

Perancangan Casing *Wireless Sensor Network* dan Analisis Material Menggunakan *Finite Element Method*

1st Annisa Maulidina Salsabilla
Fakultas Rekayasa Industri
Univeristas Telkom
Bandung, Indonesia
annisamaulidina@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Tatang Mulyana
Fakultas Rekayasa Industri
Univeristas Telkom
Bandung, Indonesia
tatangmulyana@telkomuniversity.ac.id

3rd Endang Budiasih
Fakultas Rekayasa Industri
Univeristas Telkom
Bandung, Indonesia
endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

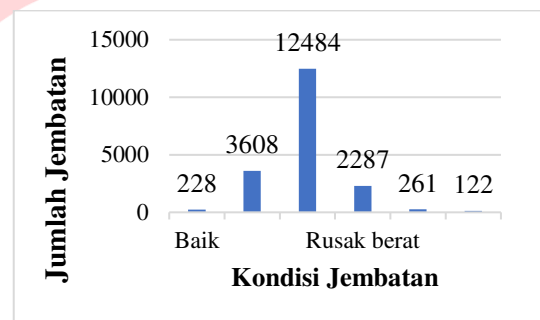
Abstrak - Salah satu prasarana transportasi yang memiliki peran penting sebagai penghubung antar wilayah adalah jembatan. Namun saat ini masih banyak terdapat kerusakan, salah satu faktor penyebabnya adalah akibat beban kendaraan yang dilewati melebihi batas maksimum. Pengawasan ini dapat dilakukan dengan mengimplementasikan teknologi berupa penggunaan *Wireless Sensor Network* (WSN) yaitu suatu perangkat yang ditanam dan dipasang di jaringan untuk melakukan penginderaan, komputasi dan komunikasi. Salah satunya adalah SunSPOT (*Small Programmable Object*), yang dapat mendeteksi getaran struktur, dan menganalisa kondisi kesehatannya. Implementasi WSN dilakukan pada *casing road stud* yang dipasang pada jalan untuk melindungi sensor dari beban kendaraan, hujan dan keadaan lingkungan lainnya. Pengembangan *casing* ini dilakukan dari segi desain dan material *casing* dengan mempertahankan kinerja pada sensor, tidak menghalangi sinyal, dan dapat menahan beban. Sehingga kondisinya dapat diketahui secara pasti dan pengawasan lebih mudah dilakukan. Penelitian ini menggunakan *Finite Element Method* (FEM) untuk mengetahui dan menghitung kekuatannya berdasarkan tegangan, *deformation*, dan *safety factor*. Hasil simulasi didapatkan bahwa tegangan maksimum yaitu sebesar 196,34 MPa hasil ini tidak melebihi nilai *yield strength* material dengan *load* yang diberikan sebesar 20 Ton atau 200000 N. Total deformasi yang di dapatkan yaitu sebesar 0,1235 mm sedangkan nilai *safety factor* yang didapatkan yaitu 1,4. Nilai ini termasuk aman.

Kata kunci— *Casing WSN, Finite Element Method, Tegangan, Deformation, Safety factor*

I. PENDAHULUAN

Infrastruktur jembatan sebagai penghubung antar wilayah di Indonesia, memiliki peran penting sebagai prasarana transportasi yang menyangkut hajat hidup orang banyak dan mempunyai fungsi sosial yang sangat penting, sehingga harus di perhatikan faktor keamanan bagi pengguna jalan. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menyebutkan bahwa dari 40% jembatan di Indonesia, 30% dalam

kondisi kurang baik dan 10% dalam kondisi rusak berat, salah satu faktornya adalah akibat usia [1].



Gambar 1
Grafik Jumlah Dan Kondisi Jembatan Di Indonesia Tahun 2022

Berdasarkan data grafik menunjukkan jumlah dan kondisi jembatan di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022 dengan total kerusakan 16.840. Penyebab utama kerusakan karena beban kendaraan yang melebihi batas maksimum, dan tidak adanya perawatan dan pengawasan secara berkala, jikapun ada, dilakukan secara manual, dan belum mengaplikasi kemajuan teknologi yang canggih.

Dari grafik tersebut maka diperlukan pengawasan dan penilaian terhadap sistem infrastruktur jembatan. Sistem monitoring kesehatan struktur jembatan dilakukan untuk mengetahui kemungkinan penyimpangan perilaku dan umur jembatan agar dapat dilakukan penanganan dengan cepat dan tepat untuk mengantisipasi dan mengurangi permasalahan yang ada pada suatu jembatan.

Sistem monitoring kesehatan struktur jembatan dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi IoT berupa penggunaan *Wireless Sensor Network* (WSN) yaitu suatu perangkat *embedded* kecil yang dipasang di jaringan skala besar untuk melakukan penginderaan, komputasi, dan komunikasi [2].

Road stud atau paku marka jalan digunakan sebagai reflektor atau penanda pada jalan khususnya

saat cuaca gelap dan malam hari. Sensor WSN saat ini akan di implementasi pada road stud.



GAMBAR 2
ROAD STUD

Penggunaan *casing* pada WSN bertujuan untuk melindungi sensor dari kendaraan yang melawatinya dan cukup kuat untuk menampung beban serta beberapa faktor lingkungan lainnya. Namun material yang digunakan pada *casing* tersebut tidak membuat sinyal yang dipancarkan oleh sensor terhambat. Oleh karena itu, dilakukan juga identifikasi pemilihan material. Material yang digunakan adalah Aluminium 6061-T6 dan polycarbonate karena berdasarkan buku dengan judul “*Machine Elements in Mechanical*” menjelaskan bahwa material ini cukup kuat, ketahanan korosi yang baik, relatif mudah dibentuk dan dapat di proses pada permesinan. Sedangkan material *polycarbonate* memiliki ketahanan benturan dan dimensi yang stabil serta ketangguhan yang baik. Analisis material ini dapat dilakukan dengan metode *Finite Element Method* untuk mengetahui tegangan maksimum, besarnya pergeseran atau deformasi, dan *safety factor*.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat yaitu berupa usulan rancangan casing WSN dengan spesifikasi casing yang kuat dan memperhatikan *safety factor*. Selain itu sensor dapat terlindungi dari beban kendaraan yang melewatinya dan faktor lingkungan lainnya, sehingga sistem monitoring kesehatan struktur jembatan ini dapat dilakukan lebih baik.

II. KAJIAN TEORI

A. Wireless Sensor Network (WSN)

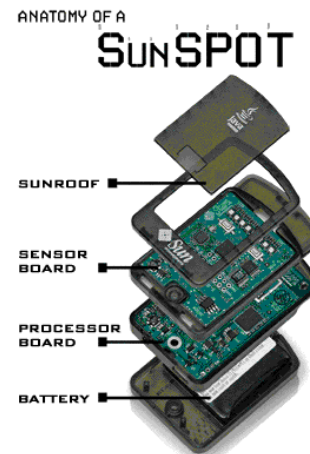
Wireless Sensor Network (WSN) yaitu suatu perangkat sistem kecil yang dipasang di jaringan dengan skala besar untuk melakukan penginderaan, komputasi dan komunikasi. Hasil data pemantauan akan dikirimkan melalui jaringan utama atau *base station* yaitu lokasi data dapat diamati dan dianalisis [2].

Pada penelitian ini penggunaan sensor dilakukan untuk pemantauan jembatan. Terdapat beberapa sensor yaitu *weight in motion* berfungsi memantau tingkat kesehatan struktur jembatan. Sensor mendeteksi adanya kerusakan jembatan Ketika menerima getaran yang dihasilkan saat kendaraan lewat. Adapun *output* dari sitem WSN yaitu nilai

rating factor (RF) yang merupakan indikator layak atau tidaknya jembatan untuk digunakan.

B. Sensor SunSPOT

Sensor *Sun Small Programmable Object Technology* (SunSPOT) merupakan suatu perangkat yang ditanam dengan pemrograman Java khususnya *Connected Limited Device Configuration* (CLDC). Berfungsi untuk mengumpulkan data dari respon struktural yang dipantau secara langsung [3]



GAMBAR 3
Sunspot

C. Road Stud

Road stud atau paku jalan adalah marka jalan berupa paku yang dipasang pada permukaan jalan dilengkapi dengan pemantul cahaya (reflektor) yang berfungsi sebagai penanda yang akan memantulkan cahaya dari reflektor jika kondisi jalan kurang alat penerangan dan hujan serta berkabut pada keadaan gelap dan malam hari

D. Jenis Desain

Dalam proses perancangan desain, ada beberapa jenis desain terdiri dari *Adaptive design* yaitu memodifikasikan desain yang sudah ada namun tidak mengubah secara keseluruhan desain awal, hanya memvariasi dari dimensi dan spesifikasi. *Development design* yaitu konsep yang dimulai dari desain yang sudah ada, kemudian dimodifikasi dengan menyempurnakan kinerja desain awal. *New design* yaitu konsep desain dengan menghasilkan desain terbaru [4]

E. Sistematis Desain

Proses desain disesuaikan dengan kebutuhan desain yang terdiri dari desain konsep yaitu kebutuhan dengan menentukan struktur fungsi. Desain wujud yaitu konsep desain dengan membangun *layout* berupa ukuran dan bentuk desain. Desain detail merupakan tahapan dimana mampu menganalisa dan mensimulasikan komponen desain. [4]

F. Tegangan Von mises

Material dikatakan mulai luluh jika tegangan *von mises* suatu bahan yang dibebani sama dengan atau lebih besar dari batas luluh dari bahan yang sama maka bahan tersebut akan luluh, disebut juga sebagai *yield strength*. Tegangan ini digunakan untuk mengetahui

dan memprediksi tingkat keluluhan suatu material terhadap kondisi pembebanan [5].

G. Deformasi

Deformasi merupakan suatu perubahan dimensi pada material sebagai respon terhadap gaya mekanis. Deformasi dikatakan elastis jika material kembali ke ukuran dan bentuk aslinya setelah beban yang diterapkan menghilang, sedangkan deformasi plastis, jika penerapan beban mekanis mengakibatkan perubahan permanen pada dimensi material, yaitu tidak kembali ke ukuran dan bentuk aslinya meskipun beban yang diterapkan menghilang [6].

H. Safety Factor

Safety factor atau (FoS) adalah suatu pengukuran atau batasan keselamatan berdasarkan kapasitas penahanan beban sebenarnya dari suatu struktur atau komponen saat menerima suatu gaya eksternal. Persamaannya dihitung dengan membagi tegangan maksimum dengan tegangan kerja. Adapun standar angka keamanan minimal yaitu 1.25 berdasarkan jenis pembebanannya [7].

I. Material Aluminium

Aluminium merupakan salah satu material logam *nonferrous* yang digunakan secara luas penggunaannya, mulai dari kebutuhan rumah tangga, otomotif, mesin, hingga pesawat terbang. Hal ini disebabkan karena memiliki beberapa kelebihan yaitu komponen dengan bobot ringan, ketahanan korosi yang baik, kemampuan permesinan yang baik, konduktifitas panas dan listrik tinggi dan ketangguhan tinggi [8].

J. Material Polycarbonate

Polycarbonate (PC) merupakan salah satu jenis polimer yang memiliki kelebihan diantaranya, warna yang jernih dan tembus pandang, bahan sintesis, *impact strength* yang baik, tahan terhadap panas, air, asam dan isolator yang baik. Salah satu jenis plastik yang sering digunakan pada perabotan, pipa-pipa, botol minum [9]

K. Finite Element Method

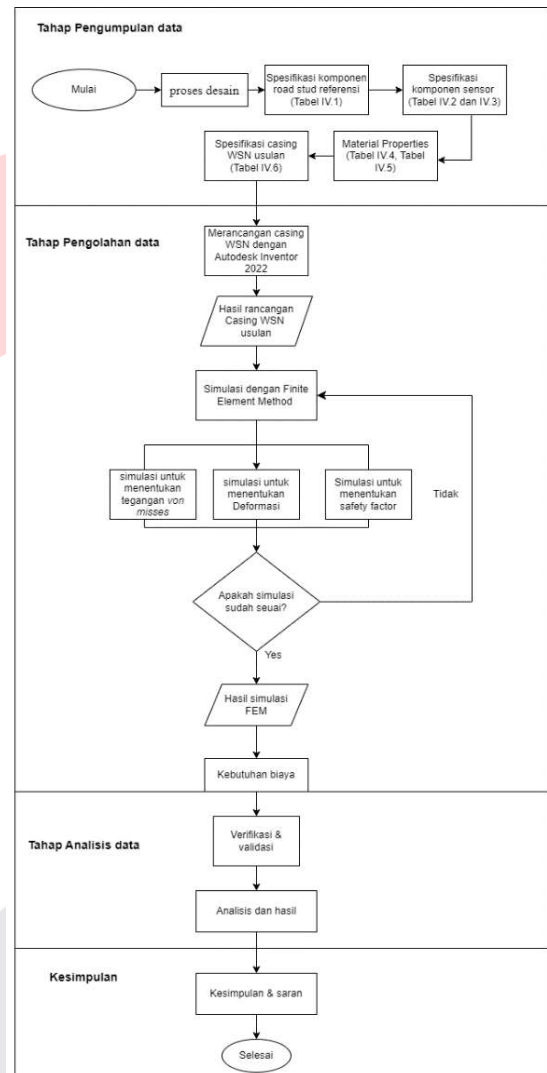
Finite element method (FEM) adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah diantaranya *Structural analysis*, *heat transfer*, *fluid flow*, *mass transport*, dan *electromagnetic potential*. *Finite element method* (FEM) memungkinkan untuk mengubah geometri menjadi bentuk elemen-elemen yang dapat mengidentifikasi kerusakan dari material yang digunakan yang disebut proses *meshing*. Tahapan *Finite Element Method* terdiri dari *preprocessor*, *processor*, dan *postprocessor* [10].

III. METODE

A. Tahap Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengembangan yang akan dilakukan pada casing road stud saat ini. Maka pada penelitian ini data yang diambil adalah spesifikasi road stud referensi, spesifikasi dan dimensi

komponen sensor, karakteristik material Aluminium 6061-T6, dan *Polycarbonate* serta rancangan road stud usulan. Pengumpulan data juga dilakukan berdasarkan studi literatur dan proses desain. Gambar 4 menunjukkan sistematika penyelesaian masalah.



GAMBAR 4
Sistematika Penyelesaian Masalah

1. Proses desain

Dalam proses perancangan perlu menyesuaikan dengan kebutuhan desain hingga mendapat spesifikasi kebutuhan desain. Kebutuhan desain ini merupakan proses desain yang terdiri dari tahapan desain konseptual, desain wujud, dan detail desain.

2. Spesifikasi road stud referensi

Spesifikasi dari road stud referensi digunakan sebagai acuan dalam perancangan casing WSN usulan dan mengetahui dimensinya. Spesifikasi ini juga akan digunakan untuk melakukan pengujian menggunakan

Finite Element Method (FEM) untuk mengetahui tingkat kekuatan dari desain produk yang akan digunakan nanti.

3. Spesifikasi komponen sensor

Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah SunSPOT. Spesifikasi dilakukan untuk mengetahui dimensi sensor dan sebagai acuan dalam perancangan casing WSN. Casing akan disesuaikan dengan dimensi sensor dan komponen pendukung lainnya.

4. Pemilihan Material

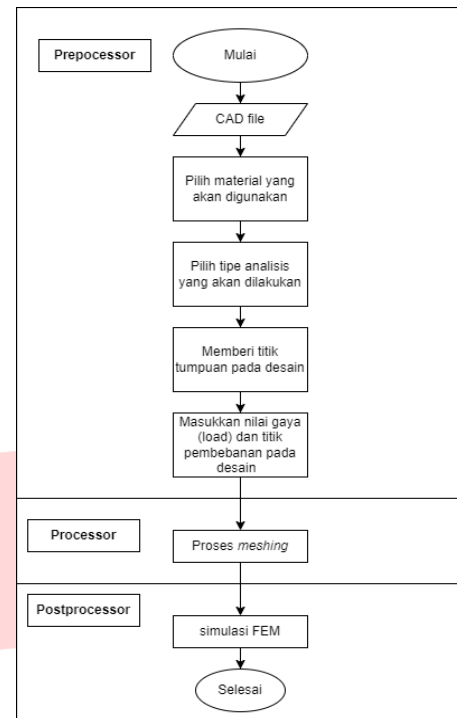
Pada perancangan casing WSN ini material yang digunakan adalah Aluminium 6061-T6, dan Polycarbonate. Material ini dipilih karena memiliki kekuatan yang baik, ketahanan korosi yang baik, relatif mudah dibentuk dan dapat di proses pada permesinan. Sedangkan material polycarbonate memiliki ketahanan benturan dan dimensi yang stabil serta ketangguhan yang baik.

5. Spesifikasi casing usulan

Dari hasil spesifikasi road stud referensi dan sensor, maka didapatkan spesifikasi casing WSN usulan berupa dimensi setiap komponen dan material yang akan digunakan. Spesifikasi ini akan digunakan untuk merancang casing WSN menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2022

B. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari merancang casing WSN menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2022, kemudian dari hasil rancangan akan dilakukan proses simulasi material menggunakan *Finite Element Method* (FEM) menggunakan software Ansys R1 2023 student. Metode ini digunakan untuk menghitung dan mengetahui kekuatan dari material pada rancangan jika diberi tekanan. Desain rancangan akan disimulasikan dengan parameter yang diukur adalah tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor*. Output dari pengolahan data ini selain hasil rancangan casing WSN, juga untuk melihat apakah material yang digunakan kuat jika diberi tekanan. Adapun tahapan simulasi digambarkan pada *flowchart* berikut.



GAMBAR 5
TAHAPAN SIMULASI FEM

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis karakteristik material

Tabel 1 menunjukkan karakteristik material Aluminium 6061-T6. Material Aluminium 6061 memiliki *yield strength* 276 MPa.

TABEL 1
Karakteristik Aluminium

Mechanical Properties	Metric
Yield Tensile Strength	276 MPa
Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Tensile Modulus	69 GPa
Shear Strength	207 MPa
Shear Modulus	26 GPa
Fatigue Strength	97 MPa
Physical Properties	Metric
Density	2.7 g/cm ³
Thermal Properties	Metric
Temperature	130°C
Thermal Conductivity	167 W/(m°C)
Melting Point	582 °C

Tabel 2 menunjukkan karakteristik material polycarbonate. Material ini memiliki *yield strength* 124 MPa.

TABEL 2
Karakteristik Polycarbonate

Mechanical Properties	Metric
Yield Tensile Strength	124 MPa
Ultimate Tensile Strength	131 MPa
Tensile Modulus	13 GPa
Physical Properties	Metric
Density	1.2 g/cm ³

B. Rancangan desain casing WSN usulan

Desain 3D casing WSN terdiri dari bagian utama yaitu *Protective Upper Cap* dengan dimensi 200 x 150 x 21 mm, *Internal Circuit Modul 1* dengan dimensi 116 x 111 x 29 mm, *Internal Circuit Modul 2* dengan dimensi 123 x 111 x 16,5 mm, *Internal Circuit Modul 3* dengan dimensi 109 x 85 x 2,5 mm, *Reinforce Body Case* dengan dimensi 200 x 150 x 36 mm dan komponen pendukung lainnya seperti Dyna Bolt M10X60 dan M5X8. Desain tersebut dibuat menggunakan software *Autodesk inventor Professional 2022*.



GAMBAR 6
3d Casing Wsn

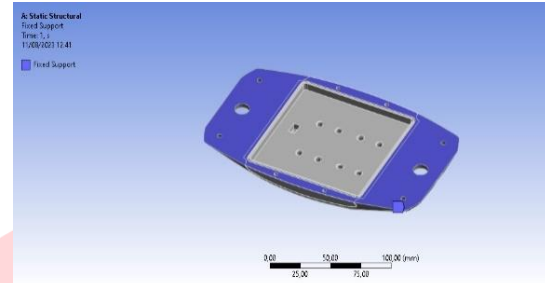
C. Simulasi *Finite Element Method* menggunakan *Software Ansys R1 2023 student*

Simulasi *finite element method* dilakukan untuk mendapatkan hasil kekuatan material pada rancangan dengan pemberian beban. Bagian yang akan dilakukan simulasi yaitu *protective upper cap* dan *internal circuit module*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor*. pada proses simulasi terbagi menjadi 3 tahapan yaitu *preprocessor* proses pertama menetapkan tipe analisis yang akan dilakukan. Simulasi ini menggunakan *static structural*. Kedua memasukkan desain yang sudah dibuat sebelumnya dan mendefinisikan material yang digunakan yaitu Aluminium 6061-T6 dan Polycarbonate seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Ketiga menandai titik tumpuan dengan jenis *fixed support* seperti yang terlihat pada Gambar 8. Keempat menandai sisi yang terkena pembebanan dengan memasukkan nilai *load* sebesar 200000 N dengan arah gaya kebawah seperti yang terlihat pada Gambar 9. Tahap kedua yaitu *processor*, dilakukan proses *meshing* yaitu proses dimana model dibuat menjadi kumpulan dari beberapa elemen hingga seperti pada Gambar 10. Tahap terakhir yaitu *postprocessor* dilakukan simulasi untuk mengetahui nilai tegangan, deformasi, dan *safety factor*.

-  Structural Steel
-  Aluminum alloy, wrought, 6061, T6
-  Plastic, PC (copolymer, heat resistant)

GAMBAR 7
Pemilihan Material



GAMBAR 8
Pemberian Area Tumpuan



GAMBAR 9
Pemberian Area Pembebanan

D. Analisis Tegangan *Von Mises*, Deformasi, dan *safety factor*

Setelah dilakukan simulasi maka didapatkan hasil seperti pada tabel 3

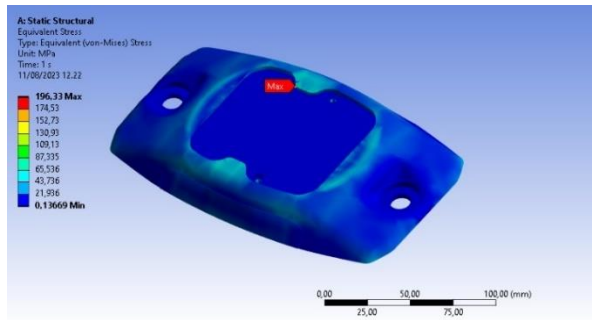
TABEL 3
HASIL SIMULASI FINITE ELEMENT METHOD

Karakteristik	Min	Max
Tegangan Von mises	0,13669 MPa	196,34 MPa
Deformation	0 mm	0,1235 mm
Safety factor	1,3202	15

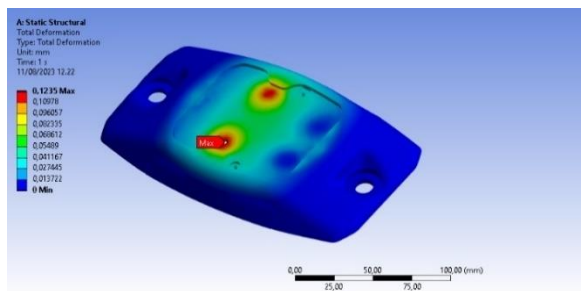
Gambar 11 hasil dari simulasi yang menunjukkan bahwa tegangan *von mises* sebesar 196,34 MPa hasil ini masih berada dibawah batas nilai *yield strength* Aluminium 6061-T6 yaitu 276 MPa. Gambar 12 menunjukan besar total deformasi maksimum yang terjadi pada saat dilakukan pembebanan yaitu sebesar 0,1235 mm. Tegangan *von mises* yang didapatkan dari simulasi digunakan untuk menghitung *safety factor* pada casing dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} = \frac{276 \text{ MPa}}{196,34 \text{ MPa}} = 1,4 \quad (1)$$

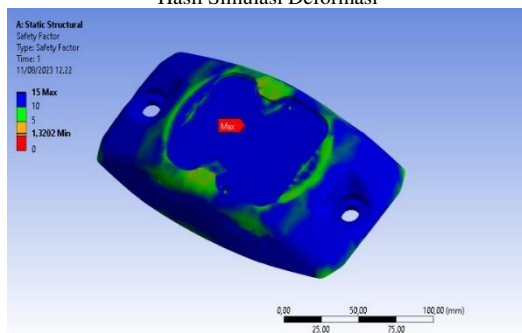
Nilai *safety factor* yang diperoleh termasuk aman karena memenuhi standar, karena nilai yang dikatakan aman apabila mempunyai nilai minimal 1,25 berdasarkan jenis pembebanannya.



GAMBAR 10
Hasil Simulasi Tegangan Von Mises



GAMBAR 11
Hasil Simulasi Deformasi



GAMBAR 12
Hasil Simulasi Safety Factor

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada rancangan casing WSN menggunakan metode *finite element* dengan *software Ansys R1 2023 Student* menunjukkan bahwa tegangan maksimum *von mises* adalah 196,34 dimana hasil ini tidak melebihi nilai *yield strength* material Aluminium 6061-T6 yaitu 276 MPa dengan batas *load* yang diberikan sebesar 20 Ton atau 200000 N. Total deformasi yang di dapatkan yaitu sebesar 0,1235 mm. Nilai *safety factor* yang didapatkan yaitu 1,4 dan nilai ini termasuk aman karena sudah memenuhi berdasarkan standar dan jenis pembebanannya. Degan biaya yang diperlukan adalah Rp. 4.670.136/Unit. Namun rancangan ini masih perlu dilakukan pengujian dan simulasi pada material lain untuk melihat pengaruhnya.

REFERENSI

- [1] N. Aini, "Republika.id," 13 Desember 2017. [Online]. Available: <https://www.republika.co.id/berita/p0w9xp382/menteri-pupr-ungkap-40-persen-jembatan-indonesia-kurang-baik>.
- [2] M. S. Wibawa, S. A. Putra and A. Syahrina, "Pengembangan Purwarupa Sistem Pengawasan Kondisi Kesehatan Jembatan Single Degree Of Freedom Menggunakan Respon Dinamik," *e-Proceeding of Engineering*, pp. 2155-2157, 2020.
- [3] E. Arseneau, R. Goldman, A. Poursohi, R. B. Smith and J. Daniels, "Simplyfing the Development of Sensor Applications," *Sun Microsystems Labs*, 2006.
- [4] Y. Haik and T. Shanin, *Engineering Design Process*, Second Edition, CENGAGE Learning, 2011.
- [5] simscale.com, "simscale.com," 11 Agustus 2023. [Online]. Available: <https://www.simscale.com/docs/simwiki/fea-finite-element-analysis/what-is-von-mises-stress/>.
- [6] EESemi, "Deformation and Fracture of Engineering Materials," 2 Agustus 2005. [Online]. Available: <https://www.eesemi.com/deformation.htm>.
- [7] K. M. M. Robert C. Juvinal, *Fundamentals of Machine Component Design*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2012.
- [8] A. R. Sayuti, "Analisa Struktur Mikro terhadap Paduan Al-Cu Hypoeutektik," *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin UNTAG - Vol.1 No.1*, pp. 2-3, 2018.
- [9] E. H. M.L, S. M.W and W. R.B.S, "Pengaruh Suhu dan Tekanan Injeksi Terhadap Cacat Short Produk Polikarbonat Pada Mesin Injection Molding (Studi Kasus di PT. Sejong Matrasindo Semarang)," 2017.
- [10] R. V. Petrova, *Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation*, Boca Raton: CRC Press, 2015.

