



Jurnal Artikel

## Simulasi Faktor Keamanan Dan Pembebanan *Frame* Pada Turbin Angin *Type Darrieus*

Muhammad Rifqi Firdaus<sup>1\*</sup>, Kardiman<sup>2</sup>, Rizal Hanifi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Singaperbagsa Karawang

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Universitas Singaperbagsa Karawang

<sup>3</sup>Teknik Mesin, Universitas Singaperbagsa Karawang

Email : <sup>1</sup>1910631150035@student.unsika.ac.id

### Abstrak

Analisis terhadap kerangka turbin angin jenis *Darrieus* menunjukkan bahwa kerangka tersebut telah memenuhi standar keamanan baik dalam perhitungan teoritis maupun melalui simulasi. Beban yang diterapkan pada kerangka meliputi beban pada lengan sudu, sudu, poros, pulley, V-belt, dan generator sebesar 14 Kg. Hasil dari perhitungan teoritis menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang terjadi pada kerangka adalah  $1,653 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan hasil simulasi pada material AISI 1045 adalah sebesar  $4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Displacement maksimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah  $4,90 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara teoritis, dan  $8,645 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara simulasi. Faktor keamanan minimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah 32 secara teoritis, dan 19,54 melalui simulasi. Selain itu, melalui simulasi dengan menggunakan material ASTM A36, diperoleh tegangan material sebesar  $4,730 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , displacement maksimal  $5,03 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara teoritis dan  $8,828 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , dan faktor keamanan sebesar 52,8. Namun, faktor keamanan pada perhitungan teoritis menggunakan material ASTM A36 adalah 15,1 dan simulasi 52,8. Meskipun terdapat galat pada hasil analisis menggunakan material AISI 1045, yaitu sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 63% pada faktor keamanan, serta galat sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 71% pada faktor keamanan pada material ASTM A36, nilai-nilai tersebut masih berada di bawah batas yield strength dari material AISI 1045  $5,3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dan material ASTM A36  $2,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa kerangka turbin angin jenis *Darrieus* ini dapat dianggap aman dan layak untuk digunakan. Berdasarkan hasil analisis safety factor, perbandingan dari kedua material meliputi material AISI 1045, dan ASTM A36 didapatkan material yang paling baik adalah material ASTM A36 dikarenakan memiliki nilai safety factor yang paling besar yaitu aktual 15,1 dan simulasi 52,8 dengan galat 71%.

**Kata Kunci:** Simulasi, Pembebanan, Static, Frame

### Abstract

contains the main of the problems, the solution of methodology and the results obtained. Abstract written in Indonesian and English, accompanied by keywords (keywords) below. The original text in the form of soft copy sent direct writer will be printed as JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN contents if it has met the writing guide. To ensure uniformity and smoothness of the printing process, as well as the format of the writing made the posting. This guide as a reference is required for the writing and delivery of writings JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN. This guide is written as a standard format for ease JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN and guidelines in softcopy format can be directly used as a template for writers.

**Keywords:** guidance, writing, format, titel

## 1. PENDAHULUAN

Rangka (*frame*) merupakan bagian mendasar yang paling penting khususnya penggunaan pada permesinan, karena fungsi rangka yaitu sebagai pendukung komponen – komponen itu sendiri, serta mampu menahan gaya aksial, normal, dan momen untuk menjaga kestabilan pada mesin. Kekuatan rangka bergantung pada bentuk atau jenis konstruksinya yang dimana untuk menahan pembebanan torsi dari mesin dan juga menahan kejutan yang diberikan pada saat mesin bergerak [1].

Umumnya, rangka dibuat dari bahan logam atau campuran bahan, dengan syarat bahwa bahan tersebut harus memiliki daya tahan yang cukup untuk menanggung beban kendaraan. Selain itu, fungsi rangka adalah menjaga agar kendaraan tetap kokoh dan terhindar dari perubahan bentuk yang tidak diinginkan[2]. Pentingnya rangka yang kokoh juga harus diimbangi dengan bobot yang ringan agar tidak memberikan beban berlebihan pada mesin kendaraan. Selain memiliki konstruksi yang ringan namun kuat, rangka juga perlu memiliki tingkat fleksibilitas yang baik untuk dapat meredam getaran yang berasal dari mesin kendaraan [3].

Mengingat pentingnya peran yang tumpu oleh kerangka yang sangat signifikan, diperlukan suatu studi untuk mengidentifikasi tegangan puncak yang mungkin terjadi pada kerangka tersebut [4]. Pendekatan ini melibatkan analisis mendalam terhadap desain kerangka melalui penggunaan perangkat lunak SolidWorks[5].

Perangkat lunak solidworks merupakan sebuah aplikasi perancangan yang banyak dipakai untuk mengembangkan desain produk, rancangan mesin, proyek konstruksi, serta kebutuhan teknik lainnya. Software SolidWorks memiliki fitur yang memungkinkan analisis dan perhitungan hasil desain seperti tegangan, regangan,

dampak suhu, dan lainnya. SolidWorks beroperasi berdasarkan model fitur parametrik, sehingga setiap objek dapat dimodifikasi tanpa perlu memulai ulang dari awal. Pendekatan ini sangat mempermudah proses merancang produk atau rancangan dengan efisien Elemen Hingga adalah suatu pendekatan matematika numerik yang digunakan untuk perhitungan kekuatan struktur dalam komponen teknik dengan membagi objek menjadi jaringan bentuk-bentuk kecil. Faktor utama dalam analisis Elemen Hingga (FEA) adalah penerapan perhitungan berbasis angka dengan tujuan untuk perkiraan semua parameter serta batasan kondisi yang telah ditetapkan [6].

Angga Restu, dkk (2021) penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis perancangan frame gokart dari pengaruh pembebanan menggunakan CAD solidwork 2016, kerangka pada penelitiannya menggunakan material baja AISI 1045 hollow tube berukuran 27 x 3,2 mm. Penelitian ini menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA). Tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, displacement, dan safety factor dari hasil pembebanan statis pada frame gokart. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks 2016. Hasil dari perhitungan variabel beban 50 kg dan 70 kg serta variabel deain rangka, mendapatkan tegangan maksimum  $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  sedangkan dari simulasi sebesar  $4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Regangan maksimum secara perhitungan sebesar  $2,310 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$ . Displacement yang didapat secara manual sebesar  $1,864 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dan secara simulasi sebesar  $1,222 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Safety factor sebesar 11,93 dan perhitungan secara analisis sebesar 11,736. Maka frame dikatakan layak dan aman. Hasil dari perbandingan perhitungan manual dan simulasi tidak jauh berbeda [1].

Christofel Jarot Yudaputranto, (2022). Penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis statis rangka ekonomizer pada pemanas air dengan metode induction heating menggunakan perangkat lunak solidworks simulation 2018, kerangka pada penelitiannya menggunakan material ASTM A500 berukuran 40 x 40 x 2 dan 30 x 30 x 2 mm. Penelitian ini menggunakan metode induction heating. Tujuan penelitiannya untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, displacement dan safety factor dari hasil pembebanan statis pada frame ekonomizer. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks 2018. Hasil dari perhitungan variabel beban 3,534 Kg, 2, 302 Kg, 9,42 Kg serta variabel desain rangka 1 didapatkan nilai tegangan sebesar  $2.720.702 \text{ N/m}^2$ , nilai displacement sebesar 0,07 mm dan nilai safety of factor maksimum adalah 1743,126 dan nilai minimumnya 115,812. Dan hasil analisa desain rangka 2 didapat nilai tegangan sebesar  $3.466.573 \text{ N/m}^2$ , lalu nilai displacement sebesar 0,033 mm dan nilai safety of factor maksimum adalah 2098,27 dan nilai umumnya adalah 90,894. Dari hasil analisa static pada kedua desain rangka, nilai analisis displacement, dan safety of factor pada desain rangka 2 lebih kecil dibandingkan dengan nilai analisis pada desain rangka 1, dapat dikatakan rancangan rangka dudukan ekonomizer rangka 2 dapat dipilih sebagai rangka yang baik [7].

Aji Abdillah Kharisma, (2020). Penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis kegagalan pada rangka mesin perontok padi kapasitas 1 Ton/jam menggunakan Metode Von misses, kerangka penelitiannya menggunakan material ASTM A36 berukuran 80 x 54 x 100 cm. Penelitian ini menggunakan metode Von misses. Tujuan penelitiannya untuk mengetahui kekuatan rangka dari

stress (tegangan), strain (regangan) displacement, dan Safety factor (faktor keamanan), dari hasil pembebanan statis pada rangka mesin perontok padi. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks, hasil dari perhitungan variabel beban 21,2 Kg, 34,2 Kg, 27,4 Kg. Berdasarkan hasil analisis simulasi rangka mesin perontok padi didapatkan nilai von misses 91,95 MPa dan perhitungan manual aktual von misses sebesar 88,72 MPa dengan persentase perbandingan hasil sebesar 3% pada hasil perhitungan nilai displacement (strain) secara aktual bernilai 0,23 mm dan hasil analisa simulasi sebesar 0,21 mm dengan persentase hasil sebesar 8% sedangkan hasil perhitungan aktual safety factor adalah 2,71 ul dan safety factor pada analisa simulasi software sebesar 2,72 ul dengan persentase perbandingan sebesar 3%. Berdasarkan hasil dari perhitungan aktual dan analisa simulasi bahwa nilai safety factor diantara range nilai 1 sampai 10 dan von misses  $\leq 200 \text{ MPa}$  (Modulus elasticity) material ASTM A36 yang artinya bahwa rangka pada mesin perontok padi memenuhi keamanan yang baik dalam perancangannya [8].

Ismail Furqani, (2022) penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan solidworks 2019, kerangka pada penelitiannya menggunakan baja profil L 25 x 25 mm tebal 1,5 mm dengan jenis material ASTM A36 Steel. Penelitian ini menggunakan metode elemen mesin. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil simulasi statis dari rangka perontok padi, mengetahui nilai von misses, displacement, factor of safety desain ini menggunakan software solidworks 2019. Hasil dari perhitungan beban 1 sebesar 50 Kg dan beban 2 sebesar 30 Kg. Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan von misses

terbesar pada beban 2 sebesar 79.183.792,000 N/m<sup>2</sup> dengan displacement sebesar 0,657 mm. Nilai safety factor hasil simulasi didapatkan yaitu 3 dan 2,635. Berdasarkan dobrovolsky dalam buku “machine element” rentan safety factor untuk beban dinamis adalah 2,0 – 3,0. Maka kekuatan rangka mesin perontok padi mampu menopang kinerja mesin selama penggunaan[3].

Permasalahan yang diambil dalam penulisan ini adalah bagaimana membuat perancangan, mendesain, menganalisis frame turbin angin darrieus serta membandingkan bagaimana analisa perhitungan teoritis dan simulasi terhadap perbandingan variasi material pada frame turbin angin darrieus dalam keadaan statis, serta menganalisis perbandingan hasil von mises, displacement, dan safety of factor dengan perhitungan software dan manual. Berdasarkan latarbelakang diatas penulis bertujuan melakukan penelitian dengan judul “SIMULASI FAKTOR KEAMANAN DAN PEMBEBANAN FRAME PADA TURBIN ANGIN TYPE DARRIEUS”

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka yang digunakan sebagai literatur dalam penulisan skripsi ini adalah yang berhubungan dengan analisis kontruksi dengan menggunakan *Software solidworks*, berikut penelitian terkait yang telah dilaksanakan sebelumnya.

Angga Restu, dkk (2021) penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis perancangan frame gokart dari pengaruh pembebanan menggunakan CAD solidwork 2016, kerangka pada penelitiannya menggunakan material baja AISI 1045 hollow tube berukuran 27 x 3,2 mm. Penelitian ini menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA). Tujuan

penelitiannya adalah untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, displacement, dan safety factor dari hasil pembebanan statis pada frame gokar. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks 2016. Hasil dari perhitungan variabel beban 50 kg dan 70 kg serta variabel desain rangka, mendapatkan tegangan maksimum 4,735 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup> sedangkan dari simulasi sebesar 4,516 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup>. Regangan maksimum secara perhitungan sebesar 2,310 x 10<sup>-4</sup> N/m<sup>2</sup>. Displacement yang didapat secara manual sebesar 1,864 x 10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup> dan secara simulasi sebesar 1,222 x 10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup>. Safety factor sebesar 11,93 dan perhitungan secara analisis sebesar 11,736. Maka frame dikatakan layak dan aman. Hasil dari perbandingan perhitungan manual dan simulasi tidak jauh berbeda [1].

Christofel Jarot Yudaputranto, (2022). Penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis statis rangka ekonomizer pada pemanas air dengan metode induction heating menggunakan perangkat lunak solidworks simulation 2018, kerangka pada penelitiannya menggunakan material ASTM A500 berukuran 40 x 40 x 2 dan 30 x 30 x 2 mm. Penelitian ini menggunakan metode induction heating. Tujuan penelitiannya untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, displacement dan safety factor dari hasil pembebanan statis pada frame ekonomizer. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks 2018. Hasil dari perhitungan variabel beban 3,534 Kg, 2, 302 Kg, 9,42 Kg serta variabel desain rangka 1 didapatkan nilai tegangan sebesar 2.720.702 N/m<sup>2</sup>, nilai displacement sebesar 0,07 mm dan nilai safety of factor maksimum adalah 1743,126 dan nilai minimumnya 115,812. Dan hasil analisa desain rangka

2 didapat nilai tegangan sebesar  $3.466.573 \text{ N/m}^2$ , lalu nilai displacement sebesar  $0,033 \text{ mm}$  dan nilai safety of factor maksimum adalah  $2098,27$  dan nilai umumnya adalah  $90,894$ . Dari hasil analisa static pada kedua desain rangka, nilai analisis displacement, dan safety of factor pada desain rangka 2 lebih kecil dibandingkan dengan nilai analisis pada desain rangka 1, dapat dikatakan rancangan rangka dudukan ekonomizer rangka 2 dapat dipilih sebagai rangka yang baik [7].

Aji Abdillah Kharisma, (2020). Penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis kegagalan pada rangka mesin perontok padi kapasitas  $1 \text{ Ton/jam}$  menggunakan Metode Von misses, kerangka penelitiannya menggunakan material ASTM A36 berukuran  $80 \times 54 \times 100 \text{ cm}$ . Penelitian ini menggunakan metode Von misses. Tujuan penelitiannya untuk mengetahui kekuatan rangka dari stress (tegangan), strain (regangan) displacement, dan Safety factor (faktor keamanan), dari hasil pembebanan statis pada rangka mesin perontok padi. Desain pada penelitian ini menggunakan software solidworks, hasil dari perhitungan variabel beban  $21,2 \text{ Kg}$ ,  $34,2 \text{ Kg}$ ,  $27,4 \text{ Kg}$ . Berdasarkan hasil analisis simulasi rangka mesin perontok padi didapatkan nilai von misses  $91,95 \text{ MPa}$  dan perhitungan manual aktual von misses sebesar  $88,72 \text{ MPa}$  dengan persentase perbandingan hasil sebesar  $3\%$  pada hasil perhitungan nilai displacement (strain) secara aktual bernilai  $0,23 \text{ mm}$  dan hasil analisa simulasi sebesar  $0,21 \text{ mm}$  dengan persentase hasil sebesar  $8\%$  sedangkan hasil perhitungan aktual safety factor adalah  $2,71$  ul dan safety factor pada analisa simulasi software sebesar  $2,72$  ul dengan persentase perbandingan sebesar

$3\%$ . Berdasarkan hasil dari perhitungan aktual dan analisa simulasi bahwa nilai safety factor diantara range nilai  $1$  sampai  $10$  dan von misses  $\leq 200 \text{ MPa}$  (Modulus elasticity) material ASTM A36 yang artinya bahwa rangka pada mesin perontok padi memenuhi keamanan yang baik dalam perancangannya [8].

Ismail Furqani, (2022) penelitian berfokus pada perancangan rangka dengan judul Analisis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan solidworks 2019, kerangka pada penelitiannya menggunakan baja profil  $L 25 \times 25 \text{ mm}$  tebal  $1,5 \text{ mm}$  dengan jenis material ASTM A36 Steel. Penelitian ini menggunakan metode elemen mesin. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil simulasi statis dari rangka perontok padi, mengetahui nilai von misses, displacement, factor of safety desain ini menggunakan software solidworks 2019. Hasil dari perhitungan beban 1 sebesar  $50 \text{ Kg}$  dan beban 2 sebesar  $30 \text{ Kg}$ . Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan von misses terbesar pada beban 2 sebesar  $79.183.792,000 \text{ N/m}^2$  dengan displacement sebesar  $0,657 \text{ mm}$ . Nilai safety factor hasil simulasi didapatkan yaitu  $3$  dan  $2,635$ . Berdasarkan dobrovolsky dalam buku "machine element" rentan safety factor untuk beban dinamis adalah  $2,0 - 3,0$ . Maka kekuatan rangka mesin perontok padi mampu menopang kinerja mesin selama penggunaan [3].

Prasetyo dkk, (2020) penelitian yang berjudul Analisa Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange Menggunakan Solidworks, Penelitian ini menguji pembebanan pada rangka di wilayah 1, 2, dan 3 dengan variasi nilainya sebesar  $11693,809 \text{ N}$ ,  $28,266 \text{ N}$ , dan  $598,206 \text{ N}$ . Dari hasil pengujian didapatkan nilai safety factor pada rangka di wilayah 1, 2, dan 3 tersebut

telah memenuhi nilai minimum dengan nilai 12133,245, 182360,743, dan 3363,914, dengan max stress  $4,533 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ,  $3,016 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ , dan  $1,635 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  dan tidak lebih dari nilai yield strength materialnya sebesar  $5,55 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  [9].

A. Malden, (2021) Penelitian ini yang berjudul Simulasi Kekuatan Beban Rangka Terhadap *Prototype* Kursi Roda Pemanjat Tangga Menggunakan *Sofatware Solidworks*. Hasil analisis rangka *prototype* kursi roda pemanjat tangga telah memenuhi kriteria aman pada perhitungan teoritis maupun simulasi, dengan menggunakan beban pengguna paling besar 120 kg, beban mesin 11,75 kg, dan beban *controller power window* sebesar 14 kg. Dikarenakan hasil dari tegangan maksimum yang didapat pada rangka kursi roda secara teoritis sebesar  $3,161 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , dan secara simulasi sebesar  $2,914 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dengan nilai galat perbandingan simulasi dan teoritis sebesar 8%. Nilai tegangan masi dibawah nilai izin material dari dua material yaitu baja AISI 1045 dan *Alloy Steel* dengan nilai sebesar  $2,65 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Maka rangka *prototype* kursi roda pemanjat tangga dapat dikatakan aman dan layak digunakan dalam keadaan bidang datar, dan untuk material yang digunakan dapat terbilang layak, karena tegangan material yang terjadi pada rangka kuat menahan beban total sebesar 133,15 kg [10].

**Tabel 2. 1 Mapping riset penelitian terdahulu yang relevan.**

| Nama Peneliti    | Jenis Pengujian | Hasil                              |
|------------------|-----------------|------------------------------------|
| Agung Restu, dkk | Uji Statis      | Hasil perhitungan dari beban 70 kg |

|                            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Christofel Jarot Yudaputra | Uji Statis | mendapatkan tegangan maksimum $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan hasil 9 simulasi sebesar $4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Regangan maksimum secara perhitungan sebesar $2,310 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$ . <i>Displacement</i> yang didapat secara manual sebesar $1,864 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan secara simulasi sebesar $1,222 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . <i>Safety factor</i> sebesar 11,93 dan perhitungan secara analisis sebesar 11,736. Maka <i>frame</i> dikatakan layak dan aman. Hasil analisa statis pada desain rangka 1 yang dirancang menggunakan |
|----------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>n <i>software solidworks</i> 2018, didapatkan nilai tegangan sebesar 2.720.702 <math>N/m^2</math>, nilai <i>displacement</i> sebesar 0,07 mm dan nilai <i>safety of factor</i> maksimum adalah 1743,126 dan nilai minimumnya adalah 115,812. Hasil analisa statis pada desain rangka 2, didapatkan nilai tegangan sebesar 3.466.573 <math>N/m^2</math>, lalu nilai <i>displacement</i> sebesar 0,033 mm dan nilai <i>safety of factor</i> maksimum adalah 2098,27 dan nilai minimumnya adalah 90,894. Nilai tegangan pada desain</p> |                                      | <p>rangka 2 lebih besar dibanding pada disain yang pertama, hal ini karena adanya tambahan dua batang melintang yang turut membebani konstruksi. Dari hasil analisa <i>static</i> pada kedua desain rangka, nilai analisis <i>displacement</i>, dan <i>safety of factor</i> pada desain rangka 2 lebih kecil dibandingkan dengan nilai analisis pada desain rangka 1, dapat dikatakan rancangan rangka dudukan ekonomizer 2 dapat dipilih sebagai rangka yang baik. Nilai analisis simulasi <i>von misses</i> maksimum</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Aji<br/>Abdillah<br/>Kharisma</p> | <p>Uji<br/>Statis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>adalah 91,95 MPa dan perhitungan aktual <i>von misses</i> adalah 88,72 MPa, Nilai <i>Displacement</i> simulasi sebesar 0,21 mm, dan perhitungan aktual sebesar 0,23 mm, sedangkan nilai dari <i>safety factor</i> simulasi sebesar 2,72 ul dan perhitungan aktual nilai <i>safety factor</i> adalah 2,71 ul.</p> <p>Berdasarkan hasil analisis simulasi dan perhitungan aktual nilai <i>safety factor</i> masuk 18 Analisis Kegagalan pada Rangka Mesin Perontok Padi Kapasitas 1 Ton/Jam Menggunakan Metode <i>Von misses</i> kedalam range nilai (1</p> | <p>– 10) dan nilai <i>von misses</i> <math>\leq 200</math> MPa (<i>Modulus elasticity</i>) bahan material ASTM A36 yang artinya perancangan desain rangka mesin perontok padi memenuhi standar keamanan yang baik.</p> <p>Hasil simulasi statis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan baja profil L 25x25 mm tebal 1,5 mm dengan jenis material ASTM A36 Steel dan beban total yang diterima sebesar 80 kg, masih mampu menopang kinerja mesin selama penggunaan. Nilai <i>von misses</i></p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Ismail Uji<br/>Furqoni Statis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>terbesar didapat dari dudukan motor dengan beban 2 sebesar 79.183.792,000 <math>N/m^2</math> nilai ini masih jauh dibawah nilai yield strength dari material rangka yaitu 250.000.000,000 <math>N/m^2</math>. Sedangkan nilai <i>displacement</i> terbesar yaitu 0,657 mm yang didapat juga dari dudukan motor dengan beban 2. <i>Safety factor</i> dari simulasi statis pada rangka mesinperontok padi adalah sebesar 2,635-3, artinya rangka dengan spesifikasi baja profil L 25x25 mm tebal 1,5 mm dengan jenis material</p> | <p>ASTM A36 Steel mampu bekerja dengan baik selama penggunaan. Dari hasil pengujian didapatkan nilai <i>safety factor</i> pada rangka di wilayah 1, 2, dan 3 tersebut telah memenuhi nilai minimum dengan nilai 12133,245, 182360,743, dan 3363,914, dengan <i>max stress</i> 4,533 <math>\times 10^4 N/m^2</math>, 3,016 <math>\times 10^3 N/m^2</math>, dan 1,635 <math>\times 10^5 N/m^2</math> dan tidak lebih dari nilai <i>yield strength</i> materialnya sebesar 5,55 <math>\times 10^8 N/m^2</math>. Hasil analisis rangka <i>prototype</i> kursi roda pemanjat tangga telah memenuhi kriteria aman pada</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Prasetyo, Uji dkk (2020) Statis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>A, Malden Uji (2021) Statis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

---

perhitungan teoritis maupun simulasi, dengan menggunakan beban pengguna paling besar 120 kg, beban mesin 11,75 kg, dan beban *controller power window* sebesar 14 kg. Dikarenakan hasil dari tegangan maksimum yang didapat pada rangka kursi roda secara teoritis sebesar  $3,161 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , dan secara simulasi sebesar  $2,914 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dengan nilai galat perbandingan simulasi dan teoritis sebesar 8%. Nilai tegangan masi dibawah nilai izin material dari dua material

---



---

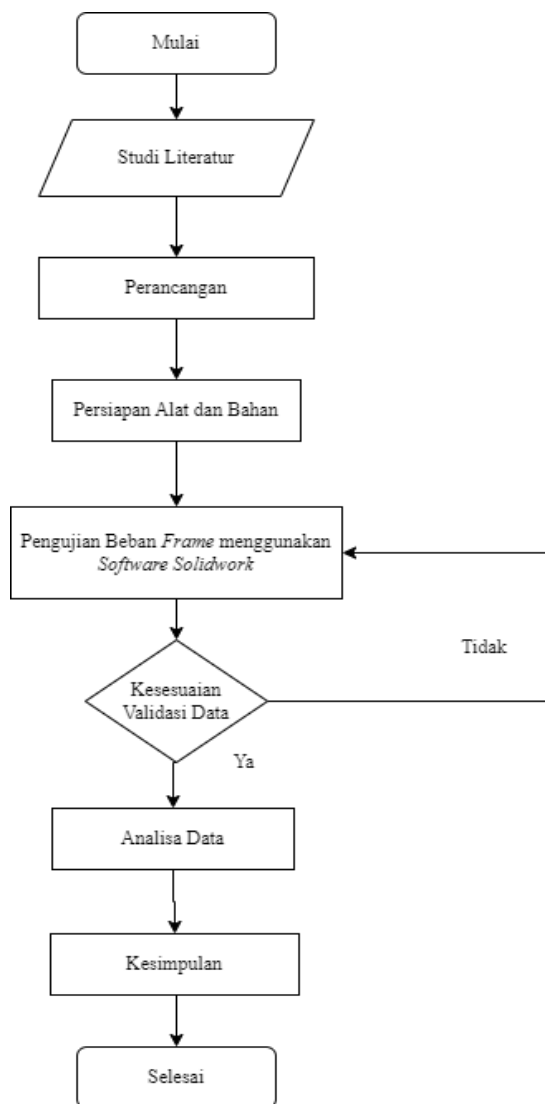
yaitu baja AISI 1045 dan *Alloy Steel* dengan nilai sebesar  $2,65 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Maka rangka *prototype* kursi roda pemanjat tangga dapat dikatakan aman dan layak digunakan dalam keadaan bidang datar, dan untuk material yang digunakan dapat terbilang layak, karena tegangan material yang terjadi pada rangka kuat menahan beban total sebesar 133,15 kg.

---

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada percobaan ini secara umum digambarkan dalam bentuk diagram alir sehingga memudahkan melakukan percobaan. Berikut merupakan diagram alir penelitian kali ini.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Output dari hasil penelitian ini adalah akan memperlihatkan hasil perhitungan aktual, mencari reaksi seriap batang pada rangka turbin angin *type darrieus*, serta analisis simulasi pada *software* yang akan meliputi bagian perhitungan dari *von misses* (tegangan), *displacement* (lendutan), *safety factor* (faktor keamanan) pada rangka turbin angin *type darrieus*. Hasil perbandingan perhitungan antara analisis simulasi pada *software* dan perhitungan secara aktual adalah sebagai berikut:

#### 4.1 Spesifikasi Perancangan Rangka Turbin Angin Type Darrieus

Dimensi rangka turbin angin *type darrieus* dua dimensi dan tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 3.2. Spesifikasi rangka turbin angin *type darrieus* yang dibuat sebagai analisa peneliti adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 1** Tabel spesifikasi rangka

| Spesifikasi Rangka                   |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Keringgian Rangka                    | 800 mm                             |
| Lebar Rangka                         | 730 mm                             |
| Jarak Kaki Rangka Depan dan Belakang | 730 mm                             |
| Lebar Keseluruhan Rangka             | 3060 mm                            |
| Berat Rangka                         | 15 kg                              |
| Profil Siku                          | 35 x 35 x 5                        |
| Material Rangka                      | AISI 1010, AISI 1045, dan ASTM A36 |

#### 4.2 Massa Dari Setiap Komponen Rangka Turbin Angin Type Darrieus

Adapun massa dari setiap komponen turbin angin *type darrieus* yang terhubung pada rangka dilihat pada tabel 4.2

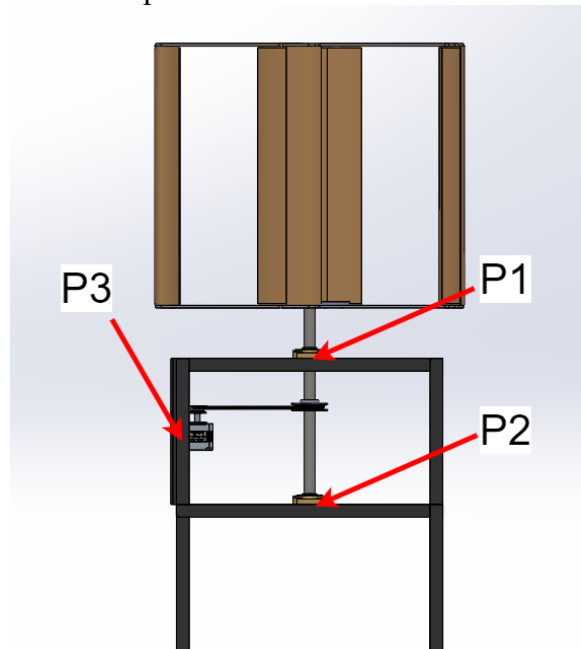
**Tabel 4. 2** Massa setiap komponen pada rangka

| No                 | Komponen       | Jumlah | Massa        |
|--------------------|----------------|--------|--------------|
| 1                  | Poros          | 1      | 3 kg         |
| 2                  | Penyangga Sudu | 2      | 4 kg         |
| 3                  | Sudu           | 4      | 1,4 kg       |
| 4                  | Generator      | 1      | 5 kg         |
| 5                  | Pulley         | 2      | 0,5 kg       |
| 6                  | V-belt         | 1      | 0,1 kg       |
| <b>Total massa</b> |                |        | <b>14 kg</b> |

#### 4.3 Pembahasan Perhitungan Rangka Turbin Angin Type Darrieus

Analisa kesetimbangan pada rangka turbin angin *type darrieus* seperti

ditunjukkan pada gambar 4.1 untuk situasi pembebanan pada rangka turbin angin type darrieus diasumsikan bahwa getaran pada struktur diabaikan, analisis pembebanan pada rangka dalam kondisi statis/diam, beban dinamis diabaikan, massa rangka diabaikan pada analisis.



**Gambar 4. 1** Komponen yang menjadi beban pada rangka

Berikut adalah keterangan pada gambar 4.1:

P1 = beban dari lengan sudu, sudu, poros, pulley dan V-belt.

P2 = beban dari lengan sudu, sudu, poros, pulley dan V-belt.

P3 = beban dari generator.

Beban yang diterima oleh rangka turbin adalah beban dari lengan sudu, sudu, poros, pulley, V-belt, dan generator. Seperti yang terdapat pada tabel 4.2. maka mencari nilai gaya dari suatu beban terpusat yang ditopang oleh 2 batang penampang besi siku dapat menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$P = \frac{(m \times g)}{2}$$

Keterangan :

P = Beban (N)

m = Massa Benda (kg)

g = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

2 = jumlah batang penyangga

Nilai gaya pembebanan dari Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt (P1)

$$P1 = \frac{(m \times g)}{2}$$

$$P1 = \frac{(9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)}{2}$$

$$P1 = 44,145 \text{ N.m}$$

Nilai gaya pembebanan dari Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt (P2)

$$P2 = \frac{(m \times g)}{2}$$

$$P2 = \frac{(9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)}{2}$$

$$P2 = 44,145 \text{ N.m}$$

Nilai gaya pembebanan dari generator

$$P3 = \frac{(m \times g)}{2}$$

$$P3 = \frac{(5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)}{2}$$

$$P3 = 24,525 \text{ N.m}$$

#### 4.3.1 Mencari Reaksi Setiap Batang

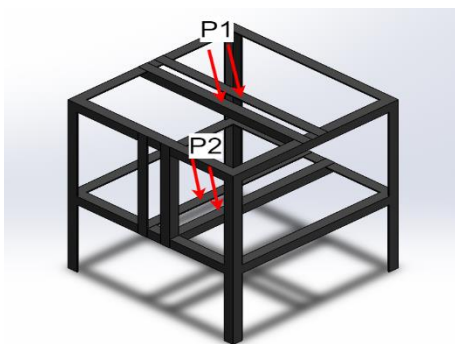
Reaksi pada batang – batang dikursi roda menggunakan gaya – gaya yang sudah diperhitungkan menggunakan rumus – rumus yang sudah ada. Berikut perhitungan reaksi pada setiap batang, antara lain:

Reaksi gaya pada pembebanan dari Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt

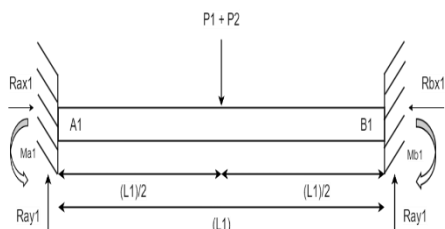
Diketahui:

$$P1 = 44,145 \text{ N}$$

$$P2 = 44,145 \text{ N}$$



**Gambar 4. 2** Situasi pembebanan batang penyangga dari Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt 9 kg.



**Gambar 4. 3** Diagram benda bebas pada penyangga Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

Untuk menentukan raksi pada batang tersebut dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

Perhitungan:

$$\sum F_X = 0$$

$$R_{ay1} + R_{by1} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{ay1} - \frac{P1 \times b^2}{L^2} (3a + b)$$

$$R_{ay1} = - \frac{88,29 \text{ N} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^3} (3 \times 0,365 \text{ m} + 0,365 \text{ m})$$

$$R_{ay1} = - \frac{11,76243525 \text{ N/m}}{0,389017 \text{ m}} (1,46 \text{ m})$$

$$R_{ay1} = - 44,145 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{by1} - \frac{P1 \times b^2}{L^2} (3a + b)$$

$$R_{by1} = - \frac{88,29 \text{ N} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^3} (3 \times 0,365 \text{ m} + 0,365 \text{ m})$$

$$R_{by1} = - \frac{11,76243525 \text{ N/m}}{0,389017 \text{ m}} (1,46 \text{ m})$$

$$R_{by1} = - 44,145 \text{ N}$$

$$\sum M = 0$$

$$M_{a1} = - \frac{P1 \times a \times b^2}{L^2}$$

$$M_{a1} = - \frac{88,29 \text{ N} \times 0,365 \text{ m} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^2}$$

$$M_{a1} = - \frac{4,29328 \text{ N/m}}{0,5329 \text{ m}}$$

$$M_{a1} = - 8,0564625 \text{ N.m}$$

$$\sum M = 0$$

$$M_{b2} = \frac{P1 \times a \times b^2}{L^2}$$

$$M_{b2} = \frac{88,29 \text{ N} \times 0,365 \text{ m} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^2}$$

$$M_{b2} = \frac{4,29328 \text{ N/m}}{0,5329 \text{ m}}$$

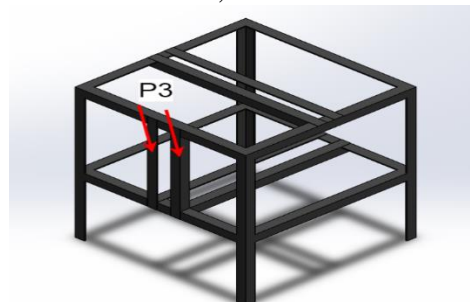
$$M_{b2} = 8,0564625 \text{ N.m}$$

Dari hasil perhitungan pada batang P1 dan P2 didapatkan reaksi titik  $R_{ay1}$  sebesar  $- 44,145 \text{ N}$  dan titik  $R_{by1}$  sebesar  $- 44,145 \text{ N}$ . Serta momen titik  $M_{a1} - 8,0564625 \text{ N.m}$  dan titik  $M_{b2} 8,0564625 \text{ N.m}$  karena pembebanan yang terjadi sama, maka gaya disebut setimbang.

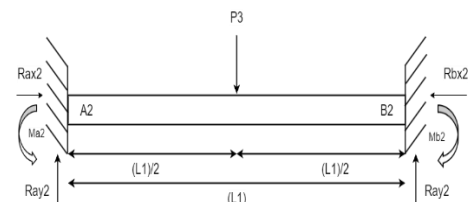
1. Reaksi gaya pada beban generator

Diketahui:

$$P3 = 24,525 \text{ N}$$



**Gambar 4. 4** Merupakan Situasi Pembebanan Batang Penyangga Pada Generator.



**Gambar 4. 5** Diagram Benda Bebas Pada Penyangga Generator.

Untuk menentukan raksi pada batang tersebut dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum_{FX} &= 0 \\ R_{ay}2 + R_{by}2 &= 0 \\ \sum_{Fy} &= 0 \\ R_{ay}2 - \frac{P2 \times b^2}{L^2} (3a + b) \\ R_{ay}2 &= - \frac{24,525 \text{ N} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^3} (3 \times 0,365 \text{ m} \\ &+ 0,365 \text{ m}) \\ R_{ay}2 &= - \frac{3,267343125 \text{ N/m}}{0,389017 \text{ m}} (1,46 \text{ m}) \\ R_{ay}2 &= - 12,2625 \text{ N} \\ \sum_{Fy} &= 0 \\ R_{by}2 - \frac{P2 \times b^2}{L^2} (3a + b) \\ R_{by}2 &= - \frac{24,525 \text{ N} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^3} (3 \times 0,365 \text{ m} \\ &+ 0,365 \text{ m}) \\ R_{by}2 &= - \frac{3,267343125 \text{ N/m}}{0,389017 \text{ m}} (1,46 \text{ m}) \\ R_{by}2 &= - 12,2625 \text{ N} \\ \sum_M &= 0 \\ M_a2 &= - \frac{P2 \times a \times b^2}{L^2} \\ M_a2 &= - \frac{24,525 \text{ N} \times 0,365 \text{ m} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^2} \\ M_a2 &= - \frac{1,19258 \text{ N/m}}{0,5329 \text{ m}} \\ M_a2 &= - 2,23790625 \text{ N.m} \\ \sum_M &= 0 \\ M_b2 &= \frac{P1 \times a \times b^2}{L^2} \\ M_b2 &= \frac{24,525 \text{ N} \times 0,365 \text{ m} \times 0,365 \text{ m}^2}{0,73 \text{ m}^2} \\ M_b2 &= \frac{1,19258 \text{ N/m}}{0,5329 \text{ m}} \\ M_b2 &= 2,23790625 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada batang satu didapatkan reaksi titik  $R_{ay}2$  sebesar - 12,2625 N dan titik  $R_{by}2$  sebesar - 12,2625 N. Serta momen titik  $M_a$  - 2,23790625 N.m dan titik  $M_b$  2,23790625 N.m karena pembebanan yang terjadi sama, maka gaya disebut setimbang.

### 4.3.2 Gaya Geser dan Momen Lentur

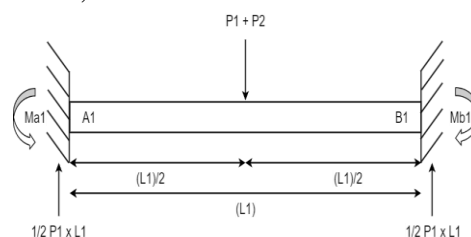
Gaya Geser dan Momen Lentur pada Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

Diketahui:

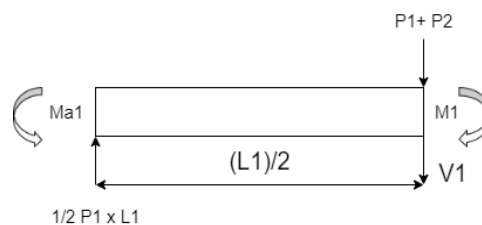
$$P1 + P2 = 88,29 \text{ N}$$

$$L1 = 0,73 \text{ m}$$

$$L1/2 = 0,365 \text{ m}$$



**Gambar 4. 6** Diagram Benda Bebas pada Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.



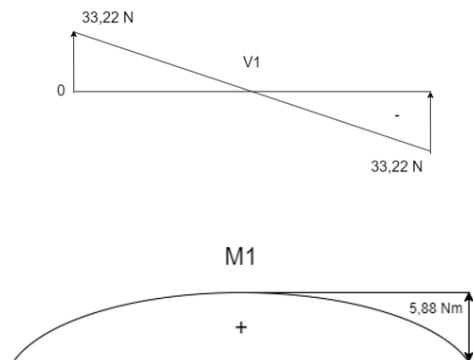
**Gambar 4. 7** Potongan Diagram Benda Bebas pada Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

Untuk menentukan nilai gaya geser dan momen lentur pada beban tersebut dapat menggunakan persamaan 2.3 dengan melewati langkah – langkah yang ada pada diagram benda bebas pada gambar 4.6 dan 4.7.

$$\begin{aligned} \sum_V &= 0 \\ \sum_V &= \left(\frac{1}{2} \times P1 \times L1\right) - \left(\frac{P1 \times L1}{2}\right) \\ V1 &= \left(\frac{1}{2} \times 88,29 \text{ N} \cdot \text{m} \times 0,73 \text{ m}\right) - \\ &\left(\frac{88,29 \text{ N} \cdot \text{m} \times 0,73 \text{ m}}{2}\right) \\ V1 &= 33,22 \text{ N} - 33,22 \text{ N} \\ V1 &= 0 \\ \sum_M &= 0 \\ M1 &= \left(\frac{P2 \times L1}{2}\right) \times (L1/2) - \frac{P1 \times (L1/2)^2}{2} \\ M1 &= \left(\frac{88,29 \text{ N/m} \times 0,73 \text{ m}}{2}\right) \times (0,365 \text{ m}) - \\ &\frac{88,29 \text{ N/m} \times (0,365)^2}{2} \end{aligned}$$

$$M1 = 11,76 \text{ N.m} - 5,88 \text{ N.m}$$

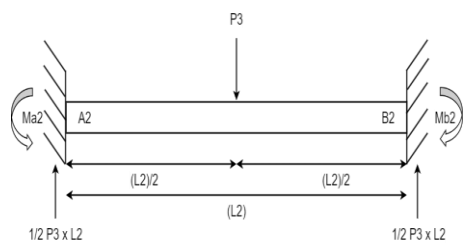
$$M1 = 5,88 \text{ N.m}$$



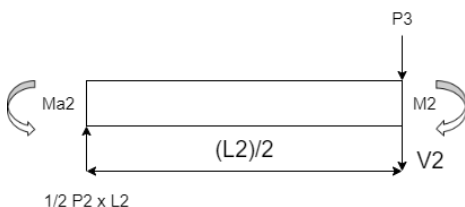
**Gambar 4. 8** Grafik Gaya Geser dan Momen Lentur Pada Lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

Pada gambar menunjukkan nilai gaya geser pada titik V3 sebesar 0 N dan momen lentur pada titik M1 sebesar 5,88 N.m karena menggunakan 2 batang penyangga untuk menahan beban dari lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt maka nilai momen dikasi 2 menjadi 11,76 N.m

Gaya Geser dan Momen Lentur pada Generator



**Gambar 4. 9** Diagram Benda Bebas Tumpuan Pada Generator.



**Gambar 4. 10** Potongan Diagram Benda Bebas Tumpuan Pada Generator.

Untuk menentukan nilai gaya geser dan momen lentur pada beban tersebut dapat menggunakan persamaan 2.3 dengan

melewati langkah – langkah yang ada pada diagram benda bebas pada gambar 4.9 dan 4.10.

$$\sum V = 0$$

$$V2 = \left(\frac{1}{2} \times P3 \times L2\right) - \left(\frac{P3 \times L2}{2}\right)$$

$$V2 = \left(\frac{1}{2} \times 24,525 \text{ N.m} \times 0,73 \text{ m}\right) - \left(\frac{24,525 \text{ N.m} \times 0,73 \text{ m}}{2}\right)$$

$$V2 = 8,95 \text{ N} - 8,95 \text{ N}$$

$$V2 = 0$$

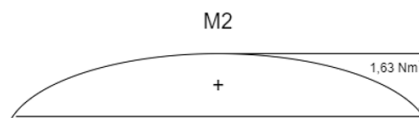
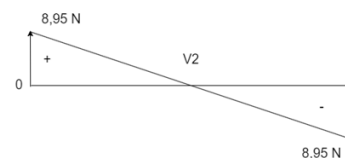
$$\sum M = 0$$

$$M2 = \left(\frac{P3 \times L2}{2}\right) \times (L2/2) - \frac{P2 \times (L2/2)^2}{2}$$

$$M2 = \left(\frac{24,525 \text{ N/m} \times 0,73 \text{ m}}{2}\right) \times (0,365 \text{ m}) - \frac{24,525 \text{ N/m} \times (0,365)^2}{2}$$

$$M2 = 3,26 \text{ N.m} - 1,63 \text{ N.m}$$

$$M2 = 1,63 \text{ N.m}$$



**Gambar 4. 11** Grafik Gaya Geser dan Momen Lentur pada Generator.

Pada gambar merupakan nilai gaya geser pada titik V2 sebesar 0 N dan momen lentur pada titik M2 sebesar 1,63 N.m, karena menggunakan 2 batang penyangga untuk menahan beban generator tersebut maka nilai momen dikali 2 menjadi 3,26 Nm.

### 4.3.3 Mencari Titik Massa Pembebanan

Dalam menentukan titik masa pembebanan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$c = \frac{P_{BS}}{2}$$

$$= \frac{0,04 \text{ m}}{2}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

#### 4.3.4 Momen Inersia (I)

Dalam menentukan momen inersia besi siku dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I &= \frac{L_{BS} \times P_{BS}^3}{36} \\ &= \frac{0,04 \text{ m} \times (0,04 \text{ m}^3)}{36} \\ &= \frac{2,56 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{36} \\ &= 7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Dari perhitungan momen inersia didapatkan nilai I sebesar =  $7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

#### 4.3.5 Tegangan Normal Maksimum

Dalam menentukan tegangan maksimum pada rangka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$(\sigma_{max}) = \frac{M1.C}{I}$$

Keterangan:

$\sigma_{max}$  = Tegangan maksimum ( $N/m^2$ )

M = Momen Lentur (Nm)

C = Jarak titik pembebanan (m)

I = Momen inersia ( $m^4$ )

Tegangan normal maksimum pada tumpuan dari lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

$$\begin{aligned} (\sigma_{max1}) &= \frac{M1.C}{I} \\ &= \frac{5,88 \text{ Nm} \times 0,02 \text{ m}}{7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{0,1176 \text{ Nm}^2}{7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= 1,653 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Tegangan normal maksimum pada tumpuan dari generator

$$\begin{aligned} (\sigma_{max2}) &= \frac{M2.C}{I} \\ &= \frac{1,63 \text{ Nm} \times 0,02 \text{ m}}{7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{0,0326 \text{ Nm}^2}{7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= 4,58 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.3.6 Displacement

Dalam menentukan displacement pada rangka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$\delta = \frac{P.L^3}{48.E.I}$$

Keterangan:

P = Gaya pembebanan (N)

L = Panjang batang (m)

E = Modulus elastisitas ( $Nm^2$ )

I = Momen inersia ( $m^4$ )

a. Material AISI 1045

Displacement pada batang dari tumpuan lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P1+P2.L^3}{48.E.I} \\ &= \frac{88,29 \text{ N} \times (0,73 \text{ m})^3}{48 \times 2,05 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \times 7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{88,29 \text{ N} \times 0,389017 \text{ m}^3}{69,97 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= \frac{34,346 \text{ Nm}^3}{69,97 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= 4,90 \times 10^{-5} \text{ mm} \times 1000 \\ &= 4,90 \times 10^{-2} \text{ mm} \end{aligned}$$

Displacement pada batang dari tumpuan Generator.

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P3.L^3}{48.E.I} \\ &= \frac{24,525 \text{ N} \times (0,73 \text{ m})^3}{48 \times 2,05 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \times 7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{24,525 \text{ N} \times 0,389017 \text{ m}^3}{69,97 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= \frac{9,540 \text{ Nm}^3}{69,97 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= 1,363 \times 10^{-5} \text{ mm} \times 1000 \\ &= 1,363 \times 10^{-2} \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Material ASTM A36

Displacement pada batang dari tumpuan lengan sudu, sudu, poros, pulley, dan V-belt.

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P1+P2.L^3}{48.E.I} \\ &= \frac{88,29 \text{ N} \times (0,73 \text{ m})^3}{48 \times 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \times 7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{88,29 \text{ N} \times 0,389017 \text{ m}^3}{68,26 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= \frac{34,346 \text{ Nm}^3}{68,26 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= 5,03 \times 10^{-5} \text{ mm} \times 1000 \\ &= 5,03 \times 10^{-2} \text{ mm} \end{aligned}$$

Displacement pada batang dari tumpuan Generator.



$$\begin{aligned}\delta &= \frac{P3.L^3}{48.E.I} \\ &= \frac{24,525 \text{ N} \times (0,73 \text{ m})^3}{48 \times 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \times 7,1111 \times 10^{-8} \text{ m}^4} \\ &= \frac{24,525 \text{ N} \times 0,389017 \text{ m}^3}{68,26 \times 10^3 \text{ Nm}^2} \\ &= \frac{9,540 \text{ Nm}^3}{9,540 \text{ Nm}^3} \\ &= 68,26 \times 10^3 \text{ Nm}^2 \\ &= 1,397 \times 10^{-5} \text{ mm} \times 1000 \\ &= 1,397 \times 10^{-2} \text{ mm}\end{aligned}$$

#### 4.3.7 Safety factor

Dalam menentukan *Safety Factor* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

Material AISI 1045

$$\begin{aligned}Sf &= \frac{S_y}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{5,3 \times 10^7 \text{ N/m}^2}{1,653 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \\ &= 32\end{aligned}$$

Material ASTM A36

$$\begin{aligned}Sf &= \frac{S_y}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{2,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2}{1,653 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \\ &= 15,1\end{aligned}$$

#### 4.3.8 Persentase Galat

Untuk menentukan nilai galat dari tegangan dapat menggunakan persamaan 2.9, untuk galat displacement pada persamaan 2.10, untuk galat safety factor pada persamaan 2.11.

a. Material AISI 1045

$$\begin{aligned}\text{Persentase Galat Von misses} \\ \eta &= \frac{\text{Von Misses Teori} - \text{Von Misses Simulasi}}{\text{Von Misses Simulasi}} \times \\ 100\% \\ &= \frac{1,653 \times 10^6 \text{ N/m}^2 - 4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \times \\ 100\% \\ &= 65 \%\end{aligned}$$

Persentase Galat Displacement

$$\begin{aligned}\eta \\ \frac{\text{Displacement Teori} - \text{Displacement Simulasi}}{\text{Displacement Simulasi}} \times \\ 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{4,90 \times 10^{-2} \text{ mm} - 8,645 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2}{8,645 \times 10^{-2} \text{ mm}} \times \\ 100\% \\ &= 43 \%\end{aligned}$$

Persentase Galat *Safety factor*

$$\begin{aligned}\eta \\ \frac{\text{Safety Factor Teori} - \text{Safety Factor Simulasi}}{\text{Safety Factor Simulasi}} \times \\ 100\% \\ &= \frac{32 - 19,54}{19,54} \times 100\% \\ &= 63 \%\end{aligned}$$

b. Material ASTM A36

Persentase Galat *Von misses*

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{\text{Von Misses Teori} - \text{Von Misses Simulasi}}{\text{Von Misses Simulasi}} \times \\ 100\% \\ &= \frac{1,653 \times 10^6 \text{ N/m}^2 - 4,730 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{4,730 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \times \\ 100\% \\ &= 65 \%\end{aligned}$$

Persentase Galat *Displacement*

$$\begin{aligned}\eta \\ \frac{\text{Displacement Teori} - \text{Displacement Simulasi}}{\text{Displacement Simulasi}} \times \\ 100\% \\ &= \frac{5,03 \times 10^{-2} \text{ mm} - 8,828 \times 10^{-2} \text{ mm}}{8,828 \times 10^{-2} \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 43 \%\end{aligned}$$

Persentase Galat *Safety factor*

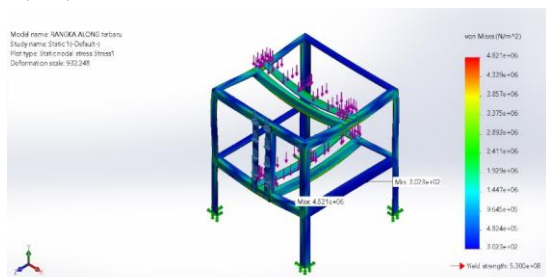
$$\begin{aligned}\eta \\ \frac{\text{Safety Factor Teori} - \text{Safety Factor Simulasi}}{\text{Safety Factor Simulasi}} \times \\ 100\% \\ &= \frac{15,1 - 52,8}{52,8} \times 100\% \\ &= 71 \%\end{aligned}$$

### 4.4 Hasil Simulasi Pada Rangka Turbin Angin Type Darrieus

#### 4.4.1 Simulasi *Von misses stress* Pada Material AISI 1045

Hasil dari analisis simulasi *von misses stress* (tegangan) maksimum didapat

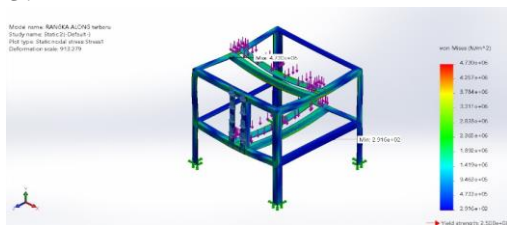
sebesar  $4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  ditandai dengan diagram berwarna merah yang berarti mendekati batas maksimum kekuatan material. Tegangan *von mises stress* minimum didapat sebesar  $3,023 \times 10^2 \text{ N/m}^2$  ditandai dengan diagram berwarna biru yang berarti titik dimana tidak terjadi pembebanan. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 4.12.



**Gambar 4. 12** Hasil pengujian stress von mises pada material AISI 1045.

#### 4.4.2 Simulasi *Von mises stress* Pada Material ASTM A36

Hasil dari analisis simulasi *von mises stress* (tegangan) maksimum didapat sebesar  $4,740 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  ditandai dengan diagram berwarna merah yang berarti mendekati batas maksimum kekuatan material. Tegangan *von mises stress* minimum didapat sebesar  $2,916 \times 10^2 \text{ N/m}^2$  ditandai dengan diagram berwarna biru yang berarti titik dimana tidak terjadi pembebanan. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 4.13.

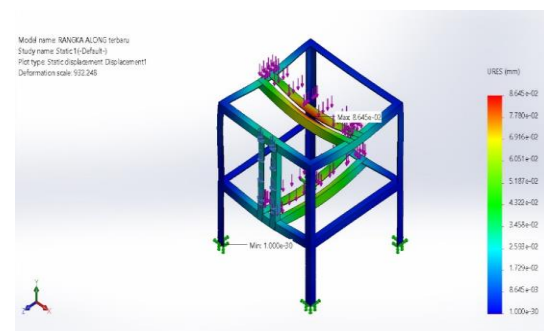


**Gambar 4. 13** Hasil pengujian stress von mises pada material ASTM A36.

#### 4.4.3 Simulasi *Displacement* Pada Material AISI 1045

Hasil dari *displacement* maksimum pada rangka turbin angin *type darrieus* dengan material aisi 1010 menghasilkan

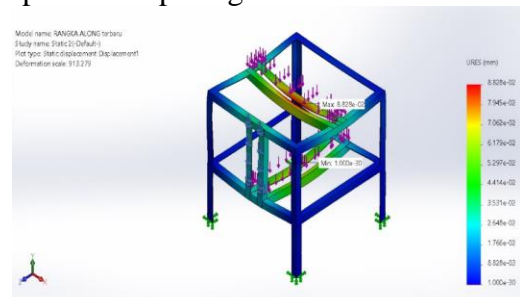
nilai *displacement* maksimum sebesar  $8,645 \times 10^{-2} \text{ mm}$  ditandai dengan diagram berwarna merah karena pada titik tersebut terjadi pembebanan yang diterima pada seluruh area yang dibebankan. Nilai *displacement* minimum sebesar  $1,00 \times 10^{-30} \text{ mm}$  ditandai dengan diagram berwarna biru karena terjadi pembebanan berlebih pada titik tersebut. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.14



**Gambar 4. 14** Hasil pengujian displacement pada material AISI 1045.

#### 4.4.4 Simulasi *Displacement* Pada Material ASTM A36

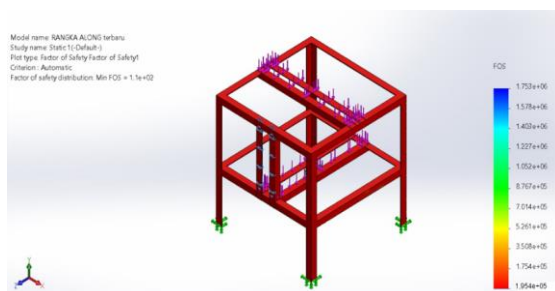
Hasil dari *displacement* maksimum pada rangka turbin angin *type darrieus* dengan material aisi 1010 menghasilkan nilai *displacement* maksimum sebesar  $8,828 \times 10^{-2} \text{ mm}$  ditandai dengan diagram berwarna merah karena pada titik tersebut terjadi pembebanan yang diterima pada seluruh area yang dibebankan. Nilai *displacement* minimum sebesar  $1,00 \times 10^{-30} \text{ mm}$  ditandai dengan diagram berwarna biru karena terjadi pembebanan berlebih pada titik tersebut. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.15



**Gambar 4. 15** Hasil pengujian displacement pada material ASTM A36.

**4.4.5 Simulasi Safety factor Pada Material AISI 1045**

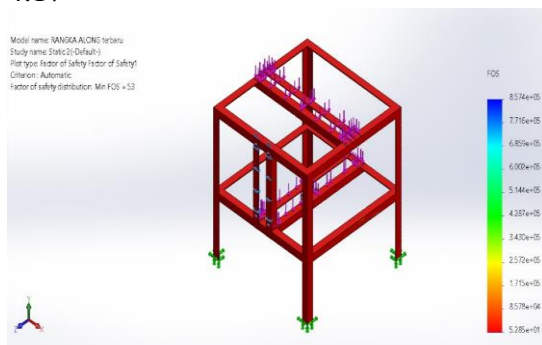
Hasil simulasi menggunakan *software solidworks* pada rangka turbin angin *type darrieus* menggunakan material aisi 1045 didapat nilai *safety factor* minimum sebesar 19,54. Hasil simulasi *safety factor* pada *software solidworks* dengan material aisi 1045 dapat dilihat pada gambar 4.16.



**Gambar 4. 16** Hasil pengujian safety factor pada material AISI 1045.

**4.4.6 Simulasi Safety factor Pada Material ASTM A36**

Hasil simulasi menggunakan *software solidworks* pada rangka turbin angin *type darrieus* menggunakan material ASTM A36 didapat nilai *safety factor* minimum sebesar 52,85. Hasil simulasi *safety factor* pada *software solidworks* dengan material ASTM A36 dapat dilihat pada gambar 4.17



**Gambar 4. 17** Hasil pengujian safety factor pada material ASTM A36.

**4.4.7 Hasil Analisis Perhitungan Teoritis dan Simulasi**

Perhitungan teoritis dan *software* sangat penting untuk memastikan selisih

kesalahan dari kedua perhitungan tersebut sebagai pendukung dari hasil perhitungan yang dilakukan. Tabel hasil berdasarkan perhitungan teoritis dan hasil simulasi beban statik menggunakan *software solidworks* ditunjukkan pada tabel 4.4 dibawah ini.

**Tabel 4. 3** Hasil perhitungan dan simulasi rangka turbin angin darrieus dengan material AISI 1045

| No | Analisa yang dilakukan | Hasil perhitungan teori                 | Hasil simulasi <i>software solidworks</i> | Galat |
|----|------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 1  | Tegangan Von mises     | 1,653 x 10 <sup>7</sup> /m <sup>2</sup> | 4,821 x 10 <sup>7</sup> /m <sup>2</sup>   | 65 %  |
| 2  | Displacement           | 4,90 x 10 <sup>-2</sup>                 | 8,645 x 10 <sup>-2</sup> mm               | 43 %  |
| 3  | Safety factor          | 32                                      | 19,54                                     | 63 %  |

**Tabel 4. 4** Hasil perhitungan dan simulasi rangka turbin angin darrieus dengan material ASTM A36

| No | Analisa yang dilakukan | Hasil perhitungan teori                 | Hasil simulasi <i>software solidworks</i> | Galat |
|----|------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 1  | Tegangan Von mises     | 1,653 x 10 <sup>7</sup> /m <sup>2</sup> | 4,730 x 10 <sup>7</sup> /m <sup>2</sup>   | 65 %  |
| 2  | Displacement           | 5,03 x 10 <sup>-2</sup>                 | 8,828 x 10 <sup>-2</sup> mm               | 43 %  |
| 3  | Safety factor          | 15,1                                    | 52,8                                      | 71 %  |

Analisis terhadap kerangka turbin angin jenis Darrieus menunjukkan bahwa kerangka tersebut telah memenuhi standar keamanan baik dalam perhitungan teoritis maupun melalui simulasi. Beban yang diterapkan pada kerangka meliputi beban pada lengan sudu, sudu, poros, pulley, V-belt, dan generator sebesar 14 Kg. Hasil dari perhitungan teoritis menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang terjadi pada kerangka adalah  $1,653 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan hasil simulasi pada material AISI 1045 adalah sebesar  $4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Displacement maksimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah  $4,90 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara teoritis, dan  $8,645 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara simulasi. Faktor keamanan minimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah 32 secara teoritis, dan 19,54 melalui simulasi. Selain itu, melalui simulasi dengan menggunakan material ASTM A36, diperoleh tegangan material sebesar  $4,730 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , displacement maksimal  $5,03 \times 10^{-2} \text{ mm}$  secara teoritis dan  $8,828 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , dan faktor keamanan sebesar 52,8. Namun, faktor keamanan pada perhitungan teoritis menggunakan material ASTM A36 adalah 15,1 dan simulasi 52,8. Meskipun terdapat galat pada hasil analisis menggunakan material AISI 1045, yaitu sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 63% pada faktor keamanan, serta galat sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 71% pada faktor keamanan pada material ASTM A36, nilai-nilai tersebut masih berada di bawah batas yield strength dari material AISI 1045  $5,3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dan material ASTM A36  $2,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa kerangka turbin angin jenis Darrieus ini dapat dianggap aman dan layak untuk digunakan. Berdasarkan hasil analisis *safety factor*, perbandingan dari kedua material

meliputi material AISI 1045, dan ASTM A36 didapatkan material yang paling baik adalah material ASTM A36 dikarenakan memiliki nilai *safety factor* yang paling besar yaitu aktual 15,1 dan simulasi 52,8 dengan galat 71%.

## 5. Kesimpulan Dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil analisis simulasi dan perhitungan aktual dari desain pada rangka turbin angin *type darrieus*, dapatt diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis terhadap kerangka turbin angin jenis Darrieus menunjukkan bahwa kerangka tersebut telah memenuhi standar keamanan baik dalam perhitungan teoritis maupun melalui simulasi. Beban yang diterapkan pada kerangka meliputi beban pada lengan sudu, sudu, poros, pulley, V-belt, dan generator sebesar 14 Kg. Hasil dari perhitungan teoritis menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang terjadi pada kerangka adalah  $1,653 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan hasil simulasi pada material AISI 1045 adalah sebesar  $4,821 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Displacement maksimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah  $4,90 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$  secara teoritis, dan  $8,645 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$  secara simulasi. Faktor keamanan minimal pada kerangka menggunakan material AISI 1045 adalah 32 secara teoritis, dan 19,54 melalui simulasi. Selain itu, melalui simulasi dengan menggunakan material ASTM A36, diperoleh tegangan material sebesar  $4,730 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , displacement maksimal  $5,03 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ , dan faktor keamanan sebesar 52,8. Namun, faktor keamanan pada perhitungan teoritis menggunakan material ASTM A36 adalah 15,1. Meskipun terdapat galat pada hasil analisis menggunakan material AISI 1045, yaitu sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 63% pada faktor

keamanan, serta galat sekitar 65% pada tegangan, 43% pada displacement, dan 71% pada faktor keamanan pada material ASTM A36, nilai-nilai tersebut masih berada di bawah batas yield strength dari material AISI 1045  $5,3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dan material ASTM A36  $2,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa kerangka turbin angin jenis Darrieus ini dapat dianggap aman dan layak untuk digunakan.

2. Berdasarkan hasil analisis *safety factor*, perbandingan dari kedua material meliputi material AISI 1045, dan ASTM A36 didapatkan material yang paling baik adalah material ASTM A36 dikarenakan memiliki nilai *safety factor* yang paling besar yaitu aktual 15,1 dan simulasi 52,8 dengan galat 71%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disarankan:

1. Pada proses penelitian diharapkan menggunakan software solidworks terbaru dan laptop dengan kapasitas tinggi. Agar pada saat penginputan data, gaya, dan saat proses mesh tidak terjadi kendala
2. Untuk proses penelitian lebih lanjut penulis menyarankan untuk menganalisis rangka dalam keadaan dinamis dalam bidang datar maupun bidang miring. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal
3. Untuk yang ingin membangun rangka sekaligus dengan turbin angin type darrieus, diharapkan meninjau kembali hasil perhitungan agar mendapatkan hasil yang baik.

## Daftar Pustaka

[1] A. R. Pahlawan, “Analisis perancangan frame gokart dari pengaruh pembebanan dengan menggunakan CAD solidworks 2016,” *METTEK*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2021.

[2] M. Yunus, “Perancangan Rangka Pada Alat Penyimpan Barang,” *Jurnal Surya Teknik*, vol. 7, no. 1, pp. 64–68, 2020.

[3] R. K. I. Furqani, “Analisis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan solidworks 2019,” *Jurnal Engine : Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 6, no. 2, pp. 42–49, 2022.

[4] M. Hambali, “Rancang Bangun Frame Mesin Uji Diesel Jetman Tipe R175a,” *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, 2021.

[5] I. Roswandi, “Analisis beban pada hook pembalik produk AEET dengan software solidwork 2018,” *PRIMA*, vol. 17, no. 1, 2020.

[6] W. J. N. S. Lande, “Simulasi perambatan retak pada baja dan alumunium akibat pembebanan statis dengan menggunakan metode elemen hingga,” *jurnal teknik ITS*, vol. 8, no. 2, 2019.

[7] C. J. Yudaputranto, “Analisis statis rangka ekonomizer pada pemanas air dengan metode induction heating menggunakan perangkat lunak solidworks simulation 2018,” *Jurnal Ilmiah Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 108–116, May 2022.

[8] A. A. Kharisma, “Analisis kegagalan pada rangka mesin perontok padi kapasitas 1 ton/jam menggunakan metode von misses,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 20, no. 2, 2020.

[9] E. Prasetyo, “Analisis Kekuatan Rangka pada Mesin Transverse Ducting Flange Menggunakan Software Solidworks,” *REKAYASA*, vol. 13, 2020.

[10] A. Malden, “Simulasi kekuatan beban rangka terhadap prototype kursi roda pemanjat tangga menggunakan software solidwork,” Laporan Tugas Akhir, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, 2021.

[11] R. Hidayat, “Analisis kekuatan rangka mesin perontok padi dengan simulasi,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2022.

[12] I. Kurniawan, “Analisis tegangan statik frame gokart menggunakan software solidworks 2017,” *Riset Diploma Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, 2019.

[13] L. A. N. Wibawa, “Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja Worksbench Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, 2019.

[14] D. J. H. Abbas, “Penerapan metode elemen hingga untuk desain dan analisis pembebanan rangka chassis mobil model tubular space frame,” *J Teknol*, vol. 15, no. 2, 2020.

[15] L. A. N. Wibawa, “Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas Di Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, 2019.

[16] K. Haerudin, “Rancang bangun aerator turbin tipe impeller straight radial blades untuk aerasi kolam ikan,” Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, 2022.

[17] A. Shulhany. E. K. Laksanawati, “Analisis Kekuatan Rangka Pada Perancangan Mesin Press Briket Eceng Gondok Menggunakan Solidworks,” *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tanggerang*, vol. 6, no. 1, 2022.

[18] K. A. Ficki, “Simulasi beban rangka pada mesin penggiling sekam padi menggunakan perangkat lunak,” *ROTOR*, vol. 15, no. 2, 2022.

[19] E. P. Povpov, *Mekanika Teknik (Mechanics of Material)*. Jakarta: Erlangga, 1984.

[20] I. Sungkono, “Analisis desain rangka dan penggerak alat pembuat adonan kosmetik sistem putaran eksentrik menggunakan solidwork,” *Institut*

*Teknologi Adhi Tama Surabaya*, pp. 576–580, 2019.