

## Simulasi Numerik Velg *After Market* Untuk Mendapatkan Nilai Tegangan dan Deformasi Maksimum

Akhmad Surya Wijianto<sup>1</sup>, Mulyadi<sup>2\*</sup>, Iswanto<sup>3</sup>

\*Email corresponding author: [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Article history: Received: 19 Agustus 2021 | Revised: 18 September 2022 | Accepted: 5 Oktober 2022

**Abstract.** The purpose of this research is to get wheels with offset variants of -15, +20, and +35 made of aluminum alloy with a maximum load of 690 kg. Autocad 2018 and Unigraphics NX 8 were used to create all three designs. The load was calculated using the SAE J2530 standard and simulated using the ANSYS Workbench 14.5 application's numerical simulation method. As a result, the car rim is designed with a spoke form that becomes steeper (Concave) as the offset decreases. Methods a) Dynamic Cornering Fatigue Test, b) Dynamic Radial Fatigue Test, and c) Impact test consecutively at offset -15 of a) 62.33 MPa, b) 111.61 MPa, and c) 1.58 mm can be used to obtain numerical simulation results. For offsets of +20 of 70.91 MPa, 75.75 MPa, and 1.6 mm. And a) 90.33 MPa, b) 78.13 MPa, c) 1.61 mm at offset +35.

**Keywords** - Rims, specifications, design, numerical simulation, stress, deformation.

**Abstrak.** Tujuan dari penelitian ini mendapatkan velg dengan varian offset -15,+20, dan +35 berbahan aluminium alloy dengan beban maksimum 690 kg. ketiga desain tersebut dibuat menggunakan aplikasi Autocad 2018 dan Unigraphics NX 8. Perhitungan beban berdasarkan standart SAE J2530 dan disimulasikan menggunakan metode simulasi numerik menggunakan aplikasi ANSYS Workbench 14.5. Hasil yang didapatkan adalah design velg mobil dengan bentuk spoke yang semakin curam (Concave) saat offset semakin kecil. Hasil simulasi numerik yang didapat dengan metode a) Dynamic Cornering Fatigue Test, b) Dynamic Radial Fatigue Test, c) Impact test secara berurutan pada offset -15 sebesar a) 62,33 MPa, b) 111,61 MPa, c) 1,58 mm. Untuk offset +20 sebesar a) 70,91 MPa, b) 75,75 MPa, c) 1,6 mm. Dan pada offset +35 sebesar a) 90,33 MPa, b) 78,13 MPa, c) 1,61 mm.

**Kata Kunci** – Velg, spesifikasi, model, simulasi numerik, tegangan, deformasi.

### PENDAHULUAN

Velg mobil adalah part yang sangat penting dalam sisi kegunaan sekaligus tampilan setiap mobil, karena velg adalah bagian part terluar sebelum ban untuk menyentuh permukaan jalan. Sangat berbahaya apabila terjadi kerusakan saat mobil sedang dikendarai di jalan [1][2].

Velg mobil after market merupakan produk velg dengan kebebasan dalam memilih model dan spesifikasi dengan harga yang bervariasi [3][4]. Pemilihan spesifikasi sangat berpengaruh pada kekuatan velg yang dipilih, terutama pada offset. Velg mobil original dari pabrik umumnya memiliki offset dengan angka plus, sedangkan produk after market juga menyediakan velg dengan offset minus. Tentunya sangat berpengaruh pada tampilan dan kekuatan dari velg tersebut.

PT.xx berencana membuat sebuah velg berbahan *aluminium alloy* dengan *design* menyesuaikan *offset* yaitu -15, +20, dan +35, dengan spesifikasi lainya sama seperti jari – jari 17 Inchi x lebar 7.5 Inchi dan PCD lubang baut 114.3 mm. Ketiganya dibebani *maximum load* 690 kg dan berpedoman pada standart pengetesan SAE J2530. Permintaan ini harus melalui beberapa proses diantaranya pembuatan design velg sesuai permintaan dan analisa kekuatan velg.

Pada kekuatan velg dipengaruhi oleh konstruksi design dan kekuatan bahan atau material. Kekuatan material adalah kemampuan sebuah material untuk dapat menahan tekanan yang diberikan tanpa mengalami kegagalan atau failure. Bidang kekuatan bahan berkaitan dengan beban, deformasi dan gaya yang bekerja pada suatu material. Sebuah beban yang diterapkan kepada anggota mekanis akan mendorong kekuataan internal di dalam anggota yang disebut tegangan (stress). Tekanan yang bekerja pada material menyebabkan deformasi pada diri material tersebut. Deformasi dari bahan disebut regangan, sedangkan intensitas dari kekuatan-kekuatan internal yang disebut stress [5].

Dengan pertimbangan ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh dari bentuk atau desain spoke terhadap tegangan dan deformasi dengan menggunakan Metode Elemen Hingga. Simulasi secara numerik menggunakan software ANSYS Workbench dapat dilakukan untuk memodifikasi desain dari velg agar kegagalan yang terjadi dapat diminimalisir [6].

Jadi, dari keterangan di atas peneliti berencana melakukan penelitian untuk mengetahui bentuk desain dan hasil simulasi numerik dari 3 desain dengan spesifikasi berbeda.

## METODE

Simulasi numerik dilakukan menggunakan aplikasi ANSYS Workbench 14.5 dan data material aluminium alloy dari ANSYS Workbench 14.5 tanpa perubahan data, dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data material aluminium alloy velg

Mechanical Properties	Value
<i>Density</i>	2.77e-006 kg mm <sup>-3</sup>
<i>Coefficient of Thermal Expansion</i>	2.3e-005 C <sup>-1</sup>
<i>Specific Heat</i>	8.75e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
<i>Compressive Ultimate Strength</i>	0 Mpa
<i>Compressive Yield Strength</i>	280 Mpa
<i>Tensile Yield Strength</i>	280 Mpa
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	310 Mpa
<i>Reference Temperature</i>	22 C
<i>Young's Modulus</i>	71000 Mpa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33
<i>Bulk Modulus</i>	69608 Mpa
<i>Shear Modulus</i>	26692 Mpa

Sebelum simulasi dilakukan beban harus dihitung terlebih dahulu dengan pedoman rumus standart pengetesan yang sesuai metode yang ada pada SAE J2530 meliputi a)Dynamic Cornering Fatigue Test[7][8], b)Dynamic Radial Fatigue Test[7][9][10], dan c)Impact Test[7][11]. Berikut adalah rumus perhitungan dari setiap metode pengetesan.

- a)  $M = W (R\mu + d) S$  [7]  
 b)  $F = WK$  [7]  
 c)  $D = 0.6W + 180$  [11]

Diketahui,

- M : Momen Bending (N.m).[7]  
 F : Beban Radial (Newton).[7]  
 D : Berat penumbuk (Kg untuk aktual tes dan konversi menjadi Newton untuk simulasi).[11]  
 W : 690 Kg (Max load velg dikonversikan menjadi 6765,74 Newton).[7][11]  
 R : 0.359 meter ( jari – jari ban yang digunakan perusahaan untuk velg ukuran 17 x 7.5).[7]  
 $\mu$  : 0,7 (koefisien gesekan antara ban dan jalan sesuai standart pengetesan).[7]  
 d : Offset velg dikonversikan menjadi meter (-15 = -0.015, +20 = 0.020, +35 = 0.035).[7]  
 S : 1.6 (Load factor (Perbandingan antara beban rata – rata selama suatu periode tertentu dengan permintaan maksimum / beban puncak yang terjadi pada periode tersebut) sesuai material velg yang dapat dilihat pada tabel standart pengetesan untuk Aluminium alloy).[7]  
 K : 2 (Load factor (Perbandingan antara beban rata – rata selama suatu periode tertentu dengan permintaan maksimum / beban puncak yang terjadi pada periode tersebut) sesuai material velg yang dapat dilihat pada tabel standart pengetesan untuk Aluminium alloy).[7]

Setelah perhitungan beban, selanjutnya dilakukan tahap pemodelan 2D skets awal menggunakan aplikasi Autocad 2018 dan 3D menggunakan aplikasi Unigraphics NX8, kemudian 3D diekspor dengan format file parasolid agar dapat diimport dan disimulasi pada ANSYS Workbench 14.5, Program ANSYS mampu mensimulasikan masalah dalam berbagai disiplin ilmu teknik seperti Analisis Struktural Bidang deformasi, tegangan, dan regangan, serta gaya reaksi pada part atau solid body[12]. Pembebanan dilakukan secara statik untuk mendapatkan nilai maksimum tegangan dan deformasi dengan nilai Meshing sebesar 7 mm karena terbatasnya perangkat yang digunakan dan hasil tidak diperbolehkan melebihi batas yang diijinkan sesuai parameter perusahaan tersebut, dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

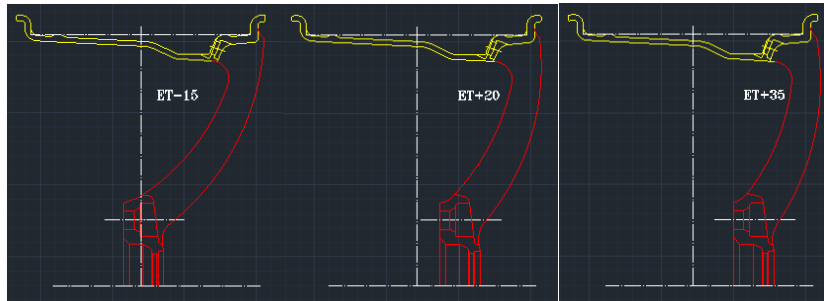
Tabel 2. Nilai simulasi maksimum yang diijinkan PT.xx

Metode Pengetesan	Tegangan (Mpa)	Deformasi (mm)
<i>Cornering Fatigue Test (Life Test)</i>	115	-
<i>Dynamic Radial Fatigue Test (Drum Test)</i>	120	-
<i>Impact Test 13°</i>	-	2,1

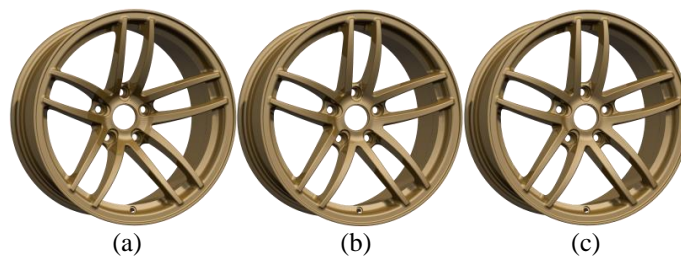
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemodelan 2D dan 3D

Setelah mengetahui perhitungan beban velg untuk input load simulasi, selanjutnya penulis melakukan pemodelan atau skets awal menggunakan aplikasi Autocad 2018, seperti pada gambar 1. Kemudian dilanjutkan pemodelan 3D menggunakan Unigraphics NX 8 untuk render, dengan hasil seperti pada gambar 2.



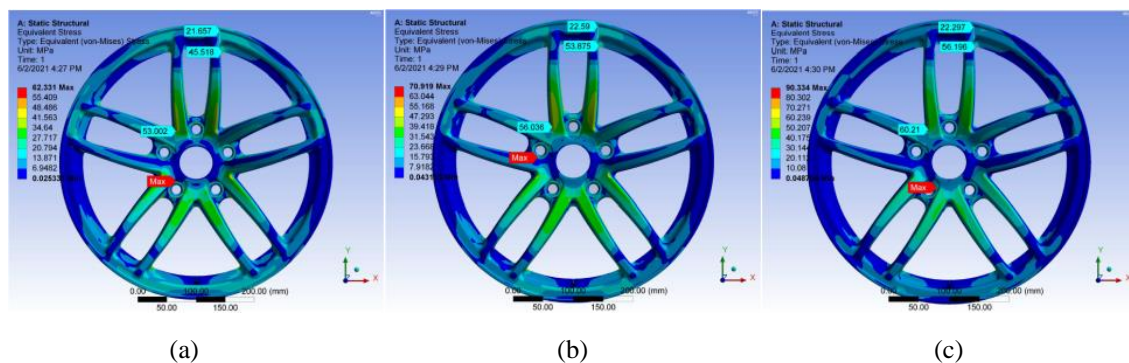
Gambar 1. Skets 2D velg offset -15, +20, +35



Gambar 2. Hasil 3D render velg offset -15(a), +20(b), +35(c)

### Hasil simulasi Dynamic Cornering Fatigue Test

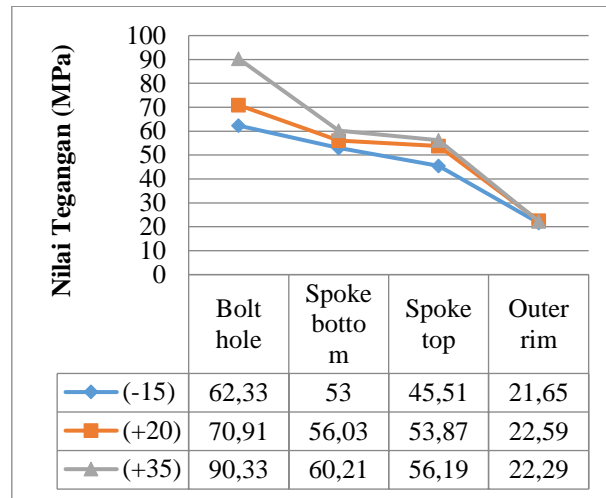
Hasil simulasi Dynamic Cornering Fatigue Test pada offset -15, +20, dan +35 dilakukan secara statis dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4 grafik nilai hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil simulasi Dynamic Cornering Fatigue Test offset -15(a), +20(b), dan +35(c).

Pada gambar 3 dan gambar 4 grafik dapat dilihat bahwa simulasi pengetesan Dynamic Cornering Fatigue Test dengan pembebanan secara statis menghasilkan nilai tegangan yang berbeda dari setiap offset, dimana nilai tegangan paling tinggi diperoleh velg dengan offset +35 yang kemudian nilai tegangan menurun pada velg dengan offset +20 dan nilai tegangan terkecil didapatkan pada offset -15. Dari hasil simulasi, nilai tegangan semakin menurun ketika offset velg semakin menjauh dari angka positif, yang artinya offset dengan angka minus akan lebih tahan atau lebih kuat dibandingkan offset dengan nilai positif ketika dilakukan pengetesan Cornering Fatigue Test karena offset yang bernilai minus akan memuat bentuk spoke semakin sejajar dengan poros roda, dan menyebabkan tegangan dapat lebih merata dan lebih tahan terhadap beban yang diterima. Pada hasil simulasi yang didapat ketika offset dinyatakan lulus

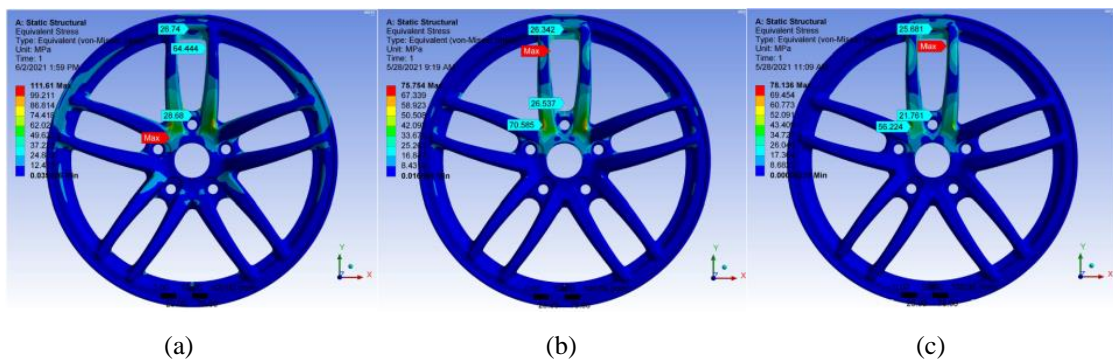
karena nilai tegangan yang didapat ketiga offset tidak melampaui batas nilai tegangan parameter yang ditentukan sebesar 115 MPa.



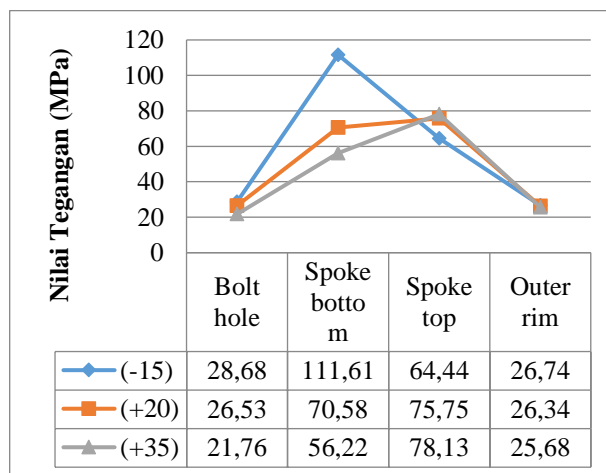
Gambar 4. Grafik hasil simulasi Dynamic Cornering Fatigue Test offset -15, +20, dan +35.

### Hasil simulasi Dynamic Radial Fatigue Test

Hasil simulasi Dynamic Radial Fatigue Test pada offset -15, +20, dan +35 dilakukan secara statis dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6 grafik nilai hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil simulasi Dynamic Radial Fatigue test offset -15(a), +20(b), dan +35(c).

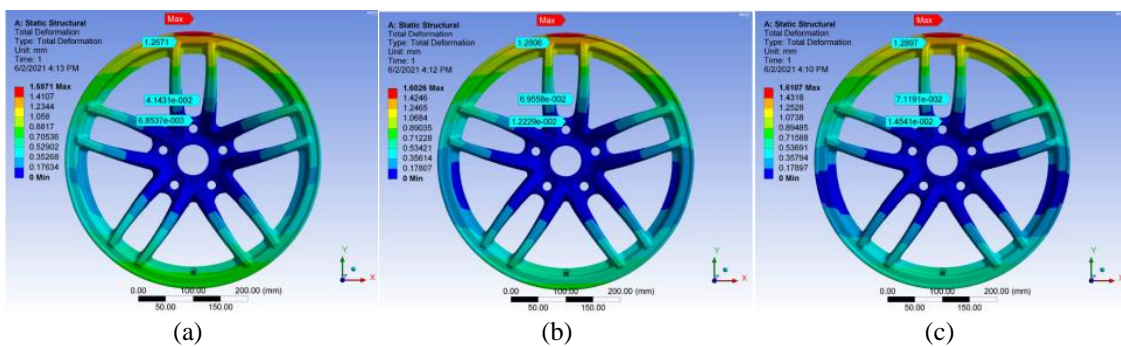


Gambar 6. Grafik hasil simulasi Dynamic Radial Fatigue Test offset -15, +20, dan +35.

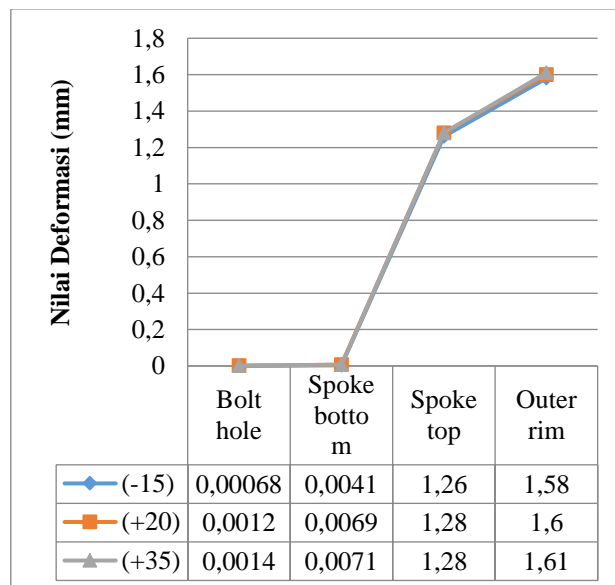
Seperti gambar 5 dan gambar 6 grafik merupakan hasil nilai tegangan dari simulasi pengetesan Dynamic Radial Fatigue Test secara statis dengan input beban sesuai perhitungan rumus pada standart SAE J2530. Didapatkan nilai maksimum dari perbedaan offset pada velg, dimana nilai tegangan tertinggi didapat oleh velg dengan offset -15 sebesar 111,61 MPa, kemudian posisi kedua didapatkan oleh velg dengan offset +35 dengan nilai 78.13 Mpa, dan nilai terkecil didapatkan oleh velg dengan offset +20 dengan nilai 75,75 Mpa. Nilai tegangan yang didapat lebih acak tidak seperti pada simulasi pengetesan Cornering Fatigue Test dimana perhitungan beban dipengaruhi oleh nominal offset, pada perhitungan beban untuk pengetesan Dynamic Radial Fatigue Test, offset tidak mempengaruhi perhitungan beban. Pada pengetesan Dynamic Radial Fatigue Test bergantung pada bentuk spoke, seperti pada velg dengan offset +35 tegangan maksimum terjadi pada spoke top kemudian pada velg dengan offset +20 nilai maksimum juga didapat pada area spoke top dengan nilai lebih kecil dikarenakan tegangan mulai menjalar lebih merata menuju area spoke bottom, dan pada velg dengan offset -15 tegangan melonjak lebih tinggi dikarenakan bentuk spoke yang sangat curam (concave) yang mengakibatkan tegangan terpusat menuju spoke bottom pada velg. Dari hasil simulasi statis untuk pengetesan Dynamic Radial Fatigue Test ketiga offset dinyatakan lulus karena nilai maksimum dari ketiga offset masih di bawah batas parameter yang ditentukan sebesar 120 Mpa.

### Hasil simulasi Impact Test

Hasil simulasi Impact Test pada offset -15, +20, dan +35 dilakukan secara statis dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8 grafik nilai hasil simulasi sebagai berikut.



Gambar 7. Hasil simulasi Impact Test offset -15(a), +20(b), dan +35(c).



Gambar 8. Grafik hasil simulasi Impact Test offset -15, +20, dan +35.

Pada gambar 7 dan gambar grafik 8 merupakan hasil nilai deformasi pada simulasi pengetesan Impact Test dengan input beban yang sudah dihitung dengan rumus standart SAE J2530. Didapatkan nilai deformasi maksimum



pada ketiga velg dengan perbedaan offset, dimana deformasi terbesar didapatkan velg dengan offset +35 sebesar 1,61 mm kemudian menurun pada velg dengan offset +20 sebesar 1,6 mm, dan nilai terkecil didapatkan pada velg dengan offset -15 sebesar 1,58 mm. pada simulasi untuk pengetesan Impact Test nilai deformasi tersusun seperti pada simulasi pengetesan Cornering Fatigue Test dimana velg offset -15 mendapatkan nilai terbaik dari velg dengan offset +20 dan +35. Pada velg offset -15 mendapat nilai yang minim karena bentuk spoke yang curam dapat menahan benturan lebih baik ketika diterapkan pada area outer rim sebesar 13°, sesuai dengan standart SAE J2530. Ketiga velg dinyatakan lulus karena nilai deformasi masih di bawah batas nilai parameter yang ditentukan sebesar 2,1 mm.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan desain dan analisa dari velg dengan offset -15, +20, dan +35 yang sudah dilakukan, maka didapatkan bahwa perbedaan offset memberikan perbedaan bentuk desain spoke, apabila offset bernilai minus maka bentuk desain spoke akan semakin masuk kedalam (Concave), dan apabila offset bernilai plus maka bentuk desain spoke akan semakin rata dengan outer rim velg.

Hasil simulasi numerik yang sudah dilakukan menunjukkan perbedaan nilai tegangan dan deformasi pada tiap offset, namun ketiga desain velg dengan offset yang berbeda dengan hasil nilai tegangan 62,33 MPa pada simulasi Dynamic Cornering Fatigue Test, 75,75 MPa pada simulasi Dynamic Radial Fatigue Test, dan nilai deformasi sebesar 1,58 mm pada simulasi Impact Test, dinyatakan lulus pada tahap simulasi dikarenakan nilai hasil simulasi masih dalam batas aman atau masih dibawah batas nilai maksimum yang diijinkan sesuai parameter yang ada pada perusahaan tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan serta kepada jajaran perusahaan terkait yang memberikan fasilitas kepada penulis hingga terselesaikannya penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] H. Naufal, "Studi Numerik Pengaruh Variasi Jumlah Dan Ketebalan Spoke Pada Velg Paduan Aluminium Untuk Mobil MPV," vol. 08, no. 1, 2019.
- [2] G. A. Syahputra *et al.*, "Terhadap Kegagalan Velg Mobil Berbasis Aluminium," no. 1, pp. 38–44, 2016.
- [3] H. R. Dalimunthe *et al.*, "Analisa Pengaruh Jumlah Spoke Dan Ketebalan Flange Terhadap Kekuatan Velg Mobil Berbasis Aluminium," no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [4] Fahd Riyal Pris, Budhi M Suyitno, and Amin Suhadi, "Analisis Kekuatan Velg Aluminium Alloy 17 Inc Dari Berbagai Desain Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA).," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 33–39, 2019.
- [5] D. D. Sanjaya, S. H. Sujiantanti, and T. Yulianto, "Analisa Kekuatan Konstruksi Wing Tank Kapal Tanker Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [6] A. A. S Sumiyanto, "Analisa Kekuatan Velg Alumunium Model D30D Pada Perusahaan 'a,'" *Bina Tek.*, vol. 225–235, p. 634, 2018.
- [7] SAE International, *Wheels — Passenger Car and Light Truck Performance Requirements and Test Procedures*. USA, 2009, pp. 1–10.
- [8] W. Puangchaum, S. Rooppakhun, and V. Phunpeng, "Parametric Design and Optimization of Alloy Wheel Based on Dynamic Cornering Fatigue Test," 2017, pp. 187–193.
- [9] A. Kumar and S. K. Panigrahi, "FEA of Aluminium Based Alloyed Wheel Rim of Passenger Vehicle," vol. 13, no. 3, pp. 1268–1276, 2020.
- [10] D. H. Burande and T. N. Kazi, "Fatigue Analysis of Alloy Wheel for Passenger Car under Radial Load," vol. 4, no. 2, pp. 26–35, 2016.
- [11] D. Y. Kosasih *et al.*, "Optimasi Desain Pelek Mobil Melalui Simulasi Pengujian Impact Sesuai Standar SAE J175," pp. 1–5.
- [12] E. Madenci and I. Guven, *The finite element method and applications in engineering using ANSYS®, second edition*, vol. 2. New York Heidelberg Dordrecht London: Springer International, 2015.