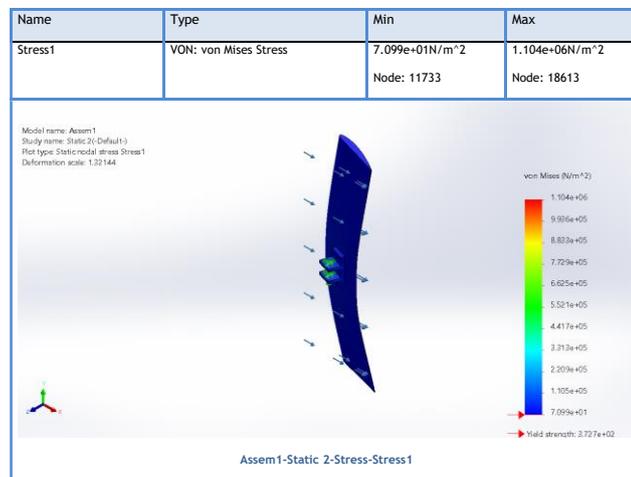
Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna paling merah, terkecil adalah warna paling biru. Sedangkan area dengan sedng adalah area warna kuning, hijau, atau biru muda. Total *stress1* kumpulan gaya dari *bracket*, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari material atau benda.



Gambar 4.13 Total *stress1* akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.13 tegangan terbesar max $4,366e+05 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai terkecil senilai $2,963e+01 \text{ N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

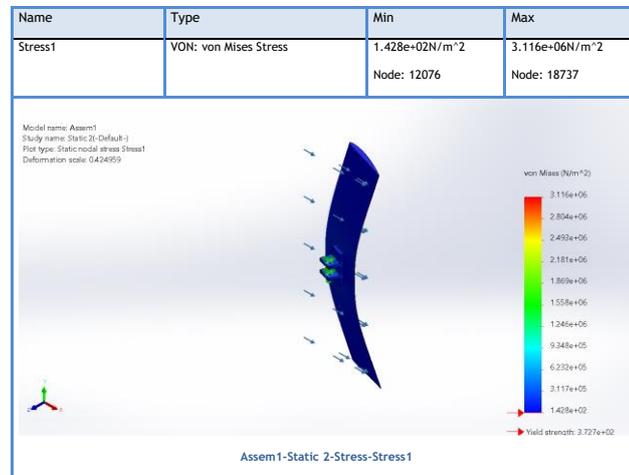
Untuk selanjutnya percobaan ke dua pada beban 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:



Gambar 4.14 Total *stress1* akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.14 tegangan terbesar max $1,104e+06 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai min senilai $7,099e+01 \text{ N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

Untuk selanjutnya percobaan ke dua pada beban 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:

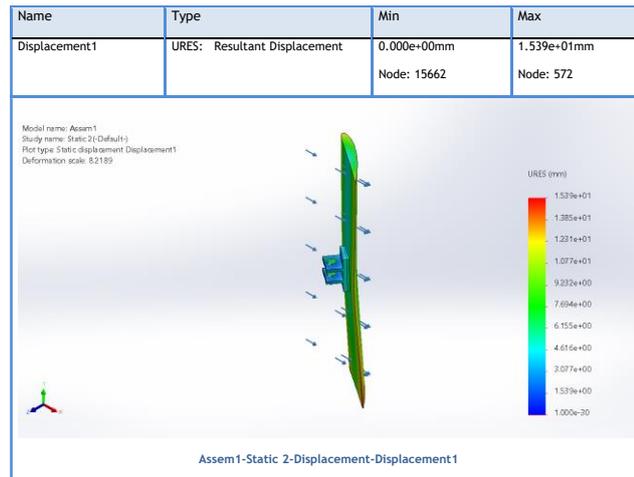


Gambar 4.15 Total *stress1* akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.15 tegangan terbesar max 3,116e+06 N/m² terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai terkecil senilai 1,428e+02 N/m², dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

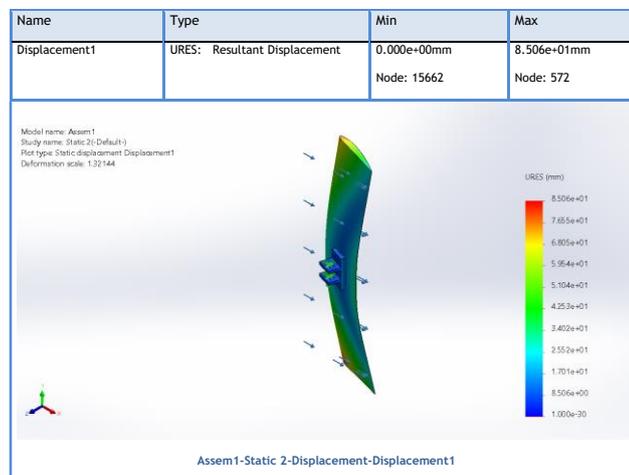
- b. Hasil *Displacement* 1 perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya yaitu sudu pada hal ini melengkung.

Dalam pengujian pembebanan 3 kg dengan percepatan 5 m/s² bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar 1,539e+01 mm, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar 0,000e-00 mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.16 di bawah ini.



Gambar 4.16 Displacement1 akibad pembeban 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2

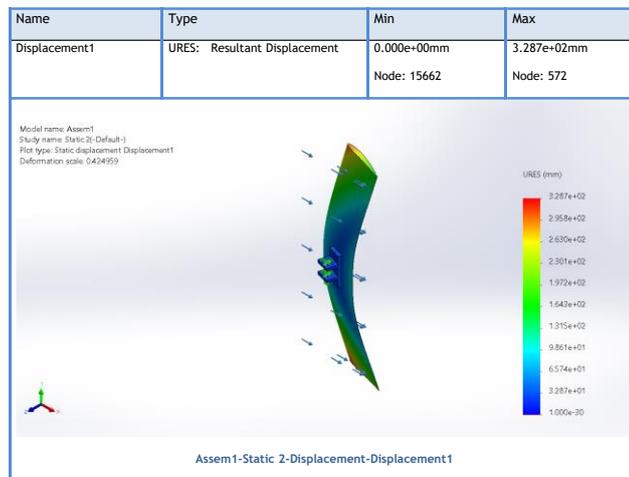
Untuk pengujian berikutnya pembebanan 3 kg dengan percepatan 10 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar 8,506e+01 mm, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar 0,000e-00 mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.17 di bawah ini.



Gambar 4.17 Displacement1 akibad pembeban 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2

Untuk pengujian berikutnya pembebanan 3 kg dengan percepatan 20 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar 3,287e+02 mm, dan bagian tidak mengalami

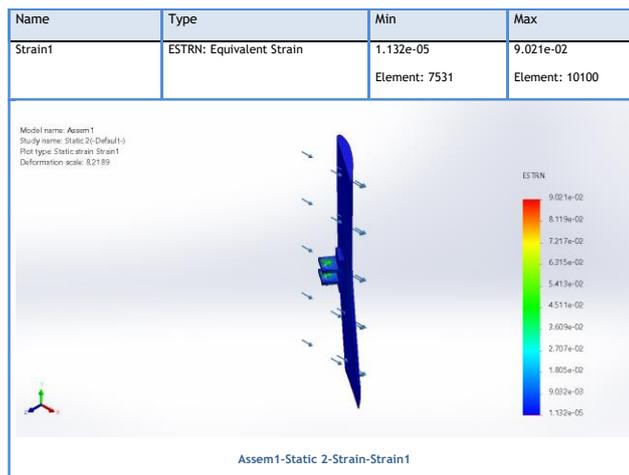
perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000e-00$ mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.18 di bawah ini.



Gambar 4.18 Displacement1 akibab pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s^2

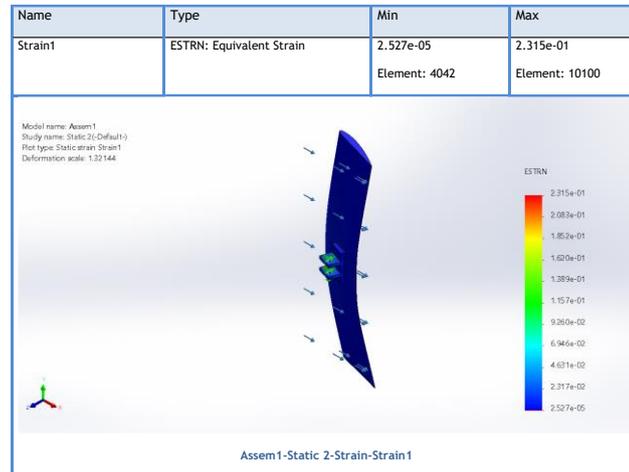
c. Hasil simulasi equivalent strain

Dengan pembebanan 3 kg percepatan 20 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $9,021e-02 \text{ mm}$ dan *Min* $1,132e-05 \text{ mm}$. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.19 dibawah ini.



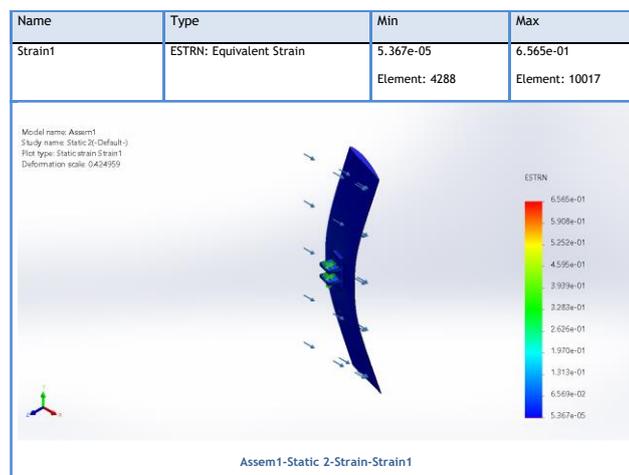
Gambar 4.19 *Equivalent strain* akibab pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2

Selanjutnya dengan pembebanan 3 kg percepatan 10 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $2,315e-01 \text{ mm}$ dan *Min* $2,527e-05 \text{ mm}$. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20 *Equivalent strain* akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2

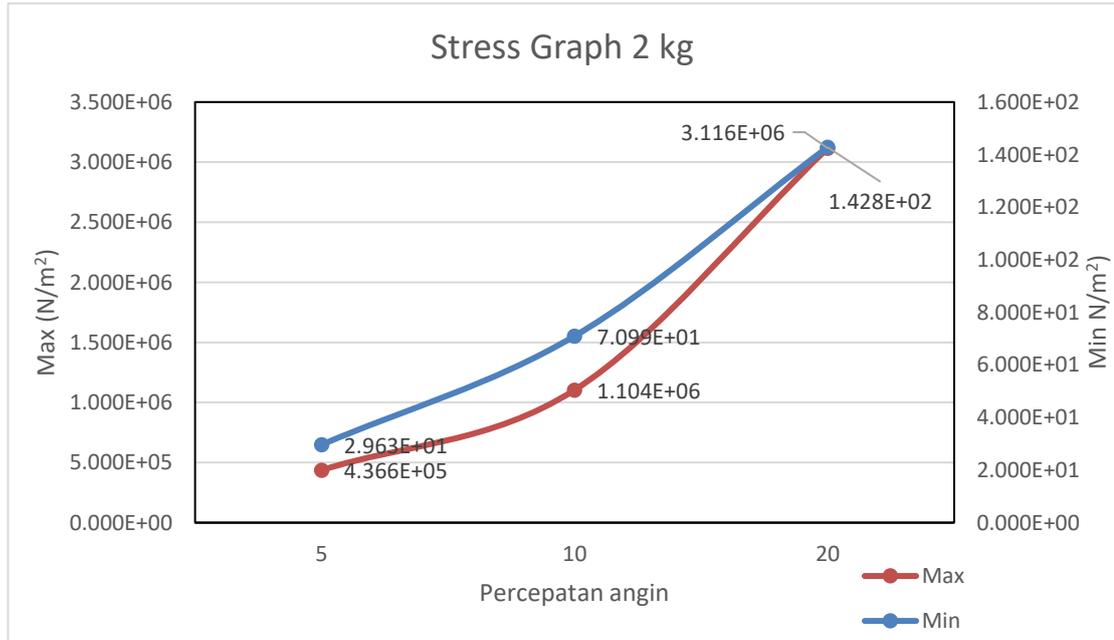
Selanjutnya dengan pembebanan 3 kg percepatan 20 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $6,565e-01 \text{ mm}$ dan *Min* $5,367e-05 \text{ mm}$. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.21 dibawah ini



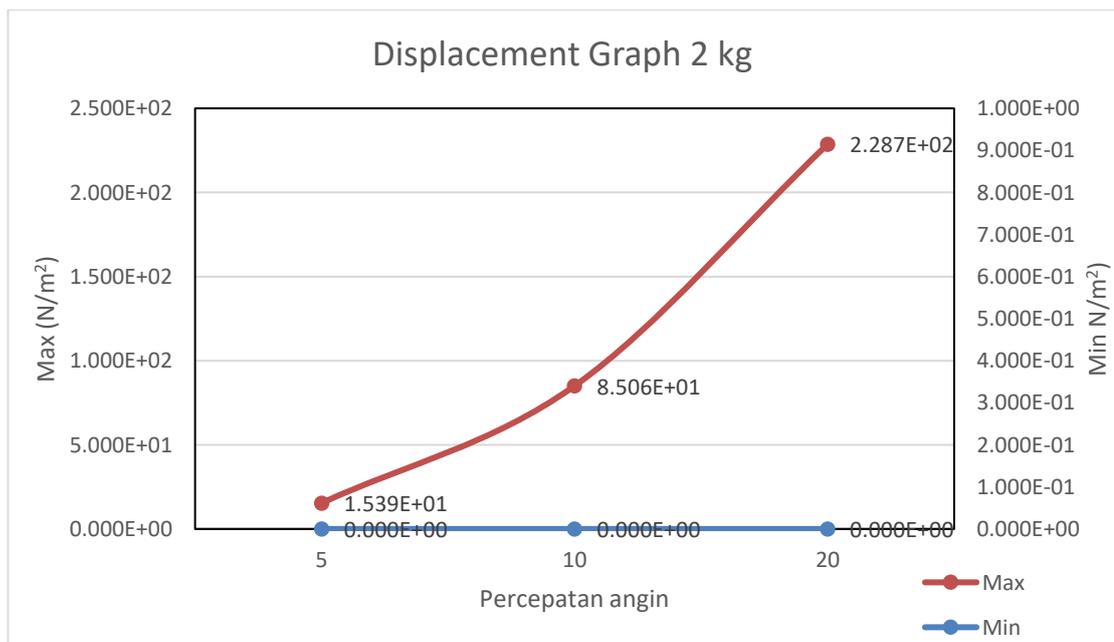
Gambar 4.21 *Equivalent strain* akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 20 m/s

Tabel 4.2 Total *stress*1 akibat pembebanan 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²

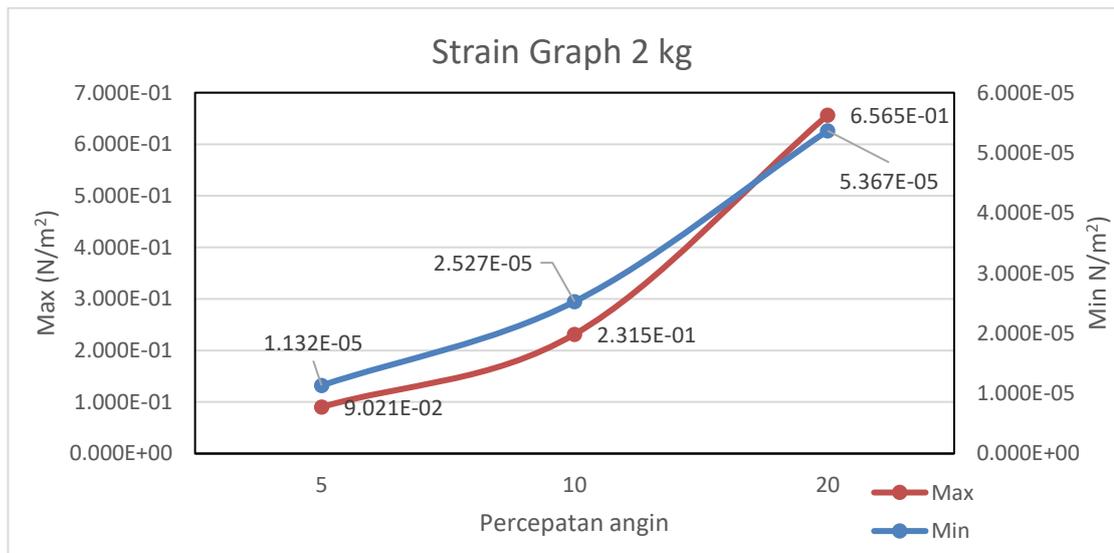
Load Variations (m/s)		Stress		Displacement		Strain	
		Min (N/m ²)	Max (N/m ²)	Min (mm)	max	min	max
3kg	5 m/s	2.963e+01	4.366e+05	0.000e+00	1.539e+01	1.132e-05	9.021e-02
	10 m/s	7.099e+01	1.104e+06	0.000e+00	8.506e+01	2.527e-05	2.315e-01
	20 m/s	1.428e+02	3.116e+06	0.000e+00	2.287e+02	5.367e-05	6.565e-01



Gambar 4.22 Grafik percepatan angin terhadap *Stress*



Gambar 4.23 Grafik percepatan angin terhadap *Displacement*



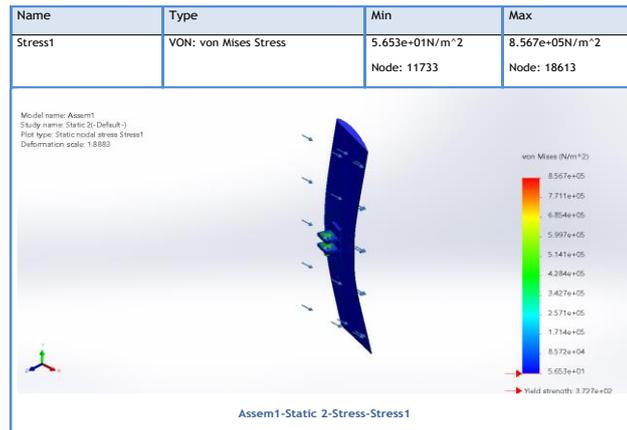
Gambar 4.24 Grafik percepatan angin terhadap *Strain*

4.1.3 Hasil *Simulation Report Static* pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s².

Pembebanan dilakukan pada *airfoil* yang telah di *assembly* dengan *bracket* pembebanan ke arah X.

- a. Hasil simulasi total *stress1* kumpulan gaya (*force*) pada suatu permukaan benda.

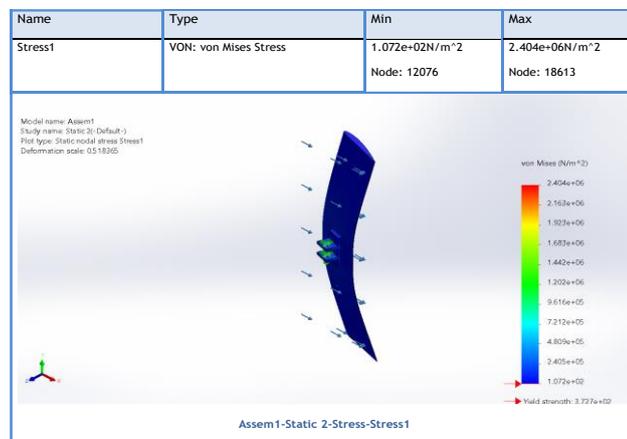
Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna paling merah, terkecil adalah warna paling biru. Sedangkan area dengan sedng adalah area warna kuning, hijau, atau biru muda. Total *stress1* kumpulan gaya dari *bracket*, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari material atau benda.



Gambar 4.25 Total *stress1* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.25 tegangan terbesar max 8,567e+05 N/m² terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai terkecil senilai 5,653e+01 N/m², dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

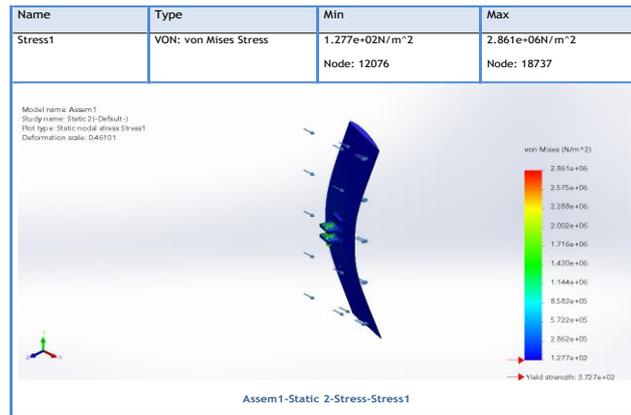
Untuk selanjutnya percobaan ke dua pada beban 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:



Gambar 4.26 Total *stress1* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.26 tegangan terbesar max 2,404e+06 N/m² terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai min senilai 1,072e+02N/m², dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

Untuk selanjutnya percobaan ke dua pada beban 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s² didapat hasil sebagai gambar dibawah ini:

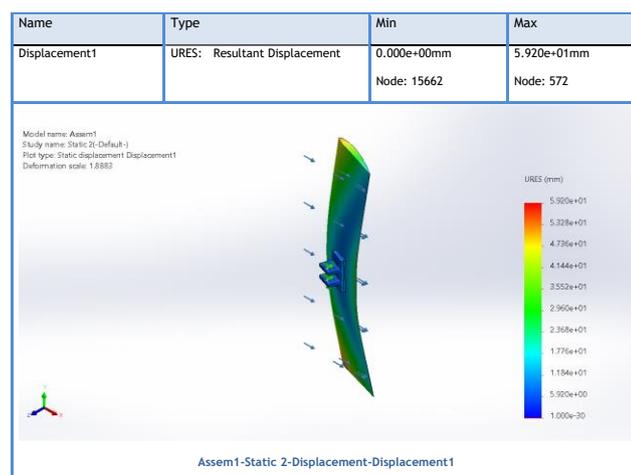


Gambar 4.27 Total *stress1* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s²

Pada *bracket airfoil* percobaan yang telah ditampilkan pada gambar 4.27 tegangan terbesar max $2,861e+06 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan antara brcket, sedangkan nilai min senilai $1,277e+02\text{N/m}^2$, dengan melihat hasil gambar dinyatakan aman atau layak dan tidak ada menunjukkan warna merah.

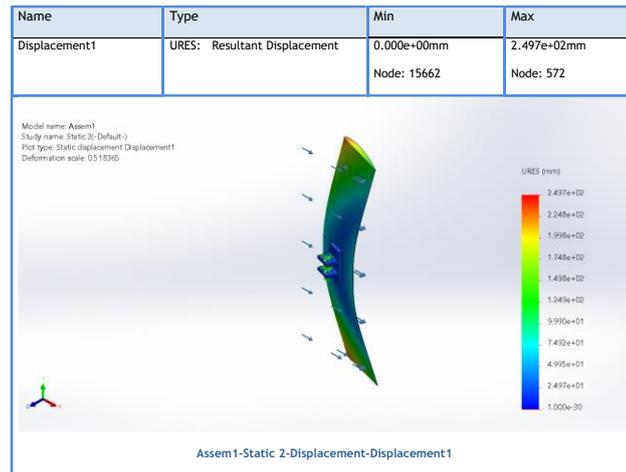
- b. Hasil *Displacement* 1 perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya yaitu sudu pada hal ini melengkung.

Dalam pengujian pembebanan 5 kg dengan percepatan 5 m/s² bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar $5,920e+01 \text{ mm}$, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000e-00 \text{ mm}$ pada *bracket* seperti pada gambar 4.28 di bawah ini.



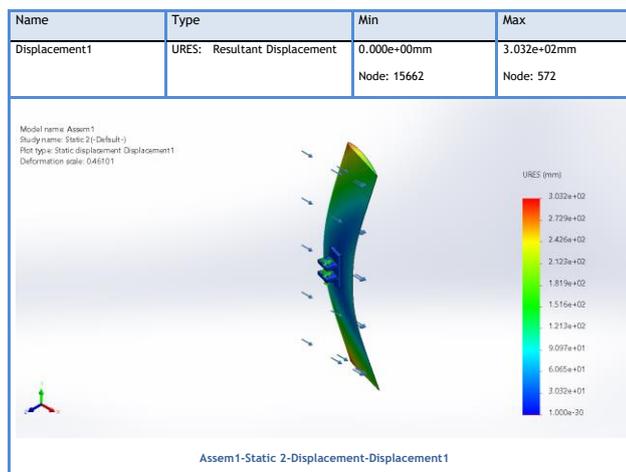
Gambar 4.28 Displacement1 akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s²

Untuk pengujian berikutnya pembebanan 3 kg dengan percepatan 10 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar $2,497\text{e}+02$ mm, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000\text{e}-00$ mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.29 di bawah ini.



Gambar 4.29 Displacement1 akibut pembeban 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2

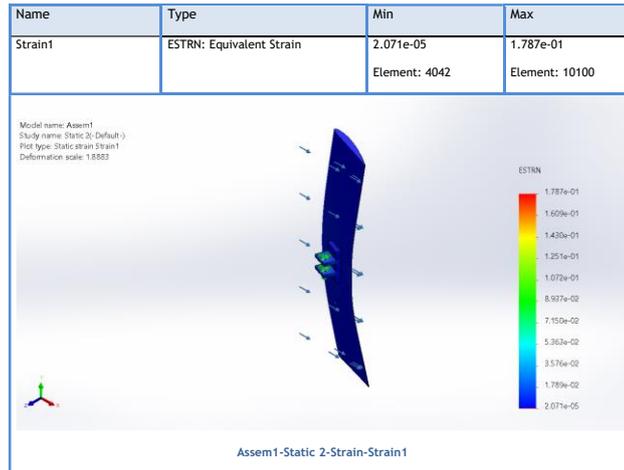
Untuk pengujian berikutnya pembebanan 3 kg dengan percepatan 10 m/s^2 bagian yang paling pada pengujian ini adalah *airfoil* atau sudu, yang pada bagian paling merah atau max sebesar $3,032\text{e}+02$ mm, dan bagian tidak mengalami perubahan bentuk atau tidak melengkung adalah bagian berwarna biru sebesar $0,000\text{e}-00$ mm pada *bracket* seperti pada gambar 4.30 di bawah ini.



Gambar 4.30 Displacement1 akibut pembeban 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s^2

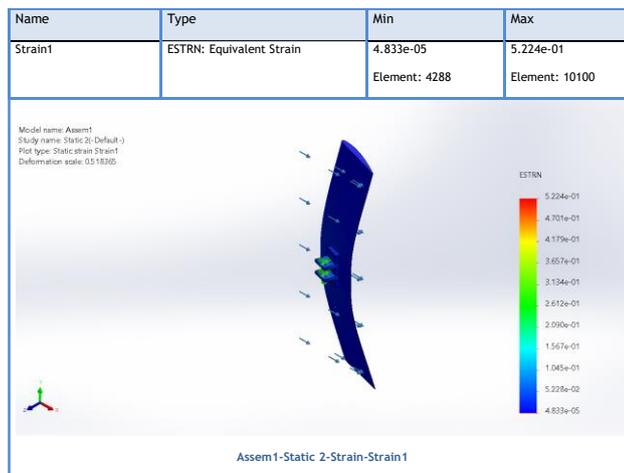
c. Hasil simulasi *equivalent strain*

Dengan pembebanan 5 kg percepatan 5 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $1,787e-01 \text{ mm}$ dan *Min* $2,071e-05 \text{ mm}$. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.31 di bawah ini.



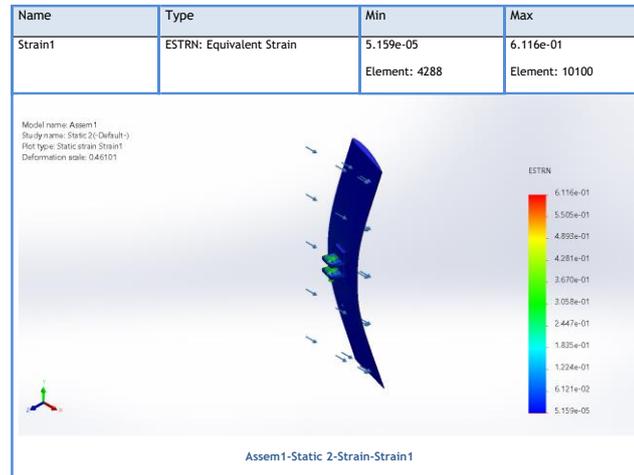
Gambar 4.31 *Equivalent strain* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s^2

Selanjutnya dengan pembebanan 5 kg percepatan 10 m/s^2 memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* $1,224e-01 \text{ mm}$ dan *Min* $4,833e-05 \text{ mm}$. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.32 dibawah ini.



Gambar 4.32 *Equivalent strain* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 10 m/s^2

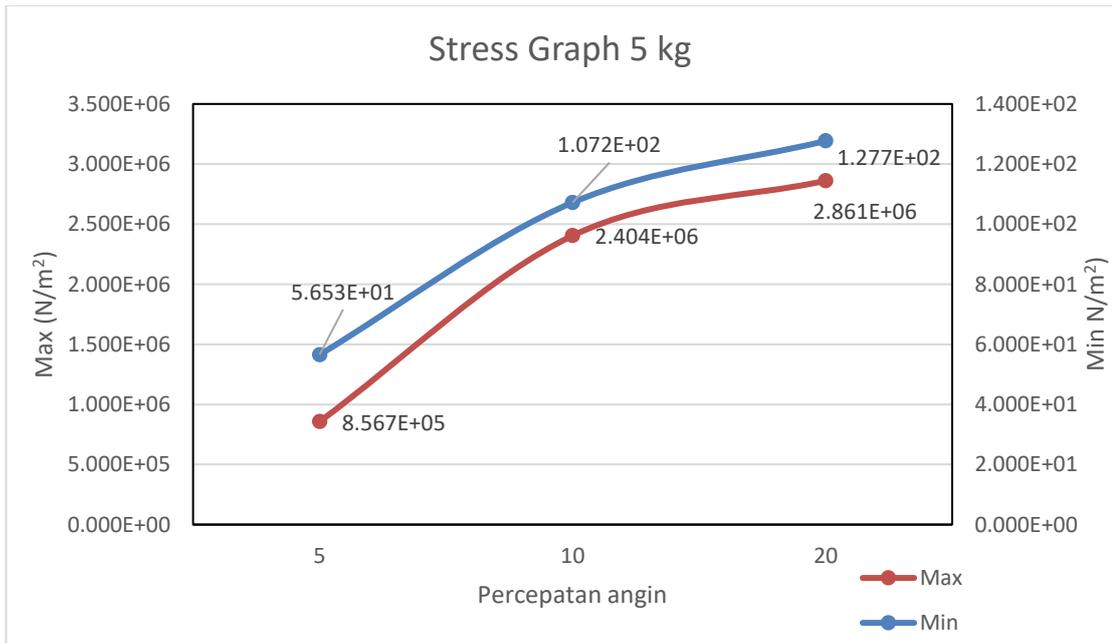
Selanjutnya dengan pembebanan 5 kg percepatan 20 m/s² memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 6,116e-01 mm* dan *Min 5,159e-05 mm*. susunan warna, warna yang paling merah adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini di dominasi warn atua yang artinya daerah aman seperti gambar 4.33 dibawah ini.



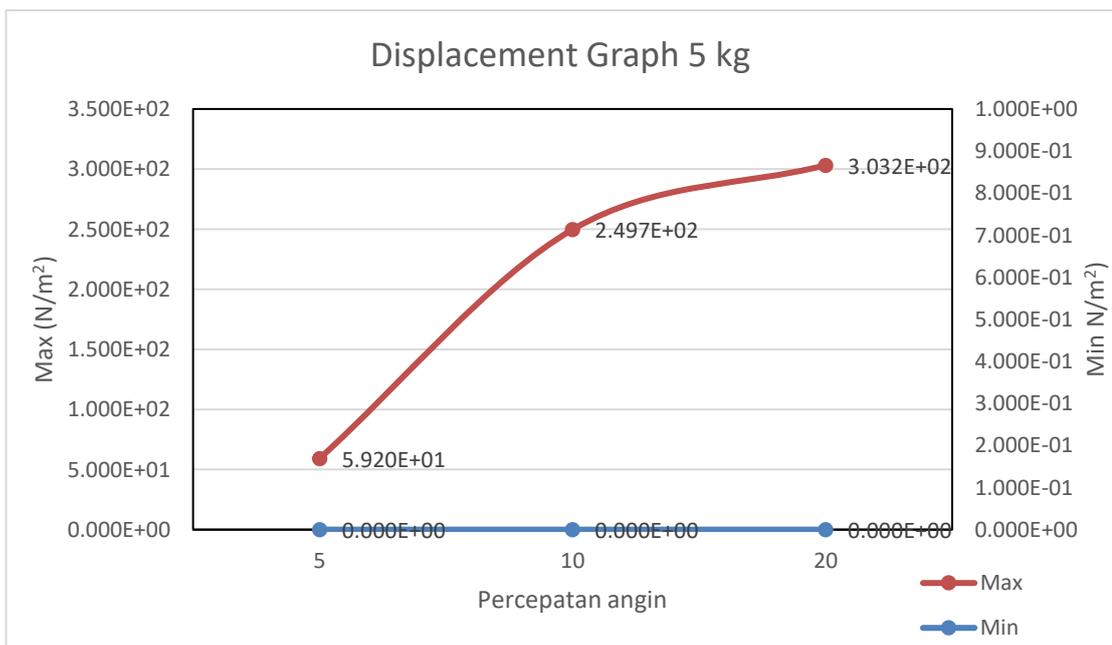
Gambar 4.33 *Equivalent strain* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 20 m/s

Tabel 4.3 Total *stress1* akibat pembebanan 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²

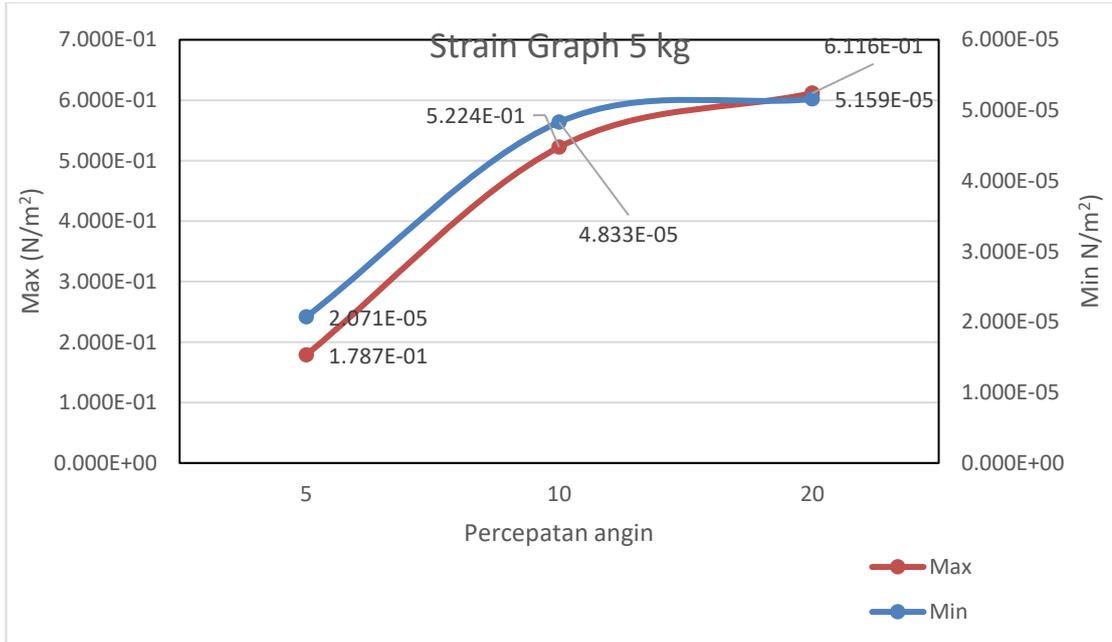
Load Variations (m/s)		Stress		Displacement		Strain	
		Min (N/m ²)	Max (N/m ²)	Min(mm)	Max	Min	Max
5kg	5 m/s	5.653e+01	8.567e+05	0.000e+00	5.920e+01	2.071e-05	1.787e-01
	10 m/s	1.072e+02	2.404e+06	0.000e+00	2.497e+02	4.833e-05	5.224e-01
	20 m/s	1.277e+02	2.861e+06	0.000e+00	3.032e+02	5.159e-05	6.116e-01



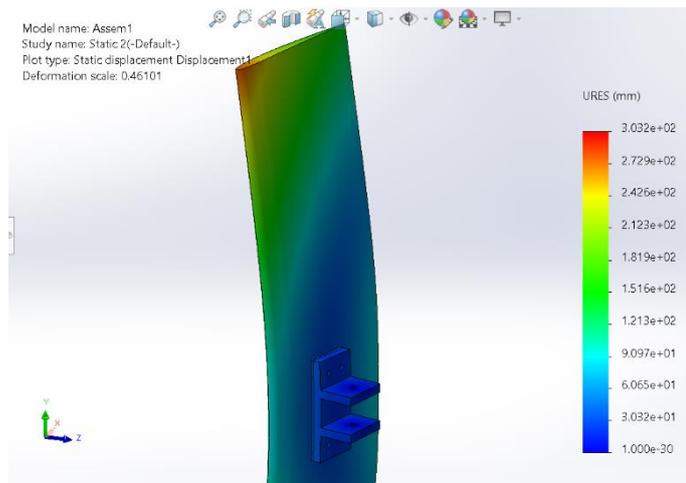
Gambar 4.34 Grafik percepatan angin terhadap *Stress*



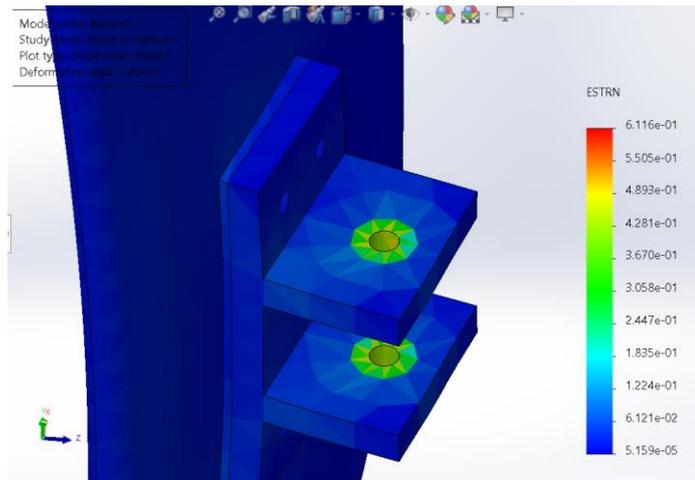
Gambar 4.35 Grafik percepatan angin terhadap *Displacement*



Gambar 4.36 Grafik percepatan angin terhadap *Strain*



Gambar 4.37 Detail *displacement* pada saat simulasi



Gambar 4.38 Detail *Equivalent strain* pada saat simulasi

4.2 Pembahasan Hasil Simulasi

Hasil simulasi pengujian yang telah dilakukan di *software solidworks* dengan ukuran yang berbeda pada, hasil daripada simulasi numerik kekuatan bracket airfoil disajikan dalam bentuk 3 tabel berbeda, yaitu tabel hasil simulasi *Stress*, *Displacement*, dan *Strain*.

Nilai stress tertinggi yang terjadi pada pembeban 2 kg terjadi pada percepatan 20 m/s^2 : $1.725\text{e}+06 \text{ N/m}^2$, nilai tegangan tertinggi pada pembebanan 3 kg terjadi pada percepatan 20 m/s^2 : $3.116\text{e}+06\text{N/m}^2$, dan nilai tegangan tertinggi terjadi pada pembebanan 5 kg dengan percepatan 20 m/s^2 : $2.861\text{e}+06\text{N/m}^2$.

Displacement yang terjadi pada simulasi kekuatan *bracket airfoil* naca 1422, terjadi pada pada *airfoil*, sehingga *bracket* tidak mengalami *displacement* (regangan) dikarenakan konsep dari pengujian *displacement* terjadi pada titik ujung specimen yang diuji.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil desain dan simulasi yang telah dilakukan maka dengan ini dapat di beri kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain bracket didesain dengan panjang 140 mm, lebar 70 mm, tebal 12 mm dan tinggi 62 mm.
2. Hasil simulasi dari stress, strain dan deformasi ialah sebagai berikut
 - Nilai hasil dari pembebanan dengan beban 2 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²
 - Total *Stress1* akibat pembebanan = Max 1.725e+06 (n/m²)
 - *Displcement1* akibat pembebanan = Max 1.592e+02 (mm)
 - *Equivalent strain1* akibat pembebanan = Max 3.673e-01 (mm)
 - Nilai hasil dari pembebanan dengan beban 3 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²
 - Total *Stress1* akibat pembebanan = Max 3.116e+06 (n/m²)
 - *Displcement1* akibat pembebanan = Max 2.287e+02 (mm)
 - *Equivalent strain1* akibat pembebanan = Max 6.565-01 (mm)
 - Nilai hasil dari pembebanan dengan beban 5 kg dengan percepatan angin 5 m/s², 10 m/s² dan 20 m/s²
 - Total *Stress1* akibat pembebanan = Max 2.861e+06 (n/m²)
 - *Displacement1* akibat pembebanan = Max 3.032e+02 (mm)
 - *Equivalent strain1* akibat pembebanan = Max 6.116e-06 (mm)

Jadi dapat disimpulkan keadaan fisik *bracket* berbahan komposit dan peneliti *apply* juga pada sudu, tidak mengalami perubahan fisik atau *displacement* yang signifikan. Namun sudu yang mengalami kelengkungan yang signifikan.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian analisa numerik selanjutnya diharapkan lebih mengembangkan variasi persentase campuran pada *bracket* dengan menggunakan material yang lain.

2. Pada pengujian *bracket* berikutnya diharapkan menggunakan material yang berbeda antara *airfoil* dan *bracket*.
3. Pada pengujian *bracket* berikutnya melakukan pengujian kekuatan material secara langsung, seperti uji tarik, uji kekerasan dan uji *impact*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fransetyo, T. (2019). *Analisa Numerik Sudut Serang Pada Airfol NACA 2410 Terhadap Performance Sudu Kincir Angin*. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- HANDOKO. (2017). *Analisa numerik pada braket baja dengan variasi ketebalan*.
- Hartanto, S. (2022). Beralih Dari Mebel Kayu Solid Ke Mebel Berbasis Rotary Veneer (Bentwood). *Jurnal Seni Dan Reka Rancang: Jurnal Ilmiah Magister Desain*, 5(1), 81–92. <https://doi.org/10.25105/jsrr.v5i1.15277>
- Marsono, M., Ali, A., & P. Sembiring, A. (2018). Peningkatan Kekakuan Sudu Turbin Angin Vertikal Berbahan Komposit Serat Karbon Melalui Rekayasa Penampang Inersia. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(3), 255–266. <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i3.2514>
- Maryanti, B., Sonief, A. A., & Wahyudi, S. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- Nakhodah, Y. I., & Saleh, C. (2017). PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN SUMBU VERTIKAL UNTUK PENERANGAN RUMAH TANGGA DI DAERAH PESISIR PANTAI 1). *Institut Teknologi Nasional Malang*, 7(1), 1–9.
- Nugroho, W. T. (2015). Pengaruh Model Serat Pada Bahan Fiberglass Terhadap Kekuatan, Ketangguhan, Dan Kekerasan Material. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 15(1), 1–6. <https://doi.org/10.25047/jii.v15i1.58>
- Prayogo, S., & Sari, M. M. (2014). Unjuk Kerja Turbin Angin Tipe Poros Horizontal 3 Sudu Berdiameter 2,4 Meter. *Teknik Energi*, 4(2), 322–326.
- Priyanto, K., Purwono, A. H., & Cristanto, D. A. (2019). Ketangguhan impak dan kekuatan tarik komposit fiberglass/clay filler bermatriks unsaturated polyester Bqtn-ex 157. *Teknika*, 45–53. <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte/article/view/87>
- Raharjo, R., Widodo, T., & Bintarto, R. (2018). Desain Manufaktur Bracket Aluminium. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), 119–125. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.02.8>
- Rahmat, T. (2016). *STUDI NUMERIK TURBIN ANGIN DARRIEUS DENGAN*

VARIASI JUUMLAH SUDU DAN PERCEPATAN ANGIN.

Saputra, M. (2016). Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Percepatan Angin Rendah. *Jurnal Mekanova*, 2(1), 74–83.

SYAHPUTRA, P. (2022). *ANALISA SIMULASI NUMERIK KEKUATAN MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK KAPASITAS 100 KG/JAM MENGGUNAKAN APLIKASI SOLIDWORKS.*

Wibowo, E. A., Wahyu Hidayah, M. N., & Ngisomudin, N. (2022). Perancangan Angelbar Bracket Fifth Wheel JSK38 untuk Truk Scania R500 pada Trailer SST74 dengan Metode Quality Function Deployment dan Finite Element Method. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 2(8), 373–379.
<https://doi.org/10.52436/1.jpti.207>

- Dinarso, M. (2019). *Simulasi numerik airfoil naca 2415 berdasarkan variasi kecepatan dan angel of attack laporan tugas akhir.*
- Effendy, M., & Muchlisin. (2019). Studi Eksperimental dan Simulasi Numerik Karakteristik Aerodinamika Airfoil NACA 4412. *Jurnal Rotasi*, 21(3), 1–9. <https://doi.org/10.14710/rotasi.21.3.147-154>
- Embang, J. D. (2018). *Analisis 2d Airfoil NACA 4412 Menggunakan Computational Fluids Dynamicd Pada Variasi Bilangan Mach dan Sudut Serang.* 134. https://repository.usd.ac.id/6403/2/125214023_full.pdf
- Erlangga, G. G. P. (2017). *STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK AERODINAMIK AIRFOIL NACA 4412.* 5–7.
- Fadhillah, M. T. (2020). *KAJI NUMERIK RASIO KERAMPINGAN ROTOR SAVONIUS SEBAGAI PENGGERAK AWAL TURBIN ANGIN VERTIKAL SAVONIUS DAN DARRIEUS.*
- FAHMI, A. (2021). Analisa Numerik *APK Shell Helical Coil* Bersirip pada Aplikasi ACWH. In *skripsi.* <http://repository.umsu.ac.id>
- Fransetyo, T. (2019). *Analisa Numerik Sudut Serang Pada Airfol NACA 2410 Terhadap Performance Sudu Kincir Angin.* Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Hidayat, M. F. (2020). *DENGAN ANSYS FLUENT.* 4–6.
- Nakhodah, Y. I., & Saleh, C. (2017). PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN SUMBU VERTIKAL UNTUK PENERANGAN RUMAH TANGGA DI DAERAH PESISIR PANTAI 1). *Institut Teknologi Nasional Malang*, 7(1), 1–9.
- Rahmat, T. (2016). *STUDI NUMERIK TURBIN ANGIN DARRIEUS DENGAN VARIASI JUUMLAH SUDU DAN KECEPATAN ANGIN.*
- Saputra, & Agustian. (2018). Analisa Pengaruh Putaran Blade Dan Arah Sudut Serang Terhadap Koefisien Drag Dan Lift Pada Mo. *Teknik Mesin, c*, 1–2. <http://kharisismail53.blogspot.co.id/>
- Siregar, C., & Irfansyah, I. (2018). Studi Numerik Unjuk Kerja Penggunaan Winglet Pada Heat Exchanger Tipe Compact. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 20–29.
- Wiratama, C. (2016). *PEMILIHAN AIRFOIL PESAWAT AEROMODELLING.*

<https://www.aeroengineering.co.id/2016/02/pemilihan-airfoil-pesawat-aeromodelling/>.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Numerik Kekuatan Tekan Bracket Airfoil NACA
4412 Pada Turbin Angin Vertikal
Nama : Safril Saputra
NPM : 1807230033
Dosen Pembimbing : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	05/09/2023	Perbaikan - Rumusan masalah - Tujuan penelitian	l
	09/11/2023	Perbaikan Teori Bab 2 Penulisan Bab 3	l
:	20/12/2023	Perbaikan Bab 4 - Penambahan teori	l
	23/12/2023	ACC	l



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XU/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
🌐 <https://fatek.umsu.ac.id> ✉ fatek@umsu.ac.id 📘 [umsumedan](#) 📷 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor: 229/AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Tanggal 17 Februari 2024 dengan ini Menetapkan :

NAMA : SAFRIL SAPUTRA
NPM : 1807230033
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 12 (DUA BELAS)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS NUMERIK KEKUATAN BRECKET AIR FOIL
NACA 4412 PADA TURBIN ANGIN VERTIKAL .

Dosen Pembimbing : ARYA RUDI NASUTION ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 09 Sya'ban 1445 H
19 Februari 2024 M



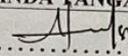
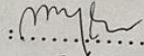
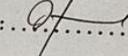
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



2 8.00
2 7.34
2 7.34
2 8.66

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

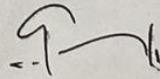
Peserta seminar
 Nama : Safril Saputra
 NPM : 1807230033
 Judul Tugas Akhir : Analisis Numerik Kekuatan Bracket Air Foil Naca 4412 Pada Turbin Angin Vertikal

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Arya Rudi Nasution, ST, MT	
Pemanding – I	: M. Yani, ST, MT	
Pemanding – II	: Affandi, ST, MT	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230161	Atif Juandoro	
2	1807230049	Muhammad PIRKI	
3	1807230002	Rachael Aami	
4	1807230161	KEMAL ANANTA	
5	1807230022	SAFRIL SAPUTRA	
6	1807230167	Rizky Rapi Andi	1807230033
7	1807230184	Yusuf Kurniawan S	
8			
9			
10			

Medan, 11 Ramadhan 1445 H
21 Maret 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Safri Saputra
NPM : 1807230033
Judul Tugas Akhir : Analisis Numerik Kekuatan Bracket Air Foil Naca 4412 Pada Turbin Angin Vertikal

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Affandi, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Arya Rudi Nasution, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

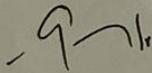
lihat buku log alibi

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan, 11 Ramadhan 1445 H
21 Maret 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



M. Yani, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A.DATA PRIBADI

Nama : Safril Saputra
Jenis kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Kabun, 13 Juni 2000
Alamat : Kabun, Rokan Hulu, Riau
Agama : Islam
Email : safrilsaputra08@gmail.com
No. HP : 085261551922

B.RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 007 Kabun
2. SMPN 1 Kabun
3. SMKN 1 Bangkinang Kota