

Perancangan dan Analisis *Static Structural* Casing *Automated Water Meter Reading Camera* Menggunakan Metode *Finite Element* Untuk Menguji Kekuatan Maksimal Rancangan

1st Jodi Rizki Rahman
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

jodirizkirahman@student.telkomuniver
sity.ac.id

2nd Tatang Mulyana
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

tatangmulyana@telkomuniversity.ac.id

3rd Hanif Fakhurroja
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

haniff@telkomuniversity.ac.id

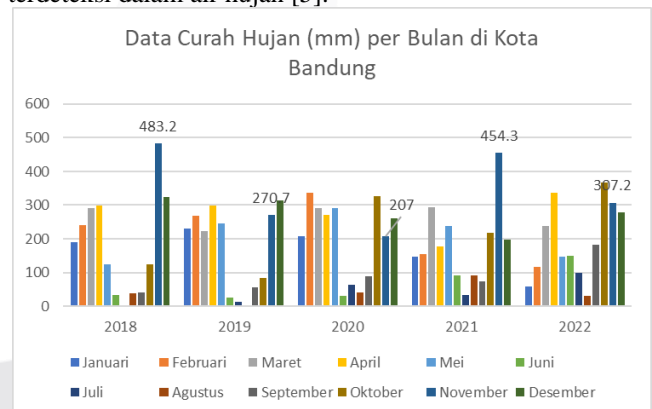
Abstrak — Pada tahun 2020, Perumda Tirtawening Kota Bandung mengalami kerugian sebesar 5-6 miliar setiap bulan dikarenakan kehilangan air yang terjadi akibat pembacaan meteran air yang masih manual. Masalah ini dapat diselesaikan menggunakan inovasi *Automated Water Meter Reading* Berbasis *Internet of Things*. Pemancaran informasi pada alat inovasi, menggunakan PCB (*Printed Circuit Board*), dimana kerusakan dapat terjadi dengan sedikit kelembapan yang mengandung mineral seperti kalsium, magnesium, kalium dan garam. Air hujan terdeteksi mengandung banyak mineral yang dapat merusak komponen. Untuk melindungi komponen dari kandungan air hujan, tugas akhir ini dibuat untuk merancang casing dan menganalisis kekuatan rancangan casing terhadap beban hujan dengan metode *Finite Element*. Dengan beban hujan tertinggi di Bandung tahun 2018-2022 sebesar 102,606 N, Hasil simulasi kekuatan rancangan casing memiliki tegangan von mises sebesar 3,562 Mpa dimana berada dibawah yield strength material ABS Plastic sebesar 27,44 Mpa dengan deformasi yang terjadi hanya deformasi elastis dimana deformasi yang bersifat tidak permanen, yang berarti ketika beban yang diterapkan dilepaskan, rancangan akan kembali ke bentuk aslinya. Berdasarkan hasil safety factor, nilai yang didapatkan pada rancangan adalah 7,7053 dengan beban yang diberikan sebesar 102,61 N atau 10,261 m³ air. Nilai 7,7053 memberikan kesimpulan juga bahwa rancangan casing AMR dapat menahan beban 7,7053 lebih banyak dari beban curah hujan tertinggi kota Bandung. Rancangan dapat menahan beban dengan berat 790,42 N.

Kata kunci— *Automated Water Meter Reading Camera, Finite Element Method, Von Mises Stress, Factor of Safety*

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020, Perumda Tirtawening Kota Bandung mengalami kerugian sebesar 5-6 miliar setiap bulan [1]. Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap kehilangan air tidak berekening adalah faktor non teknis yang umumnya bersifat administrasi seperti penentuan pemakaian air dengan kira-kira, kesalahan pembacaan dan pencatatan meter air, atau kesalahan administrasi lainnya. PT Multi Instrumentasi, bertujuan menurunkan angka volume air tak berekening (*non-revenue water*) akibat pembacaan meteran air yang masih manual. Masalah ini akan diselesaikan menggunakan inovasi *Automated Water Meter Reading* Berbasis *Internet of Things* [2]. Sistem *Automated Water Meter Reading* terdiri

dari meteran air, pemancar radio, penerima radio, dan perangkat lunak pembacaan [3]. Untuk memancarkan informasi, digunakan antena dengan bentuk PCB (*Printed Circuit Board*) [4]. Namun, kerusakan papan sirkuit dapat terjadi bahkan dengan sedikit kelembapan. Ini terjadi ketika komponen elektronik terkena air yang mengandung mineral seperti kalsium, magnesium, kalium dan garam. Air hujan terdeteksi mengandung banyak mineral seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan garam semuanya terdeteksi dalam air hujan [5].



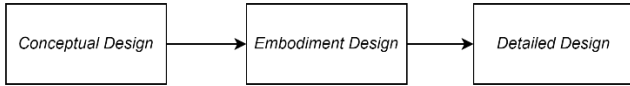
Gambar 1
Data Curah Hujan Per Bulan di Kota Bandung

Curah hujan di kota Bandung memiliki nilai yang bervariasi. Selama lima tahun terakhir, curah hujan tertinggi di Kota Bandung terjadi pada bulan November 2018 dengan nilai sebesar 483,3 mm [6]. Pada bulan November 2023, hujan yang mengguyur wilayah Bandung memiliki intensitas yang lebat, yakni 63,3 milimeter per hari [7]. Berdasarkan Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan BNPB, kerusakan yang diakibatkan oleh hujan terdiri atas rumah rusak ringan sebanyak 223 unit, rusak sedang 119 dan rusak berat 151 [8]. Untuk melindungi komponen elektronik dari kerusakan akibat air hujan, diperlukan langkah-langkah perlindungan yang memadai. Salah satu cara yang efektif adalah dengan menyediakan penutup bagi produk yang diaplikasikan di luar ruangan. Penutup ini sebaiknya terbuat dari material non-logam dengan berbagai bentuk dan ukuran untuk melindungi dari karat dan korosi [9].

II. KAJIAN TEORI

A. Proses Desain

Desain produk dianggap sebagai tahapan penting untuk menjamin keberhasilan suatu produk komersial. Secara umum, desain produk dapat digambarkan sebagai campuran dari beberapa komponen untuk menghasilkan produk yang berfungsi dengan baik yang diinginkan oleh pengguna [10].



Gambar 2
Tahapan Proses Desain

Dalam proses perancangan desain, desain terdiri dari beberapa jenis diantaranya sebagai berikut [11]:

1. Concept Design

Pada tahap desain konseptual, semua opsi terbuka kepada desainer untuk mempertimbangkan konsep-konsep yang diinginkan. Penentuan dari desain konseptual ini yaitu dengan menentukan struktur fungsi dan mencari prinsip kerja.

2. Embodiment Design

Tahap embodiment/perwujudan, konsep yang sudah terdefinisi akan di analisis operasinya pada tingkat perkiraan. Tahap perwujudan diakhiri dengan tata letak layak yang menjadi masukan pada tahap desain detail

3. Detailed Design

Penyusunan spesifikasi dan dimensi untuk setiap part supaya tidak terjadi kegagalan produk.

B. Deformasi

Deformasi sendiri terdiri atas dua jenis deformasi yaitu *elastic deformation* yang merupakan deformasi bersifat tidak permanen, dan *plastic deformation*, deformasi permanen yang tidak dapat dipulihkan [12].

C. Tegangan Von Mises

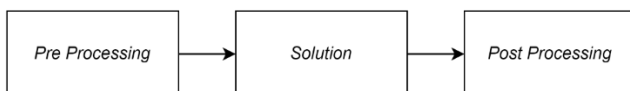
Menurut teori *von mises*, kegagalan karena luluh terjadi ketika, pada titik mana pun di dalam benda, energi distorsi per satuan volume dalam keadaan tegangan gabungan menjadi sama dengan energi yang terkait dengan luluh dalam uji tegangan sederhana [13].

D. Factor of Safety

Penentuan *factor of safety* dilakukan dengan menghitung rasio tekanan maksimum terhadap tekanan rencana [14].

Faktor keamanan yang kurang dari 1,0 pada suatu lokasi menunjukkan bahwa material pada suatu bagian telah rusak. Faktor keamanan sebesar 1,0 bahwa material pada bagian tersebut baru saja mulai rusak, dan faktor keamanan yang lebih besar dari 1,0 pada suatu lokasi menunjukkan bahwa material di bagian tersebut aman [15]

E. Finite Element Method



Gambar 3
Tahapan Finite Element Method

Finite Element Method adalah prosedur numerik yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi untuk kelas besar masalah teknik. Terdapat tiga tahapan metode yang terdiri atas tahap *pre processing*, *solution*, dan *post processing* [16]

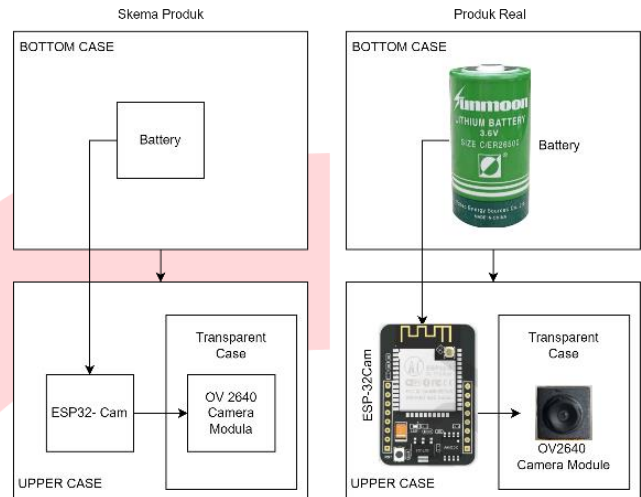
III. METODE

Penyelesaian masalah dibagi menjadi empat tahap. Tahapan meliputi pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, dan kesimpulan.

A. III.1.1 Tahap Pengumpulan Data

1. Concept Design

Tahapan untuk mendapatkan gambaran terhadap casing yang akan dirancang dengan penggambaran skema dan real mengenai hubungan antara komponen dan juga fungsi casing.



Gambar 4

Gambar Skema dan Real

Pada skema dan real produk, terdapat bagian *upper case* dan *bottom case*. Pada bagian *bottom case*, terdapat komponen elektronik baterai yang akan memberikan daya terhadap ESP32-Cam pada *upper case*. Untuk bagian *upper case*, terdapat dua komponen elektronik yaitu ESP32-Cam dan OV 2640 camera module. Ketiga komponen tersebut merupakan bagian vital untuk membuat produk automated water meter reading dapat bekerja. Dengan tinggi nya curah hujan dan kandungan komponen kimia pada hujan yang dapat merusak kerja komponen seperti korosi, maka fungsi casing adalah untuk melindungi komponen supaya air tidak bisa masuk. Kekuatan struktur casing penting pada tugas akhir ini untuk memastikan, berat dari air hujan tidak akan memecahkan casing dan membuat komponen elektronik terpapar langsung oleh air hujan.

Untuk mendapatkan gambaran yang presisi, dikumpulkan data dimensi komponen elektronik OV2640 Camera Module, ESP32 Cam, Baterai, dan dimensi meteran air.

Tabel 1

Dimensi Komponen Elektronik

Komponen	Ukuran (mm)
ESP32-CAM	27 x 40.5 x 4.5
OV2640 Camera Module	8 x 8
OV2640 Focus Distance	60
Baterai	50.5 x 26.2

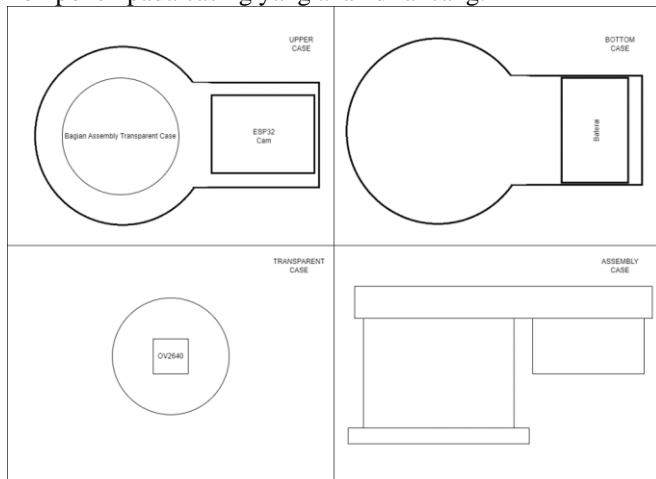
Tabel 2

Dimensi Meteran Air

Dimensi Meteran Air	Ukuran (mm)
Diameter Luar	86
Diameter Petunjuk Air	58,5

2. Embodiment Design

Hasil dari skema produk dan real produk pada *concept design* akan dilakukan penggambaran layout untuk visualisasi letak komponen pada casing yang akan dirancang.

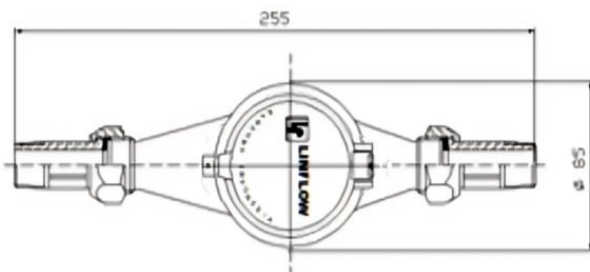


Gambar 5
Layout Embodiment Design

Berdasarkan hasil tahapan *concept design*, terdapat dua fungsi dari *casing* yang akan dirancang. Pertama, casing dapat mengakomodasi seluruh komponen elektronik. Kedua, casing dapat menahan beban atas ketahanan air untuk memastikan casing tidak akan pecah ketika dihadapi berat air hujan untuk melindungi komponen elektronik. Untuk memastikan fungsi pertama terpenuhi, pembuatan layout dibuat pada tahap *embodiment design*. Hasil dari *layout* akan menjadi acuan *detailed design* untuk menentukan spesifikasi ukuran pada rancangan *casing automated water meter reading*. Bagian *upper case* memiliki dua fungsi yaitu menyediakan tempat terhadap satu komponen elektronik yaitu ESP32-Cam dan ruang assembly kan transparent case dengan upper case. Bagian *bottom case* berfungsi untuk memberikan tempat terhadap komponen yang menjadi sumber daya yaitu Baterai. *Transparent case* memberikan tempat untuk OV2640 camera module dan melihat angka pada meteran air walaw tertutup casing

3. Detailed Design

Bagian ini berisi perhitungan beban hujan berdasarkan data curah hujan Bandung dan penggabungan dimensi meteran air dengan komponen elektronik beserta hasil layout pada *embodiment design*. Perhitungan beban hujan dilakukan dengan menghitung luas area tangkapan air. Nilai luas didapatkan dengan menghitung panjang dikali lebar meteran air.



Gambar 6
Area Meteran Air

Meteran air memiliki panjang 255 mm dan lebar 85 mm. Untuk menyesuaikan dengan satuan pada rumus perhitungan volume, panjang meteran air bernilai 0,255 m dan lebar 0,085

m. Perkalian memberikan nilai luas area sebesar 0,021675 m². Dalam fundamental hidrologi, rumus perhitungan volume adalah [17]

$$V = D \times A \quad (2)$$

V = Volume air yang ditangkap (m³)

D = Jumlah curah hujan (m)

A = Area tangkapan air (m²)

Tabel 3
Volume Air Hujan/Bulan Pada Kota Bandung

Bulan	Volume Air Hujan/Bulan (m3)				
	2018	2019	2020	2021	2022
Januari	0.00414	0.00502	0.0045	0.00317	0.00129
Februari	0.00519	0.00583	0.0073	0.00334	0.00254
Maret	0.00633	0.00483	0.00631	0.00634	0.00518
April	0.00645	0.00648	0.00587	0.00384	0.00729
Mei	0.00269	0.00533	0.00633	0.00518	0.00318
Juni	0.00072	0.00057	0.00065	0.002	0.00326
Juli	6.5E-06	0.00029	0.00139	0.00072	0.00213
Agustus	0.00084	4.3E-06	0.00091	0.00199	0.00065
September	0.00088	0.00119	0.00191	0.00158	0.00395
Oktober	0.00271	0.00183	0.00709	0.00473	0.00795
November	0.01047	0.00587	0.00449	0.00985	0.00666
Desember	0.00701	0.0068	0.00568	0.0043	0.00602
Volume Tertinggi				0.01047	

Setelah nilai volume didapatkan, untuk mendapatkan nilai massa dilakukan perhitungan dengan rumus massa jenis [18].

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

ρ = massa jenis (kg/m³)

m = massa (kg)

v = volume (m³)

Besar massa jenis air yang terdapat dalam buku literatur adalah 1 gr/cm³ atau 1000 kg/m³ [19]. Nilai volume tertinggi adalah 0,01047 m³. Massa didapatkan dengan mengkalikan massa jenis dengan volume.

$$m = 1000 \times 0,01047$$

$$m = 10,47 \text{ kg}$$

Nilai massa digunakan untuk mendapatkan nilai beban. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus Hukum Newton II [20].

$$w = m \times g \quad (4)$$

Dimana:

w = beban (N)

m = massa (kg)

g = gravitasi (m/s²)

Nilai gravitasi pada bumi sebesar 9,8 m/s². Nilai massa berdasarkan perhitungan massa jenis sebesar 10,47 kg. Maka nilai berat sebagai berikut

$$w = 10,47 \times 9,8$$

$$w = 102,606 \text{ N}$$

Hasil penggabungan layout dan dimensi elektronik akan memberikan spesifikasi dimensi minimum untuk membuat desain rancangan dan simulasi *finite element*.

Tabel 4
Spesifikasi Part Casing AMR Camera

Nama Part	Panjang (mm)	Lebar Kanan (mm)	Lebar Kiri (mm)	Ketinggian (mm)
Upper Case	138	64,3	90,6	12,3
Bottom Case	133,4	59,7	86	43,1
Transparent Case	58,5	58,5	58,5	2,3

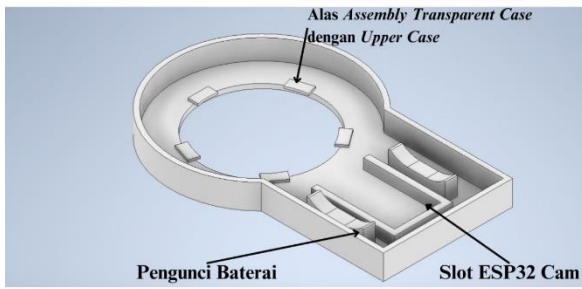
Tabel 5
Spesifikasi Casing AMR Camera Assembly

Nama Produk	Panjang Atas (mm)	Tinggi Kanan (mm)	Tinggi Kiri (mm)	Panjang Bawah (mm)
Casing AMR Camera Assembly	138	43,1	67,3	90,6

Berdasarkan seluruh dimensi pada tiga *layout* sebelumnya, dapat diukur dimensi casing yang akan dirancang secara keseluruhan. Panjang sebesar 138 mm yang didapatkan dari *layout upper case*. Ketinggian pada sisi kanan sebesar 43,1 mm berdasarkan lebar baterai, ketebalan ESP32 Cam dan jarak antara kedua komponen. Dan terakhir adalah ketinggian pada sisi kiri sebesar 67,3 mm berdasarkan jarak fokus OV2640 dan penghubung antara meteran air dan casing.

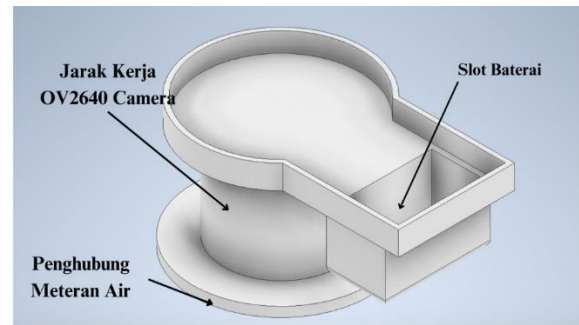
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan spesifikasi yang sudah didapatkan pada tahapan *detailed design*. Hasil spesifikasi diolah dengan melakukan penggambaran menggunakan *software CAD*. Pengolahan dilakukan dengan membuat sketsa berdasarkan layout pada *embodiment design* dan data dimensi spesifikasi pada *detailed design*.



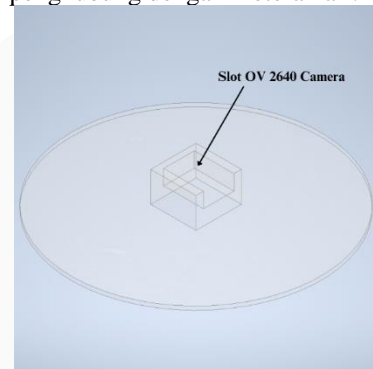
Gambar 7
Upper Case

Tampak dalam desain casing *upper case* terdiri atas Slot ESP32 Cam yang merupakan salah satu komponen elektronik penting dalam keseluruhan sistem AMR Camera. Diatas slot ESP32 Cam terdapat pengunci baterai yang berfungsi supaya baterai tidak menimpa komponen ESP32 Cam. Pada bagian tengah diameter casing, diberikan alas untuk transparent case supaya bisa dilakukan assembly dengan upper case. Ukuran pada *upper case* adalah lebar kanan sebesar 64,3 mm, lebar kiri sebesar 90,6 mm, panjang sebesar 138 mm, dan tinggi sebesar 12,3 mm.



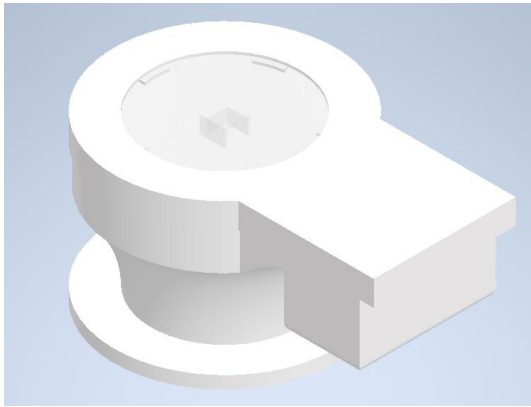
Gambar 8
Bottom Case

Dalam bagian dalam *bottom case*, terdapat slot baterai yang berfungsi untuk menempatkan baterai. Penempatan ini bertujuan supaya baterai tidak dapat bergerak dengan bebas dimana baterai dalam kondisi tetap diam. Pada bagian kiri terdapat penghubung meteran air dan tabung untuk jarak kerja OV2640 Camera. Jarak kerja digunakan sebagai jarak fokus untuk melihat pergerakan angka meteran air. Pada bagian penghubung berfungsi untuk menghubungkan meteran air dengan casing AMR camera. Ukuran pada bottom case memiliki lebar kanan sebesar 59,7 mm, lebar kiri sebesar 86 mm, panjang sebesar 133,4 mm, dan tinggi kanan sebesar 12,3 mm ditambah 30,8 mm dikarenakan lebar baterai, dan tinggi kiri sebesar 12,3 mm ditambah 50 mm untuk memenuhi jarak fokus OV2640 Camera, dan tambahan 5 mm untuk penghubung dengan meteran air.



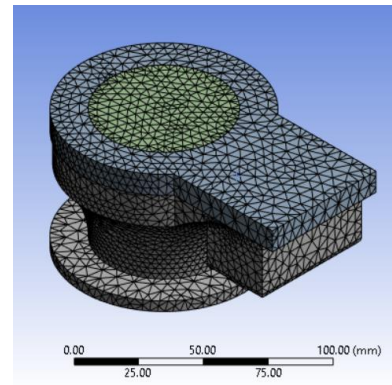
Gambar 9
Transparent Case

Transparent case merupakan bagian sebagai part yang bisa melihat angka meteran air secara manual dari luar. Bagian ini merupakan bagian yang memiliki Slot OV 2640 Camera yang merupakan komponen yang dapat merekam angka pada meteran air. Dengan proses pengolahan data spesifikasi yang sama seperti pada *upper case* dan *bottom case*. Proses perancangan menggunakan ukuran diameter pembaca meteran air sebesar 58,5 mm. Dikarenakan bentuk pada *transparent case* adalah lingkaran, maka lebar kanan dan kiri memiliki diameter yang sama. Ketinggian pada *transparent case* sebesar 2,3 mm untuk memenuhi bagian *assembly* dengan *upper case*.



Gambar 10
Assembly Case

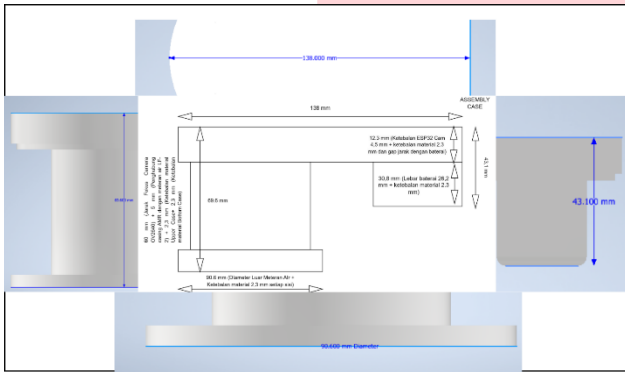
Assembly case merupakan bentuk penggabungan ketiga part casing dengan software CAD. Tiga part pada rancangan desain casing terdiri atas *upper case* yang merupakan part terluar, *transparent case* sebagai tempat untuk dapat melihat meteran air dengan manual, dan *bottom case* pada bagian terbawah.



Gambar 12
Meshed Geometry

Meshing pada software ANSYS dilakukan untuk memberikan akurasi terhadap hasil simulasi deformasi, *von mises*, dan *safety factor* yang akan dilakukan. *Meshing* pada software memberikan nilai *node* atau penghubung antara satu sisi dan lainnya sebanyak 37139 node.

Untuk mengecek seberapa kuat rancangan casing, terdapat empat skenario. Skenario pertama menggunakan beban tertinggi curah hujan kota Bandung, skenario kedua menggunakan perkalian beban dengan nilai *factor of safety*, skenario ketiga mencari beban maksimum yang dapat ditahan casing, dan skenario keempat mencari beban yang sudah tidak bisa ditahan oleh rancangan.



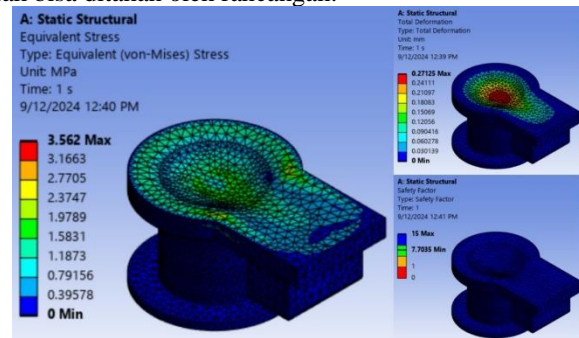
Gambar 11
Perbandingan Dimensi Layout Assembly dan Hasil Rancangan

Hasil dari perancangan casing AMR camera pada Tugas Akhir menggunakan layout yang telah dibuat pada embodiment design. Setelah seluruh part dirancang, dilakukan proses assembly keseluruhan untuk mendapatkan bentuk utuh casing. Dimensi keseluruhan casing memiliki panjang pada bagian atas sebesar 138 mm, panjang bagian bawah sebesar 90,6 mm, ketinggian sisi kiri sebesar 69,6 mm, dan ketinggian kanan sebesar 43,1 mm. Dimensi didapatkan dari ukuran setiap komponen, jarak kerja komponen, dan ukuran setiap part yang dirancang. Perbandingan antara spesifikasi dimensi dan hasil rancangan memiliki dimensi yang sama.

Hasil rancangan casing yang telah dibuat menggunakan bantuan software CAD, akan dilanjutkan dengan melakukan simulasi *finite element* terhadap rancangan tersebut. Simulasi dilakukan untuk mencari hasil deformasi, tegangan, dan *factor of safety* dari rancangan. Hasil simulasi untuk melihat apakah rancangan casing memenuhi standar kekuatan material dan keamanannya. Material yang digunakan pada penelitian adalah ABS Plastic.

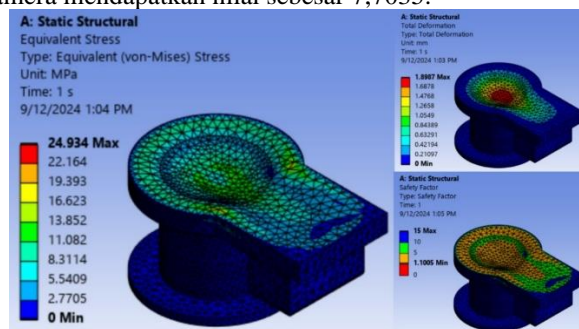
Tabel 6
Material Properties ABS Plastic

Properties	Values	Unit
Density	1.030	Kg/m ³
Young's Modulus	1628	Mpa
Tensile Yield Strength	27.44	Mpa
Tensile Ultimate Strength	36.26	Mpa



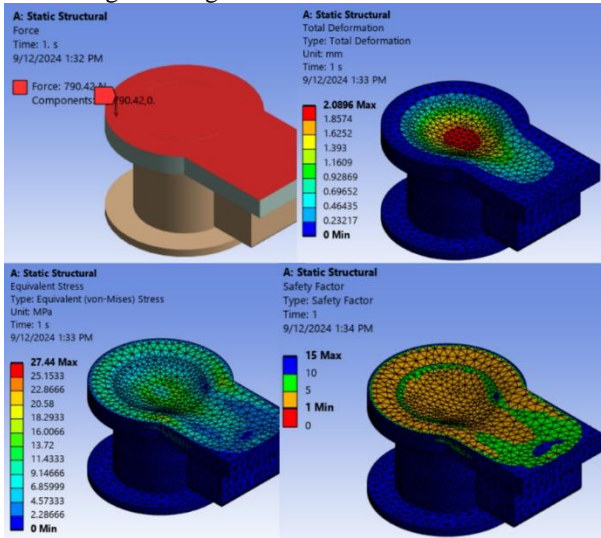
Gambar 12
Skenario Pembebanan Curah Hujan Tertinggi Kota Bandung

Dengan pembebanan sebesar 102,606 N, hasil simulasi deformasi, didapatkan nilai maksimum deformasi sebesar 0,27125 mm. Deformasi tertinggi terjadi pada bagian rancangan casing, pada *transparent case*. Tegangan *von mises* yang terjadi pada casing memiliki pada nilai tertinggi sebesar 3,562 Mpa. Poin tertinggi tegangan berada pada bagian tengah yaitu pada *transparent case*. Nilai *factor of safety* berdasarkan hasil simulasi, rancangan casing AMR Camera mendapatkan nilai sebesar 7,7035.



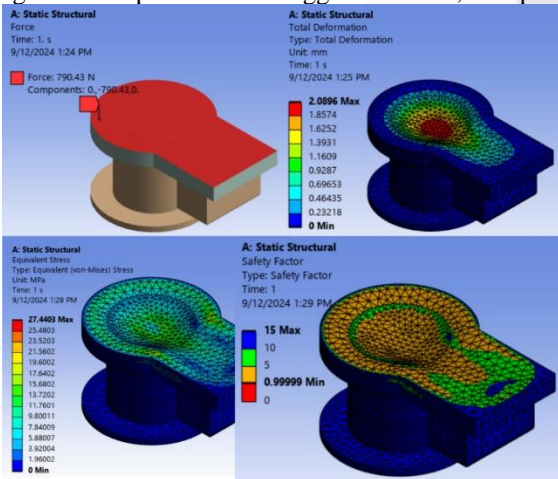
Gambar 13
Skenario Pembebanan Tujuh Kali Curah Hujan Tertinggi Kota Bandung

Berdasarkan skenario pembebanan dengan curah hujan tertinggi di Kota Bandung, hasil *factor of safety* memiliki nilai 7, untuk mengecek kekuatan maksimum dilakukan simulasi pembebanan sebesar 718,242 N yang merupakan nilai beban hujan kota Bandung sebesar 102,606 dikali tujuh. Hasil simulasi deformasi, didapatkan nilai maksimum deformasi sebesar 1,8987 mm. Deformasi tertinggi terjadi pada bagian tengah rancangan casing, pada *transparent case*. Tegangan *von mises* yang terjadi pada casing memiliki pada nilai tertinggi sebesar 24,934 Mpa. Nilai *factor of safety* berdasarkan hasil simulasi, rancangan caing AMR Camera mendapatkan nilai sebesar 1,1005. Dikarenakan nilai *factor of safety* masih memiliki nilai satu, dilakukan simulasi beban untuk mencari pembebanan maksimum yang dapat ditahan oleh rancangan casing AMR camera.



Gambar 13
Skenario Pembebanan Maksimum

Berdasarkan skenario dengan tujuh kali beban curah hujan tertinggi di Kota Bandung, hasil *factor of safety* masih memiliki nilai diatas 1. Untuk mengecek kekuatan maksimum dilakukan pembebanan secara terus menerus. Berdasarkan hasil simulasi dengan pembebanan sebesar 790,42 N, hasil simulasi deformasi, mendapatkan nilai maksimum deformasi sebesar 2,0896 mm. Deformasi tertinggi terjadi pada bagian tengah rancangan casing, pada *transparent case*. Tegangan *von mises* yang terjadi pada casing memiliki pada nilai tertinggi sebesar 27,44 Mpa.



Gambar 13
Skenario Pembebanan Rusak

Setelah mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh rancangan casing, dilakukan simulasi dengan skenario beban rusak. Dengan nilai beban sebesar 790,43 N mendapatkan nilai maksimum deformasi sebesar 2,0896 mm. Tegangan *von mises* yang terjadi pada casing memiliki pada nilai tertinggi sebesar 27,4403 Mpa. Dan nilai *factor of safety* berdasarkan hasil simulasi, rancangan caing AMR Camera mendapatkan nilai sebesar 0,99999.

Hasil perbandingan simulasi tegangan *von mises* dan tensile yield strength ABS Plastic dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7
Perbandingan Volume Hujan dan Hasil Simulasi

Bulan	Volume Air Hujan/Bulan (m3)				
	2018	2019	2020	2021	2022
Januari	0.00414	0.00502	0.0045	0.00317	0.00129
Februari	0.00519	0.00583	0.0073	0.00334	0.00254
Maret	0.00633	0.00483	0.00631	0.00634	0.00518
April	0.00645	0.00648	0.00587	0.00384	0.00729
Mei	0.00269	0.00533	0.00633	0.00518	0.00318
Juni	0.00072	0.00057	0.00065	0.002	0.00326
Juli	6.5E-06	0.00029	0.00139	0.00072	0.00213
Agustus	0.00084	4.3E-06	0.00091	0.00199	0.00065
September	0.00088	0.00119	0.00191	0.00158	0.00395
Oktober	0.00271	0.00183	0.00709	0.00473	0.00795
November	0.01047	0.00587	0.00449	0.00985	0.00666
Desember	0.00701	0.0068	0.00568	0.0043	0.00602
Volume Tertinggi					0.01047
Nilai Von Mises Simulasi (Mpa)					19,621
Tensile Yield Strength (Mpa)					27,44

Volume hujan tertinggi terjadi pada bulan November tahun 2018. Dengan hasil nilai *von mises* yang berada dibawah nilai tensile yield strength, hasil rancangan casing dapat menahan volume hujan pada bulan lainnya dikarenakan bulan dan tahun lain memiliki jumlah volume hujan dibawah bulan November 2018. Nilai tegangan *von mises* rancangan berada dibawah nilai tensile yield strength material ABS Plastic. Berdasarkan hal ini, hasil rancangan memenuhi batasan kekuatan material dan tidak akan mengalami plastic deformation atau deformasi secara permanen yang akan merubah bentuk rancangan.

Tabel 8
Perbandingan Hasil Simulasi 4 Skenario dan Tensile Yield Strength ABS Plastic

Beban (N)	Tegangan Von Mises Hasil Simulasi (Mpa)	Tensile Yield Strength ABS Plastic (Mpa)
102,606	3,562	27,44
718,242	24,934	
790,42	27,44	
790,43	27,4403	

Berdasarkan tabel diatas, dengan beban tertinggi hujan di Kota Bandung senilai 102,606 nilai tegangan *von mises* rancangan berada dibawah nilai tensile yield strength material ABS Plastic. Rancangan casing dapat menahan beban hingga tujuh kali berat tertinggi hujan pada Kota Bandung dengan nilai *von mises* sebesar 24,934 Mpa masih berada dibawah tensile yield strength ABS Plastic sebesar 27,44 Mpa. Berdasarkan hal ini, hasil rancangan memenuhi batasan kekuatan material dan tidak akan mengalami elastic deformation atau deformasi secara permanen yang akan merubah bentuk rancangan Rancangan mengalami yield strength atau mulai luluh ketika diberikan beban sebesar 790,42 N dimana nilai *von mises* sebesar 27,44 Mpa, sama dengan nilai tensile yield strength ABS Plastic. Rancangan

mengalami plastic deformation atau deformasi yang tidak bisa dipulihkan ketika beban diberikan sebesar 720,43 N dimana rancangan mengalami patah dan memiliki nilai von mises sebesar 24,4403 Mpa, berada diatas nilai tensile yield strength ABS Plastic.

Tabel 8

Nilai *Factor of Safety* Rancangan dalam 4 Skenario

Beban (N)	<i>Factor of Safety</i>
102,606	7,7035
718,242	1,1005
790,42	1
790,43	0,99999

Dengan pembebanan senilai 102,606 N berdasarkan beban curah hujan tertinggi di Kota Bandung selama lima tahun terakhir, *factor of safety* dari rancangan memiliki nilai 7,7035. Dalam tiga parameter *factor of safety* menyatakan bahwa nilai faktor keamanan yang berada diatas 1 menunjukkan bahwa material tidak terjadi kerusakan. Saat dilakukan skenario tekanan sebesar tujuh kali lebih besar dari beban hujan maksimal kota Bandung sebesar 718,242 N, didapatkan nilai *factor of safety* sebesar 1,1005 yang masih bernilai diatas 1. Nilai faktor keamanan sebesar 1 yang menunjukkan mulainya kerusakan terjadi ketika pembebanan dilakukan sebesar 790,42 N. Kerusakan ditemukan terjadi ketika nilai faktor keamanan bernilai dibawah 1, didapatkan rancangan akan rusak ketika pembebanan dilakukan dengan nilai 790,43 N.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan casing, rancangan telah memenuhi spesifikasi dimensi yang telah ditentukan. Berdasarkan perbandingan antara hasil rancangan assembly dengan data dimensi rancangan. Seluruh bagian dimensi dari casing yang telah selesai dirancang sudah memenuhi ukuran spesifikasi casing yang telah ditentukan seperti pada gambar 11.

Berdasarkan hasil simulasi *finite element* yang telah dilakukan didasari berat air hujan tertinggi yang pernah dihadapi di Kota Bandung dari tahun 2018 sampai 2022, tegangan rancangan tidak melewati nilai *yield strength* material ABS Plastic. Tegangan didapatkan nilai 3,562 Mpa berada dibawah *yield strength* ABS plastic sebesar 27,44 Mpa. Hasil tegangan. Hasil simulasi dapat menyimpulkan bahwa, deformasi yang ada pada rancangan hanya deformasi elastis dimana deformasi yang bersifat tidak permanen, yang berarti ketika beban yang diterapkan dilepaskan, rancangan akan kembali ke bentuk aslinya. Maka rancangan tidak akan pecah karena tidak mengalami deformasi plastis. Berdasarkan hasil *safety factor*, nilai yang didapatkan pada rancangan adalah 7,7053 dengan beban yang diberikan sebesar 102,61 N atau 10,261 m3 air. Nilai 7,7053 memberikan kesimpulan juga bahwa rancangan casing AMR dapat menahan beban 7,7053 lebih banyak dari beban curah hujan tertinggi kota Bandung. Rancangan dapat menahan beban dengan berat 790,42 N. Dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan casing AMR Camera dapat bertahan pada bulan-bulan lainnya dimana memiliki beban air hujan memiliki beban lebih rendah dari beban yang digunakan pada simulasi dan dapat menahan curah hujan lebih tujuh kali lipat. Berdasarkan parameter pada *factor of safety* (SolidWorks, 2024), Nilai faktor keamanan yang lebih besar dari 1,0 pada suatu bagian menunjukkan bahwa material di bagian tersebut aman. Maka rancangan casing AMR aman dan tidak

mengalami kerusakan. Hasil rancangan dapat disimpulkan memiliki kekuatan yang baik berdasarkan ketentuan yang dibutuhkan. Rumusan masalah kedua mengenai seberapa kuat casing untuk melindungi komponen elektronik dari berat air hujan telah dipenuhi Rancangan ini dapat menjadi usulan terhadap casing untuk pengembangan AMR Camera selanjutnya.

REFERENSI

- [1] Syakura, A. (2022, January 18). *Republika*. Retrieved from <https://visual.republika.co.id/berita/r5wet7314/kurangi-kebocoran-perumda-tirtawening-bandung-gandeng-adaro>
- [2] Bardono, S. (2024, Juni 24). *Technology Indonesia*. Retrieved from technologyindonesia.id/teknologi-a-z/elektronika/inovasi-brin-kembangkan-sistem-meter-air-prabayar-berbasis-iot/
- [3] Zellers, M. (2023, July 12). *WATER UTILITY MANAGEMENT*. Retrieved from [WaterWorld: https://www.waterworld.com/water-utility-management/article/14296213/amr-system-boosts-oregon-water-districts-meter-reading-speed](https://www.waterworld.com/water-utility-management/article/14296213/amr-system-boosts-oregon-water-districts-meter-reading-speed)
- [4] Prodanova, D. (2024, Maret 28). *RAK IoT Made Easy*. Retrieved from [RAK IoT Made Easy: https://news.rakwireless.com/what-is-the-best-antenna-type-for-water-metering/](https://news.rakwireless.com/what-is-the-best-antenna-type-for-water-metering/)
- [5] Smart Water. (2024, Juni 24). *Smart Water*. Retrieved from [Smart Water: https://smartwateronline.com/news/does-rainwater-have-nutrients](https://smartwateronline.com/news/does-rainwater-have-nutrients)
- [6] Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2023, Maret 23). *Badan Pusat Statistik Kota Bandung*. Retrieved from [Badan Pusat Statistik Kota Bandung: https://bandungkota.bps.go.id/indicator/151/1245/2/curah-hujan-mm-per-bulan-di-kota-bandung.html](https://bandungkota.bps.go.id/indicator/151/1245/2/curah-hujan-mm-per-bulan-di-kota-bandung.html)
- [7] Costa, F. M. (2023, November 14). *Kompas*. Retrieved from [Kompas: https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/11/14/bandung-rawa-masuki-pancaroba-waspada-cuaca-ekstrem](https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/11/14/bandung-rawa-masuki-pancaroba-waspada-cuaca-ekstrem)
- [8] Hasyim, I. (2024, February 22). *Tempo.co*. Retrieved from [Tempo.co: https://tekno.tempo.co/read/1836759/puting-beliung-rusak-493-rumah-warga-di-kabupaten-bandung-10-rumah-di-kabupaten-sumedang](https://tekno.tempo.co/read/1836759/puting-beliung-rusak-493-rumah-warga-di-kabupaten-bandung-10-rumah-di-kabupaten-sumedang)
- [9] Automation & IIoT, Engineering. (2021, October 21). *Manufacturing Tomorrow*. Retrieved from [Manufacturing Tomorrow: https://www.manufacturingtomorrow.com/news/2021/05/10/how-to-protect-electronic-components-from-water-and-corrosion/16973/](https://www.manufacturingtomorrow.com/news/2021/05/10/how-to-protect-electronic-components-from-water-and-corrosion/16973/)
- [10] Asyraf, M. M., Syamsir, A., Zahari, N. M., Supian, A. M., Ishak, M. R., Sapuan, S. M., . . . Rashid, M. Z. (2022). *Product Development of Natural Fibre-Composites for Various Applications: Design for Sustainability*. MDPI *Polymers*.
- [11] Ashby, M., Shercliff, H., & Cebon, D. (2014). *Materials, Engineering, Science, Processing and Design* Third Edition. Waltham: Elsevier.
- [12] Callister, W., & Rethwisch, D. (2018). *Material Science and Engineering*. In *Material Science and Engineering* 10th Edition. New Jersey: Wiley.

[13] Ugural, A. C., & Fenster, S. K. (2020). Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity Sixth Edition. In Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity Sixth Edition. London: Pearson Education.

[14] Beer, F., Johnston, R., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2011). Mechanics of Material. In Mechanics of Material Seventh Edition. New York: McGraw-Hill Education.

[15] SolidWorks. (2024). Dassault Systemes. Retrieved from Dassault Systemes:

https://help.solidworks.com/2024/English/SolidWorks/cworks/c_Factor_of_Safety_Check.htm?verRedirect=1

[16] Petrova, R. (2015). Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. In R. Petrova, Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

[17] Bren, L. (2015). Forest Hydrology and Catchment Management, An Australian Perspective. In L. Bren, Forest Hydrology and Catchment Management, An Australian Perspective. Victoria: Springer.

[18] Hellström, K., Diószegi, A., & Diaconu, L. (2017). A Broad Literature Review of Density Measurements of Liquid Cast Iron. MDPI Metals, 165.

[19] Walker, J. (2014). Halliday & Resnick Fundamental of Physics Tenth Edition Extended Edition. Denver: Wiley.

[20] OpenStax University Physics and OpenStax. (2018). Newton's Laws and Kinematics. Houston: OpenStax.

