



**ANALISIS KEKUATAN MINIATUR SASIS BUS
HASIL TEKNOLOGI *FUSED DEPOSITION MODELLING*
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

Braam Delfian Prihadianto¹, Ari Reza Koswara²

¹Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
braam.delfian@ugm.ac.id

Abstract

Replica is an imitation of an object that is scaled down to a specified scale. Replica manufacturing can be done by layer manufacturing technology so that it is more efficient and gets products similar to the originals. At present, the information about the results of the experimental testing process by computers on replica 3D models is still very limited. It is important to know that the replica have the expected quality. This study was conducted to determine the replica strength of the Hino RN 285 bus chassis 1:19 scale with PLA and AISI 1020 material. The calculations included stresses and deflections that occurred on the replica bus chassis due to the load from the replica cabin of 25.506 N. The study was conducted using Solidworks 2018 application for static load simulation process and for knowing the maximum stress and deflection that occurred. The simulation results obtained a maximum strength value of 9,628 MPa. Deflection occurs at the front overhang, wheel base, and rear overhang with a maximum value occurs at the rear overhang of 0.7696 mm and causes stress distribution on the chassis frame of the rear overhang at 2.407 MPa. The maximum stress of the test results has a value smaller than the yield stress of the material and the deflection that occurs is below the critical deflection range, so it can be concluded that the replica model of the bus chassis is safe.

Keywords: *finite element, solidworks, PLA, fused deposition modelling, plastic deformation*

Abstrak

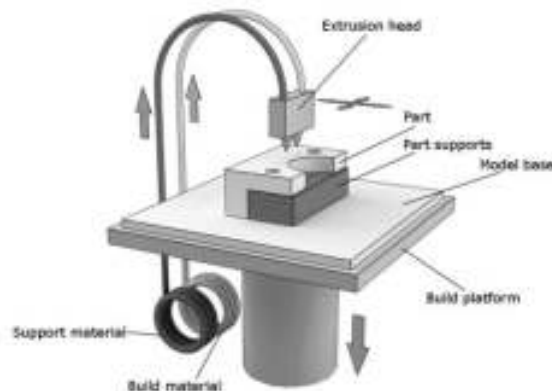
Miniatur adalah tiruan dari objek yang diperkecil dengan skala yang ditentukan. Pembuatan miniatur dapat dikerjakan dengan teknologi *layer manufacturing* sehingga lebih efisien dan memperoleh produk mendekati aslinya. Saat ini informasi tentang hasil dari proses pengujian eksperimental oleh komputer pada model 3D miniatur masih sangat terbatas. Hal tersebut penting untuk diketahui supaya miniatur yang dibuat memiliki kualitas yang diharapkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan miniatur sasis bus model Hino RN 285 skala 1:19 dengan material *Polyactic Acid* dan AISI 1020. Perhitungan yang dilakukan meliputi tegangan dan defleksi yang terjadi pada miniatur sasis bus akibat beban dari kabin miniature sebesar 25,506 N. Penelitian dilakukan menggunakan aplikasi *Solidworks* 2018 untuk proses simulasi beban statis serta mengetahui tegangan maksimum dan defleksi maksimum yang terjadi. Hasil simulasi diperoleh nilai tegangan maksimum sebesar 9,628 MPa. Defleksi terjadi pada bagian *front overhang*, *wheel base*, dan *rear overhang* dengan nilai maksimum terjadi pada bagian *rear overhang* sebesar 0,7696 mm dan menyebabkan distribusi tegangan pada *frame* sasis bagian *rear overhang* sebesar 2,407 MPa. Tegangan maksimum hasil pengujian memiliki nilai lebih kecil dari tegangan luluh material dan defleksi yang terjadi berada dibawah batasan defleksi kritis, sehingga dapat disimpulkan model 3D miniatur sasis bus tersebut aman.

Kata kunci: *finite element, solidworks, PLA, fused deposition modelling, deformasi plastis*

1. PENDAHULUAN

Industri kreatif merupakan industri yang berasal dari keterampilan, hasil kreativitas, serta bakat individu untuk menciptakan suatu hobi dan lapangan pekerjaan melalui hasil daya kreasi dan daya cipta individu. Di era modern saat ini, industri kerajinan kreatif tidak hanya mengandalkan kreatifitas secara manual tetapi semakin berkembang dan meluas hingga pengaplikasian teknologi dalam proses pembuatannya. Salah satu sektor industri kerajinan kreatif berbasis teknologi yang saat ini sedang berkembang adalah sektor permainan dengan maraknya pembuatan miniatur. Miniatur adalah potret atau lukisan dan patung berukuran kecil yang dibuat di atas berbagai permukaan dengan aneka ragam bentuk [1]. Sedangkan pengertian miniatur secara umum menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah tiruan sesuatu dalam ukuran yang sangat diperkecil [2]. Terdapat berbagai macam miniatur, seperti miniatur kendaraan, miniatur gedung, hingga miniatur *action figure*. Pembuatan miniatur tentunya harus dibuat semirip mungkin dengan objek aslinya sesuai skala yang sudah ditentukan. Selama ini pembuatan miniatur sasis bus masih menggunakan teknik manual dengan material plat aluminium atau kayu. Miniatur sasis bus dengan material plat aluminium atau kayu memiliki kekurangan antara lain kesulitan dalam pembuatan pada bagian detail, kesulitan dalam melakukan modifikasi desain serta profil yang sesuai, dan kekuatan sasis miniatur yang dihasilkan. Seiring dengan perkembangan zaman, pembuatan miniatur tidak lagi harus dilakukan secara manual tetapi dapat diproduksi dengan bantuan teknologi.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam proses produksi miniatur adalah teknologi *Rapid Prototyping* atau lebih dikenal dengan *Layer Manufacturing*. Jenis *layer manufacturing* yang digunakan untuk proses percetakan miniatur sasis bus adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM) atau sering disebut *3D Printing*. *Fused Deposition Modeling* merupakan salah satu teknik *rapid prototyping* tipe *additive* [3]. Sistem kerja dari FDM adalah dengan cara membentuk *part* secara lapis demi lapis menggunakan material *thermoplastic* yang telah dipanaskan menjadi *semi liquid*. Cairan ini akan dialirkan melalui *nozzle* menuju *form base* untuk membangun *part* yang diinginkan sesuai dengan desain. *Nozzle* pada sistem FDM berfungsi untuk mengalirkan material secara statis serta dapat bergerak dinamis secara horisontal maupun vertikal mengikuti lintasan (*path*) yang dibaca dari file. Lintasan pertama pada suatu *layer* selesai dikerjakan, kemudian *nozzle* akan bergerak naik ke atas dan seterusnya hingga obyek yang diharapkan terbentuk. Detail proses dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Fused Deposition Modelling* [4]

Penggunaan teknologi *3D printing* dalam pembuatan miniatur dapat menghemat waktu serta memperoleh hasil yang mendetail. Penggunaan *3D printing* merupakan solusi dalam pengembangan produk khususnya untuk memecahkan permasalahan *lead time design process* [5].

Metode elemen hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA) digunakan untuk memprediksi persoalan statik dan dinamik. Dalam bidang struktur, metode ini memudahkan para insinyur untuk memprediksi tegangan, regangan, deformasi, dan kegagalan pada produk yang akan diuji, sehingga dapat mengurangi biaya pengujian produk secara eksperimen dan mengoptimalkan produk sebelum diproduksi dan diimplementasikan [6]. Metode *FEA* merupakan salah satu metode persoalan numerik untuk menyelesaikan berbagai permasalahan di bidang *engineering* dengan membagi-bagi benda menjadi bentuk elemen-elemen yang berhingga dan saling berhubungan. Secara umum metode ini memiliki tiga tahapan yaitu *pre-processing*, *analysis*, dan *post-processing*.

Pengaplikasian teknologi 3D *printing* di Indonesia sudah sangat banyak, tetapi informasi terkait hasil proses pengujian eksperimental oleh komputer pada model 3D *printing* sebelum dilakukan proses produksi masih sangat minim. Yang dilakukan selama ini dalam pembuatan miniatur sasis bus yang dicetak oleh 3D *printing* adalah menguji sasis miniatur dengan beban dalam jangka waktu tertentu. Hal tersebut membutuhkan waktu yang lama dan tidak dapat dianalisis secara pasti. Dengan perkembangan teknologi khususnya pengaplikasian metode elemen hingga, model 3D miniatur sasis bus dapat kita uji terlebih dahulu sebelum diproduksi dan diimplementasikan.

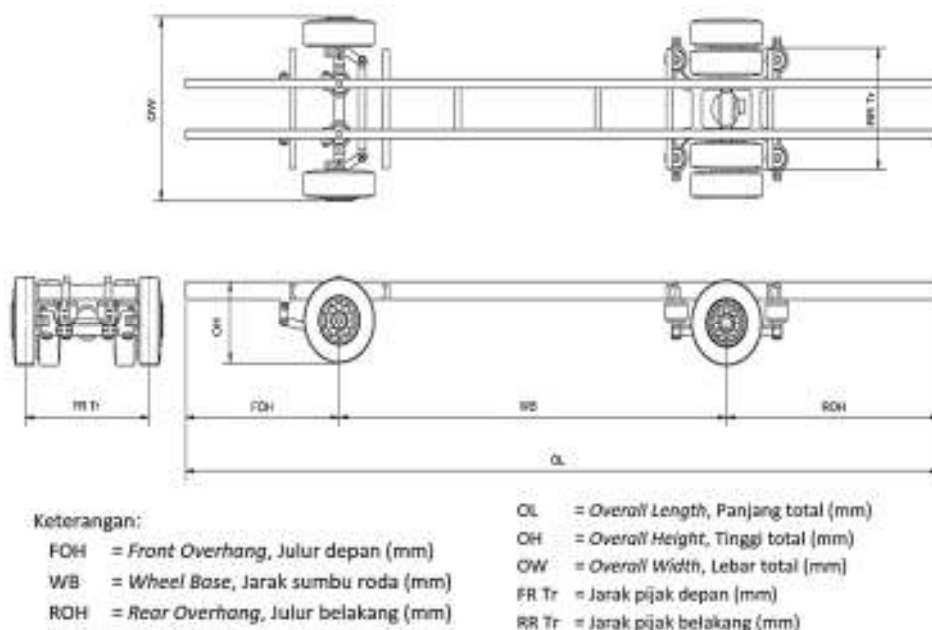
Penelitian terkait 3D *printing* dan aplikasi metode elemen hingga telah dilakukan pada material *polylactic acid* (PLA) dengan menggunakan software Siemens NX dengan modul Nastran. Dengan spesifikasi specimen berdasarkan standart PN-EN ISO 178:2011 dilakukan analisis terhadap tegangan lentur dan regangan yang terjadi. Perbedaan hasil uji lentur dengan hasil analisis menggunakan metode elemen hingga diperoleh perbedaan nilai tegangan sebesar 1,7%. Penggunaan metode elemen hingga pada penelitian ini juga digunakan dalam mengoptimisasi desain tuas rem motor. Hasil analisis menggunakan metode elmen hingga menunjukkan bahwa *infill pattern* dan *density* berpengaruh terhadap berat dan biaya hingga sebesar 50% dengan nilai kekuatan yang sama [7]. Penelitian lain yang dilakukan terkait analisis metode elemen hingga adalah pembuatan *pigeon house* model. Model yang dihasilkan lalu dilakukan analisis terhadap perubahan temperatur pada siang hari dan analisis struktural yang terjadi pada model 3D *printing* tersebut. Analisis menggunakan metode elemen hingga merupakan salah satu cara untuk menjembatani antara hasil digital dengan produk 3D *printing*. Hal tersebut mudah dilakukan karena adanya kesamaan file yang digunakan dan biaya yang relatif murah [8].

Berdasarkan latar belakang dan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan maksimum dan defleksi yang terjadi pada miniatur sasis bus dengan material *polylactic acid* (PLA) hasil proses 3D *printing* dan material AISI 1020 yang digunakan pada komponen berulir. Pengujian metode elemen hingga dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Solidworks* untuk mengetahui titik kritis maksimum yang terdapat pada model 3D miniatur sasis bus.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah miniatur sasis bis tipe Hino RN 285 dengan skala 1:19 produksi RRM *Handycraft* yang dibuat dengan metode 3D *printing*. Gambaran umum miniatur sasis terlihat pada Gambar 2 dengan spesifikasi sasis Hino RN 285 dan miniatur sasis Hino RN 285 skala 1:19 tersaji pada Tabel 1.



Gambar 2. Miniatur Sasis Bus Hino RN 285

Table 1. Dimensi Sasis Hino RN 285

Bagian	Dimensi Sasis Hino RN 285 (mm)	Dimensi Miniatur Sasis Hino RN 285 (mm)
FOH	2380	125,26
WB	6000	315,79
ROH	3290	173,16
OL	11670	614,21
OH	2020	55,49
OW	2450	123,69
FR Tr	2040	101,00
RR Tr	1820	82,00

2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.2.1. Laptop

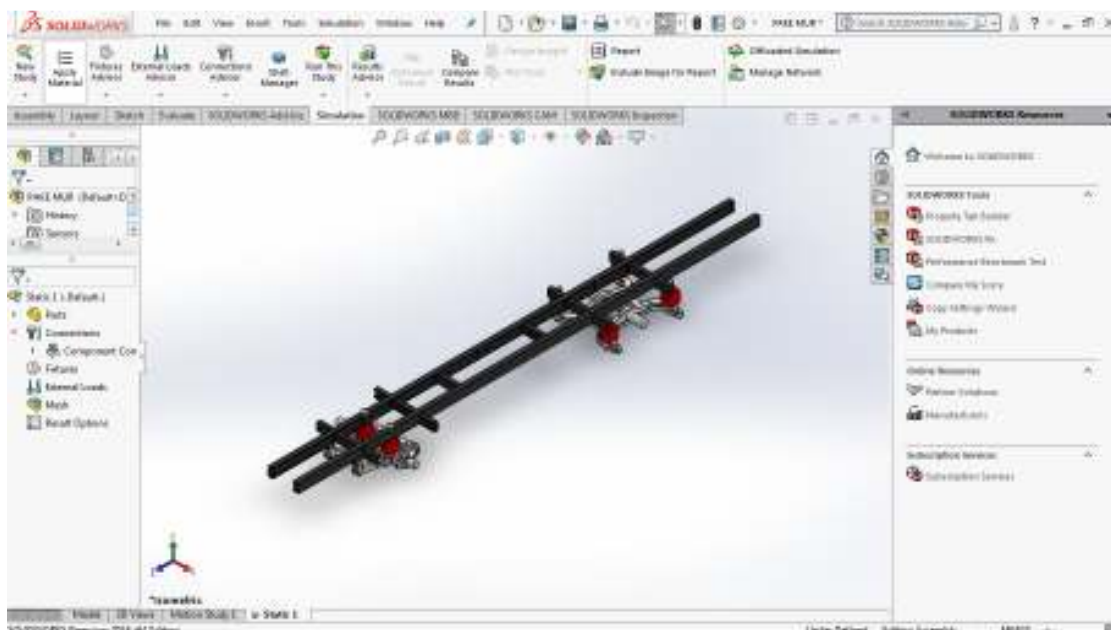
Laptop yang digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan desain dan simulasi model 3D miniatur sasis bus skala 1:19 memiliki spesifikasi Intel Core i5-6200U 2.3GHz *with Turbo Boost up to* 2.8GHz dengan RAM 8 GB DDR 4 dan VGA NVIDIA GeForce 940MX with 2 GB Dedicated VRAM.

2.2.2. Solidworks 2018

Pembuatan model 3D miniatur sasis bus skala 1:19 menggunakan aplikasi *Solidworks* 2018 Model 3D yang telah dibuat oleh aplikasi *Solidworks* digunakan sebagai data untuk proses pengujian selanjutnya.

2.2.3. Solidworks Simulation

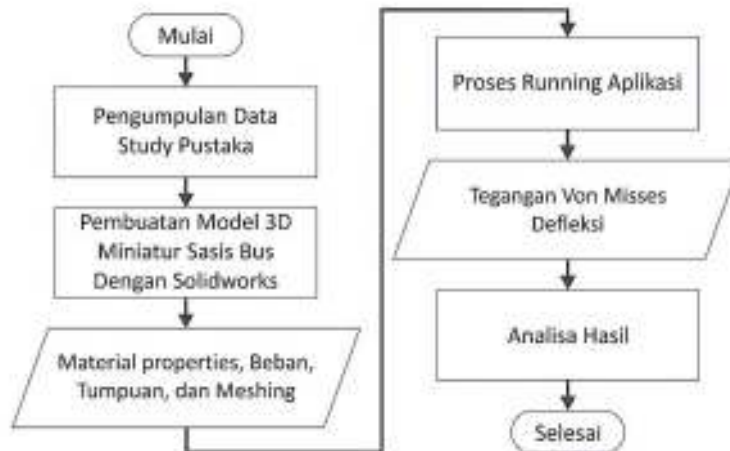
Solidworks Simulation digunakan untuk proses pengujian FEA pada model 3D miniatur sasis bus skala 1:19. *Import geometry*, pengaturan jenis material, proses *mesh*, penentuan tumpuan serta pembebanan dapat dilakukan pada fitur ini sehingga memudahkan kita untuk melakukan proses analisis terhadap produk yang akan kita uji. Hasil simulasi akan menunjukkan nilai berupa tegangan *von mises*, *displacement*, dan *safety factor* dalam bentuk gradasi warna yang berbeda sehingga akan lebih mudah dipahami. Berikut merupakan tampilan dari *Solidworks Simulation* ditunjukkan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Solidworks Simulation

2.3. Alur Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.3.1. Pengumpulan Data

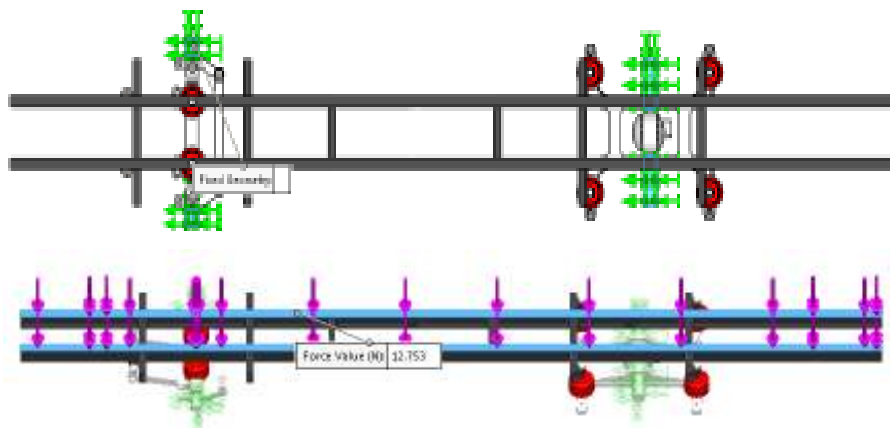
Data-data yang diperlukan pada penelitian ini meliputi data model, material, dan berat miniatur diperoleh dari RRM *Handycraft*, *Solidworks Toolbox*, dan melakukan pengukuran langsung pada miniatur. Tipe miniatur bus yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Jetbus 2 produk RRM *Handycraft* dan hasil dari pengukuran diperoleh data berat kabin bus sebesar 2,6 kg. Data tersebut dijadikan acuan untuk menganalisis beban yang diterima oleh rangka *sidemember* sasis. Proses pengukuran berat kabin miniatur bus dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pengukuran Berat Miniatur

2.3.2. Proses Simulasi

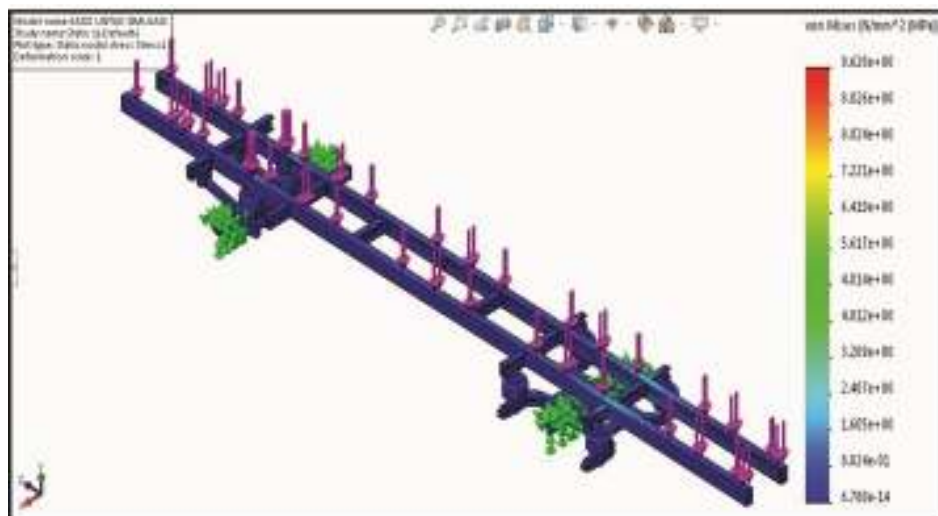
Proses simulasi FEA dilakukan pada model 3D miniatur sasis bus skala 1:19 menggunakan *Solidworks Simulation* dengan pembebanan statis. Tahapan awal yang dilakukan dalam proses simulasi adalah menggambar miniatur sasis bus yang dengan menggunakan aplikasi *Solidworks 2018*. Dalam pembuatan gambar tersebut, geometri *frame* sasis yang digunakan mengacu pada data hasil studi literatur dan pengamatan langsung pada miniatur *frame* sasis yang ada. Material yang digunakan dalam pembuatan miniatur sasis bus ini adalah *PLA* dan untuk komponen berulir menggunakan material *AISI 1020*. Pada proses simulasi menggunakan tumpuan pada titik roda miniatur dengan pembebanan pada dua *sidemember*, posisi tumpuan dan pembebanan terlihat Gambar 6.



Gambar 6. Titik Tumpuan (atas) dan Pembebanan (bawah)

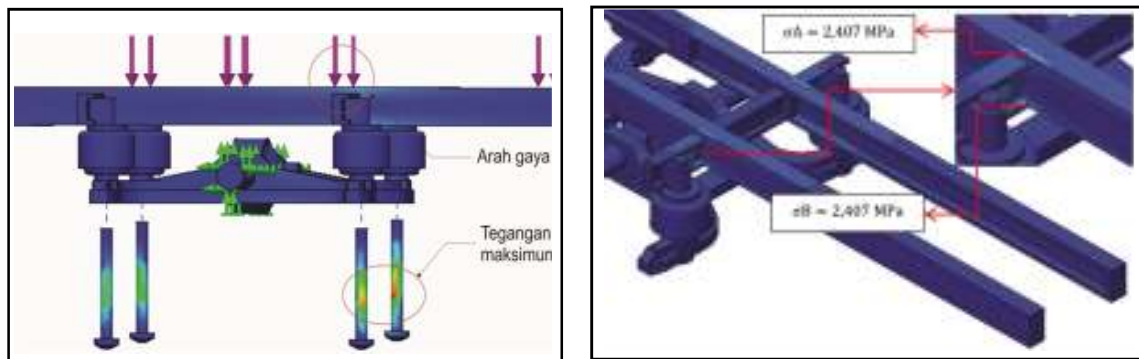
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung beban yang akan diterima oleh miniatur sasis bus, dimana hasil pengukuran diperoleh data bahwa massa kabin miniatur sebesar 2,6 kg sehingga *load* kabin miniatur yang akan digunakan dalam perhitungan sebesar 25,506 N yang ditumpu oleh dua buah side member atau sebesar 12,753 N tiap *side member*. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi *Solidworks* 2018 dengan mengasumsikan beban yang diterima oleh miniatur sasis bus adalah beban merata. Dalam pengujian ini, struktur miniatur sasis bus didiskritisasi menjadi 98071 nodal dan 52487 elemen. Dari hasil pengujian diperoleh hasil distribusi tegangan pada miniatur sasis bus seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Analisis Tegangan Von Mises

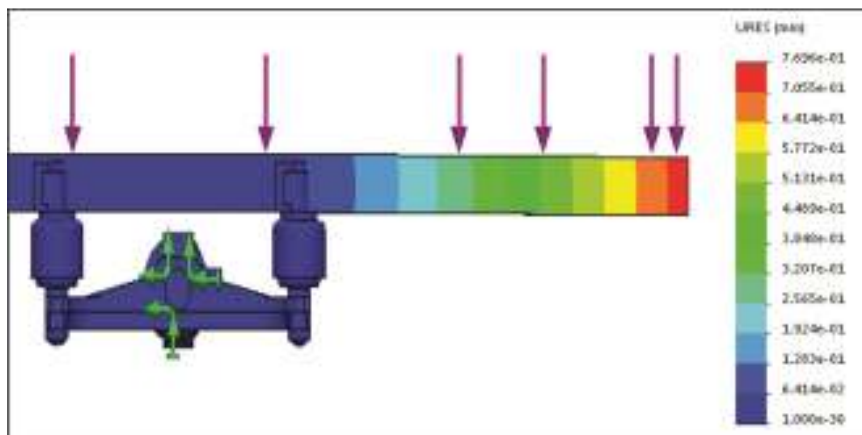
Hasil pengujian yang dilakukan pada miniatur sasis bus didapatkan nilai yang tegangan maksimum sebesar 9,628 MPa terjadi pada *part screw* M4x0.7x35 yang terletak pada bagian belakang sasis yang berfungsi untuk menyambung *frame* denganudukan bawah yang ditunjukkan pada Gambar 8a. Distribusi tegangan maksimum pada struktur rangka *frame* sasis akibat beban vertikal y terjadi pada rangka *frame* sasis bagian *rear overhang* sebesar 2,407 MPa seperti tersaji pada Gambar 8b. Komponen *screw* M4x0.7x35 yang digunakan dalam miniatur menggunakan material AISI 1020 *steel* yang memiliki tegangan luluh sebesar 351,571 MPa sehingga tegangan yang terjadi pada *part screw* memiliki nilai lebih kecil dibandingkan tegangan luluh materialnya. Selain itu komponen *screw* M4x0.7x35 memiliki nilai *factor of safety* sebesar 36,51. Sedangkan material pada *frame* sasis terbuat dari material PLA yang memiliki tegangan luluh sebesar 70 MPa. Tegangan yang bekerja pada *frame* sasis lebih kecil dari nilai tegangan luluh PLA dengan nilai *factor of safety* sebesar 29,08.



Gambar 8.(a) Daerah Tegangan Maksimum, (b) Tegangan Pada *Frame* Sasis

Desain *sidemember* sasis tipe *ladder frame* yang digunakan pada miniatur sasis bus menggunakan *channel* bentuk C (*open channel section*) sehingga sangat baik dalam hal kekuatan lentur dan kekakuan (*bending strength* dan *stiffness*) sehingga distribusi tegangan yang terjadi sangatlah kecil. Nilai *factor of safety* yang dihasilkan oleh komponen *screw* M4x0.7x35 dan *frame* sasis sebesar 36,51 dan 29,08 membuktikan bahwa desain dan material yang digunakan dalam pembuatan miniatur sasis bus dapat dikatakan aman, karena suatu desain dapat dikatakan gagal jika *factor of safety* < 1 [9].

Pada struktur rangka *frame* sasis menerima tegangan juga mengalami defleksi akibat beban vertikal yang diberikan oleh miniatur kabin bus. Bagian yang terdefleksi terjadi pada rangka *frame* sasis bagian *front overhang*, *wheel base*, dan *rear overhang*. Nilai defleksi maksimum terjadi pada rangka *frame* sasis terjadi pada bagian *rear overhang* sebesar 0,7696 mm yang ditunjukkan pada Gambar 9. Sedangkan nilai defleksi terjadi pada bagian *front overhang* (δ_{FOH}) sebesar 0,1283 mm dan pada bagian *wheel base* (δ_{WB}) sebesar 0,1924 mm.



Gambar 9. Defleksi Maksimum Pada *Rear Overhang*

Kekakuan miniatur sasis bus dengan bahan PLA bisa dikatakan cukup baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai defleksi yang terjadi pada masing-masing bagian *frame* sasis tidak begitu besar. Selain pemilihan profil rangka berbentuk C (*open channel section*) juga menunjang kekuatan *frame* sasis karena memiliki kekakuan yang cukup baik. Disisi beban dan tegangan yang diterima, miniatur casis bus hanya menerima beban kabin sebesar 25,506 N dengan tegangan maksimum sebesar 2,407 MPa. Hal ini sesuai dengan teori bahwa faktor yang mempengaruhi terjadinya defleksi pada suatu batang adalah kekakuan batang dan nilai beban yang diberikan [10].

Berdasar hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dijadikan dasar sebagai acuan dalam melakukan perbaikan dan modifikasi selanjutnya, baik terkait beban yang diterima maupun modifikasi desain miniatur sasis bus. Miniatur sasis bus yang diuji merupakan desain dasar, dimana hanya diasumsikan menerima beban dari kabin yang ditopang. Selanjutnya akan dikembangkan miniatur sasis bus dengan menggunakan motor penggerak atau *remote control* sehingga miniatur sasis akan menerima

beban yang bervariasi. Hasil pengujian juga digunakan sebagai dasar pengembangan miniatur sasis bus hasil 3D *printing* dengan material *thermoplastic* selain PLA.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada komponen miniatur sasis bus dengan metode elemen hingga diperoleh kesimpulan bahwa tegangan maksimum pada miniatur sasis bus terjadi pada bagian *screw* M4x0.7x35 sebesar 9,628 MPa dengan material AISI 1020 *steel* dan tegangan yang terjadi pada *frame* sasis dengan material *Polylactic Acid* sebesar 2,407 MPa. . Sedangkan defleksi maksimum pada miniatur sasis bus terjadi pada bagian *sidemember* sasis bagian *rear overhang* sebesar 0,7696 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. Susanto, Diksi Rupa, Yogyakarta: Kanisius, 2002.
- [2]. Poerwadarminta, Kamus Besar Bahasa Indonesia, Jakarta: Balai Pustaka, 1993.
- [3]. D. Yagnik, "Fused Deposition Modeling – A Rapid Prototyping Technique for Product Cycle Time," *IOSR Journal of Mechanical and Civil*, pp. 62-68, 2014.
- [4]. F. Gorski, W. Kuczko and R. Wichniarek, "Impact Strength of ABS Parts Manufactured Using," *Archives of Mechanical Technology and Automation*, vol. 34, no. 1, pp. 3-12, 2014.
- [5]. K. S. Putra and U. R. Sari, "Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses," in *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018*, Pontianak, 2018.
- [6]. N. Ghazaly, "Applications of Finite Element Stress Analysis of Heavy Truck Chassis: Survey and Recent Development," *Journal of Mechanical Design and Vibration*, vol. II, no. 3, pp. 69-73, 2014.
- [7]. P. Zur, A. Kolodziej, and A. Baier, "Finite Elements Analysis of PLA 3D-printed Elements and Shape," *European Journal of Engineering Science and Technology*, vol. II, no. 1, pp. 59-64, 2019.
- [8]. S. Killi and A. Morrison, "Fea and 3D Printing, the Perfect Match," *International Journal of Mechanical Systems Engineering*, vol. I, pp. 1-7, 2016.
- [9]. Z. Abidin and B. R. Rama, "Analisa Distribusi Tegangan Dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 CC Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. XV, no. 1, pp. 30-39, 2015.
- [10]. Basori, Syafrizal and Suharwanto, "Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit Dan Rol Pada Material Alumunium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. I, pp. 50-58, 2015.