



# Penilaian *Fitness-For-Service* Pada Obyek Tubular Di Aplikasi Minyak Dan Gas Bumi

Afifah Salsa Fauziah<sup>1\*</sup>, Safaa Najah Al-Humairi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup> Faculty of Information Science and Engineering, Management & Science University 40100 Shah Alam, Selangor, Malaysia

---

## Abstrak

Artikel ini menyajikan studi kasus evaluasi integritas rekayasa peralatan gas boots yang rusak secara mekanis milik Pertamina Hulu Rokan, sebuah perusahaan minyak dan gas Indonesia. Pemeriksaan in-line dari instrumen gas boot dilakukan setelah menemukan penyok sederhana. Hal ini dilakukan mengikuti kode dan standar yang ditetapkan oleh American Petroleum Institute (API) 579. Sebagai hasil dari penyelidikan penyok Level 1, ditentukan bahwa tekanan kerja maksimum yang diizinkan (yaitu 4 MPa) lebih rendah dari tekanan operasi maksimum. tekanan (yang 6,5 MPa) dari material. Di Level 1 penilaian, jumlah siklus tekanan dinilai nol. Namun, pada evaluasi Level 2, diperbolehkan diperiksa. Selain itu, analisis elemen hingga dilakukan untuk memutuskan apakah komponen tersebut harus diganti atau dapat diperbaiki. Studi mengungkapkan bahwa tidak perlu penggantian karena tekanan kerja maksimum yang diizinkan masih di bawah tekanan operasi maksimum setelah mendeteksi kemungkinan kegagalan pada item tubular karena kerusakan penyok sebagaimana ditentukan oleh evaluasi kelayakan untuk servis. Sebuah prototipe dibuat yang dapat memantau kondisi di dalam benda berbentuk tabung dan menawarkan indikasi tekanan, suhu, dan pH dalam benda berbentuk tabung yang terintegrasi dengan aplikasi blynk sehingga pengguna dapat memantau melalui smartphone.

Kata-kata kunci: Dent Damage, Simulasi Ansys, Standar API 579

## Abstract

This article presents a case study of the engineering integrity evaluation of mechanically damaged gas boot equipment belonging to Pertamina Hulu Rokan, an Indonesian oil and gas corporation. An in-line inspection run of the gas boot instrument was performed after discovering a simple dent. This was done following the code and standard established by the American Petroleum Institute (API) 579. As a result of the Level 1 dent investigation, it was determined that the maximum permissible working pressure (which was 4 MPa) was lower than the maximum operating pressure (which was 6.5 MPa) of the material. In Level 1 of the assessment, the number of pressure cycles was judged to be zero. However, in Level 2 of the evaluation, the allowed was examined. Additionally, a finite element analysis is carried out to decide whether or not the component has to be replaced or if it can be mended. The study reveals that there is no need for a replacement since the maximum permitted working pressure is still below the maximum operating pressure after detecting the possible failure in the tubular item due to dent damage as determined by fitness-for-service evaluation. A prototype is created that can monitor the conditions within a tubular item and offer pressure, temperature, and pH indications in a tubular object integrated with the blynk application so that users can monitor through a smartphone.

Keywords: Dent Damage, Ansys Simulation, Standard API 579

---

\* Corresponding author E-mail address: [satria.bintangpaningit.tn18@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:satria.bintangpaningit.tn18@mhs.w.pnj.ac.id)

## 1. LATAR BELAKANG

Penyok didefinisikan sebagai distorsi yang terus-menerus sebagai akibat dari tekanan eksternal. Penyok dapat meningkatkan tegangan pada Objek Tubular, memungkinkan situs inisiasi untuk kelelahan dan retak korosi tegangan (SCC) [1]. Selanjutnya, penyok melemahkan lapisan yang cenderung melindungi permukaan Object, memungkinkan air, bakteri, dan kotoran lainnya bersentuhan dengan permukaan logam Object Tubular. Ding dapat meningkatkan kerentanan tegangan statis dan dinamis, yang menyebabkan keruntuhan akhir item tubular. Penyok dapat menghambat prosedur dan mengakibatkan kerugian finansial[1]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis kegagalan untuk mencegah hal itu terjadi. Salah satu penilaian yang paling banyak digunakan untuk menganalisis kegagalan di industri migas adalah Fitness-for-Service (FFS).

Fitness-for-Service Assessment (FFS) adalah evaluasi yang dilakukan oleh praktik terbaik industri. Evaluasi FFS menilai integritas struktural aset atau komponen untuk melihat apakah itu memadai untuk penggunaan yang dimaksudkan. Evaluasi Fitness-for-Service (FFS) memberikan ukuran integritas struktural yang dapat diukur dalam manajemen integritas aset. Evaluasi menunjukkan perlunya penggantian atau pemeliharaan aset/komponen [2].

Setelah mengidentifikasi kegagalan, diperlukan alat untuk mencegah kegagalan untuk waktu yang berkelanjutan dengan merancang sistem pemantauan kegagalan menggunakan sensor suhu dan tekanan dan mikroprosesor. sistem ini akan berfungsi sebagai sistem monitoring untuk mencegah kegagalan terjadi dengan mengukur indikator suhu, tekanan dan pH di dalam objek tabung. sistem ini menggunakan mikroprosesor sebagai pengolah data dan sensor suhu, tekanan, dan pH sebagai input data

## 2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dari bidang industri minyak dan gas tentang kerusakan penyok pada boot gas adalah dasar dari penelitian ini. Setelah data terkumpul, studi kasus dikonstruksi dengan kasus serupa yang sudah ada melalui jurnal dan penelitian ilmiah. Data dianalisis sehingga rumusan masalah dapat diidentifikasi. Setelah data dianalisis, dilakukan perhitungan dan pembahasan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada sehingga diambil keputusan antara memperbaiki atau mengganti peralatan yang rusak.

Pemodelan 3D dibuat dengan menggunakan Aplikasi Solidwork, diharapkan kerusakan peralatan dapat terwakili dengan baik. Jika diperlukan maka akan dilakukan analisis elemen hingga pada area yang rusak untuk membuat laporan analisis tegangan yang lengkap dan terstruktur menggunakan Aplikasi Ansys. Hasil akhir dari analisis kegagalan kerusakan penyok pada gas boot akan menjadi prototipe sistem monitoring yang akan dirancang dan diuji untuk mencegah kegagalan penyok pada objek tubular dan sebagai solusi dari permasalahan yang ada.



Gambar 1 Diagram Metodologi Penelitian

- Analisis

Persyaratan penilaian dipelajari dan disusun dalam tahap analisis. Proses pengumpulan fakta dari jurnal atau makalah penelitian yang ada dan studi kasus dari variabel yang berbeda dilakukan untuk mengembangkan batasan dan detail serta mendefinisikan tujuan penilaian analisis Kegagalan. Karya literatur terkait dan produk diperiksa untuk meningkatkan mekanisme.

- Menghitung

Dalam langkah studi ini, analisis mendalam tentang kerusakan penyok pada boot gas dilakukan. Setelah mengidentifikasi rincian kerusakan dan penyebabnya, tingkat keparahan kerusakan dihitung, sisa umur boot gas dihitung, dan menganalisis serta mengidentifikasi faktor risiko kerusakan yang ada.

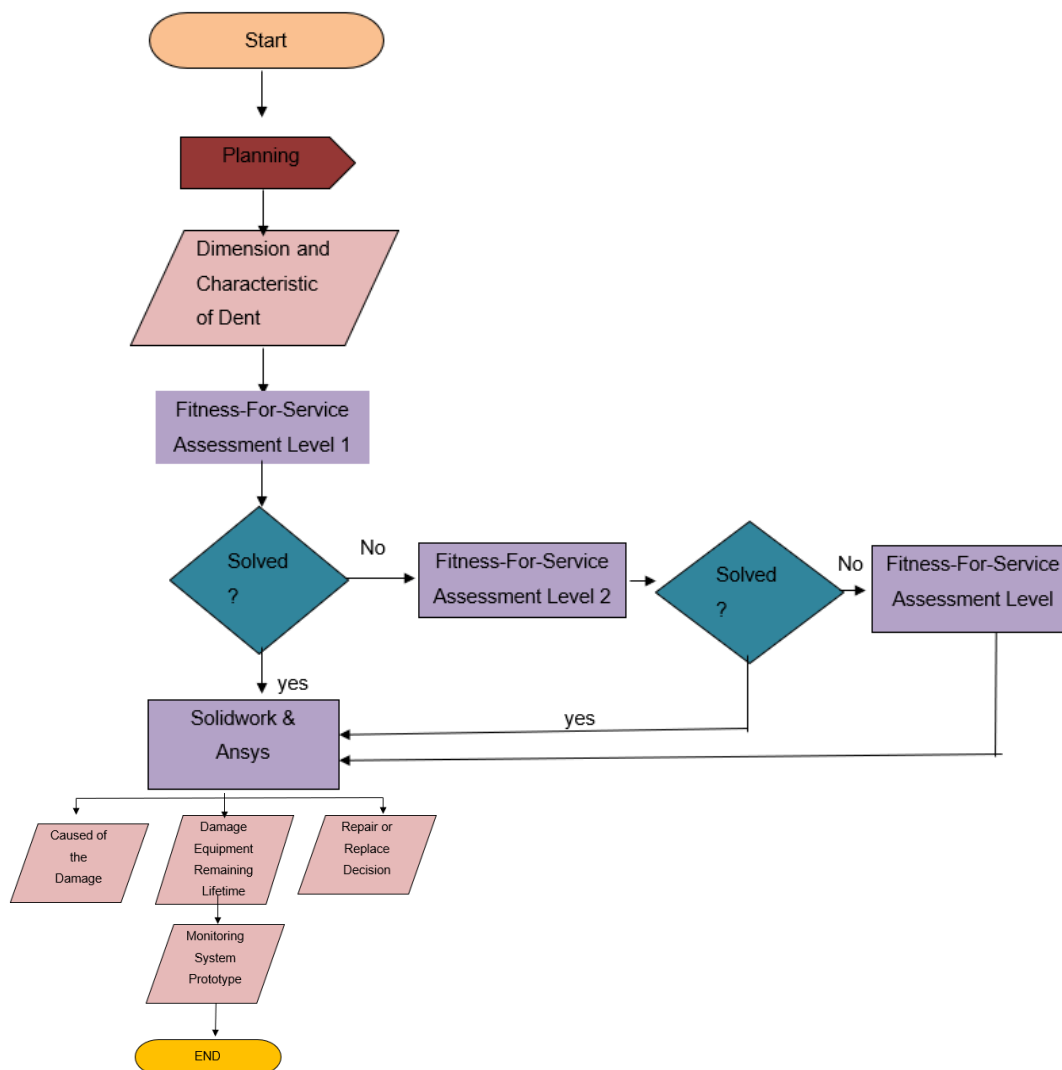
- Desain dan Simulasi

Pada langkah studi ini, desain konseptual sistem pemantauan dan proses pembuatan pemodelan 3d kerusakan penyok pada boot gas dipertimbangkan sehingga spesifikasi dan persyaratan mekanisme. Setelah Pemodelan 3d kerusakan penyok pada gas boot sudah mewakili studi kasus, maka analisis kerusakan disimulasikan menggunakan Elemen Hingga. Simulasi menggunakan Analisis Elemen Hingga dengan mudah mengelola data analitik, mengotomatisasi alur kerja, dan membuat analisis tegangan kerusakan secara real time.

- Penerapan

Dalam langkah studi ini, Implementasi dimulai saat penerapan analisis kegagalan dimulai. Setiap bagian penilaian didasarkan pada data nyata di lapangan, hasil perhitungan dan Hasil Analisis elemen hingga. Setelah menyelesaikan pengumpulan bagian dari mekanisme sebagai mekanisme tunggal, fase pengkodean kode sumber berlangsung.

## Diagram Alir



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

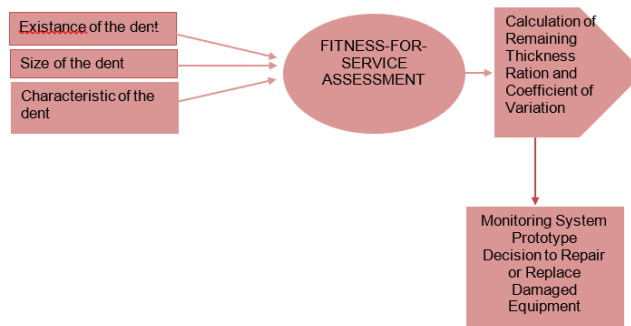
Diagram alir dijelaskan dalam urutan langkah berikut:

1. Ketika terjadi penyok pada suatu peralatan, engineer harus mulai merencanakan analisis kegagalan untuk menganalisis kegagalan yang mungkin terjadi dari penyok tersebut.
2. Setelah perencanaan, langkah selanjutnya adalah menganalisis dimensi dan karakteristik penyok untuk mengidentifikasi jenis penyok.
3. Setelah mengidentifikasi karakteristik penyok, maka dapat dilakukan penilaian kelaikan servis level 1 untuk menganalisis apakah peralatan tersebut masih dapat digunakan atau harus diganti dengan menggunakan perhitungan.
4. Jika penilaian fitness-for-service level 1 sudah menyelesaikan masalah maka langkah selanjutnya adalah membuat pemodelan dan simulasi peralatan penyok menggunakan software Solidwork.
5. Jika penilaian fitness-for-service level 1 tidak dapat menyelesaikan masalah maka kami melakukan penilaian fitness-for-service level 2 yang berisi perhitungan lebih detail.
6. Jika penilaian fitness-for-service level 2 masih belum dapat menyelesaikan masalah maka dilakukan penilaian fitness-for-service level 3 yang berisi Analisis Elemen Hingga menggunakan ANSYS.
7. Setelah melakukan pemodelan dan simulasi peralatan penyok menggunakan software Solidwork, semua langkah menyimpulkan penyebab kerusakan penyok, kerusakan sisa masa pakai peralatan, dan keputusan perbaikan atau penggantian.

8. Setelah itu berdasarkan data-data yang telah terkumpul maka dapat dibuat prototype sistem monitoring yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan dan kerusakan penyok dengan menggunakan Arduino, sensor suhu dan sensor tekanan.

### Pengembangan Metodologi

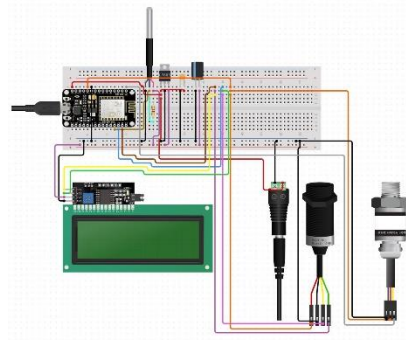
Diagram blok proyek yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar 3, yang mencakup empat parameter utama: input, proses, pengontrol, dan output. Masukan dari sistem ini diwakili oleh Sensor Suhu, Sensor pH, dan Sensor Tekanan, yang merupakan indikator cairan di dalam objek tabung kemudian diikuti oleh prosesor dan pengontrol, yaitu ESP32 yang menghubungkan antara komponen perangkat keras dan aplikasi Blynk. Gambar 5 menampilkan flowchart dari proyek ini. Proses flowchart dijelaskan, langkah pertama adalah penyok terjadi pada peralatan, insinyur harus mulai merencanakan analisis kegagalan untuk menganalisis kegagalan yang mungkin terjadi dari penyok. Langkah kedua, analisis dimensi dan karakteristik penyok untuk mengidentifikasi jenis penyok. Setelah mengidentifikasi karakteristik penyok, maka dapat dilakukan penilaian kelaikan jasa tingkat 1 untuk menganalisis apakah peralatan tersebut masih dapat digunakan atau harus diganti dengan menggunakan perhitungan. Jika penilaian fitness-for-service level 1 sudah menyelesaikan masalah maka langkah selanjutnya adalah membuat pemodelan dan simulasi peralatan penyok menggunakan software Solidwork. Jika penilaian fitness-for-service level 1 tidak dapat menyelesaikan masalah maka kami melakukan penilaian fitness-for-service level 2 yang berisi perhitungan lebih detail. Jika penilaian fitness-for-service level 2 masih belum dapat menyelesaikan masalah maka dilakukan penilaian fitness-for-service level 3 yang berisi Analisis Elemen Hingga menggunakan ANSYS. Setelah melakukan pemodelan dan simulasi peralatan penyok menggunakan software Solidwork, semua langkah menyimpulkan penyebab kerusakan penyok, kerusakan sisa masa pakai peralatan, dan keputusan perbaikan atau penggantian. Setelah itu berdasarkan data-data yang telah terkumpul maka dapat dibuat prototype sistem monitoring yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan dan kerusakan penyok dengan menggunakan ESP32, sensor temperatur dan sensor tekanan.



Gambar 3 Diagram Blok Penelitian

### Diagram Sirkuit

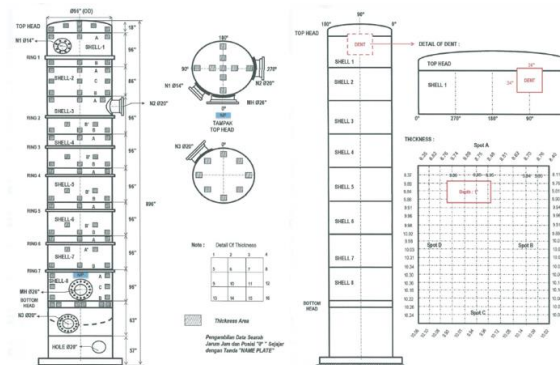
Diagram sirkuit dari prototipe *Oil Monitoring System* ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 4 Diagram Sirkuit Prototipe

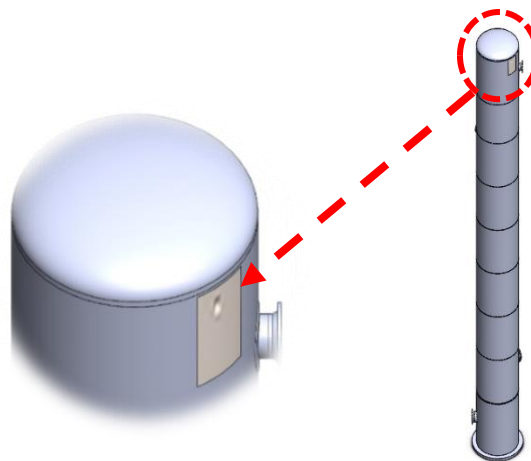
### Desain Permodelan 3D

Pemodelan 3D *Gas Boot* yang penyok dilakukan berdasarkan data nyata yang diberikan oleh Pertamina Hulu Rokan sebagai berikut:



Gambar 5 Karakteristik dan Dimensi Penyok

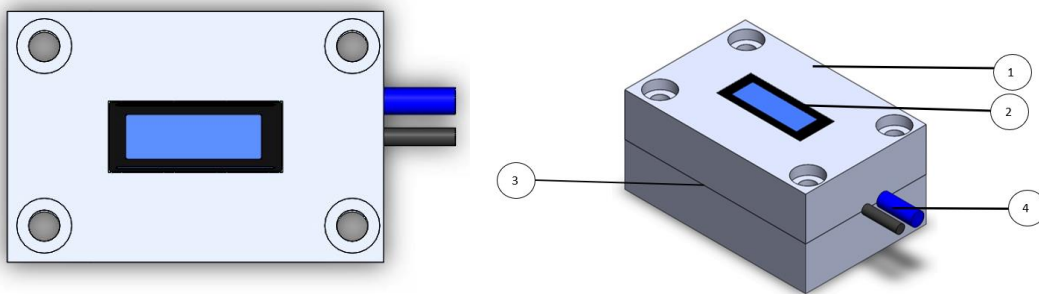
Berikut ini adalah hasil pemodelan 3d kerusakan penyok menggunakan aplikasi solidworks:



Gambar 6 Permodelan 3D dari Kerusakan Penyok

Pemodelan 3D penyok pada *Gas Boot* yang akan dianalisis menggunakan penilaian *Fitness-for-Service*. Pemodelan 3D dari boot gas yang penyok memudahkan untuk menganalisis kemungkinan kegagalan dan memudahkan untuk melakukan analisis elemen hingga.

Pemodelan 3d untuk prototype dilakukan untuk mendapatkan bentuk target yang ingin dicapai sebagai hasil akhir dari penelitian ini. Pemodelan 3d dari prototipe juga berfungsi untuk menganalisis kekurangan atau celah kesalahan dari prototipe sebelum perakitan langsung dilakukan. berikut adalah hasil pemodelan 3d dari prototype sistem monitoring :



Gambar 7 Permodelan 3D dari Prototipe

1. *Storage Box* : *Storage box* berfungsi untuk menyimpan semua komponen kelistrikan seperti sensor dan processor.
2. LCD : LCD digunakan untuk menampilkan hasil input dan prosesor, akan menampilkan indikator cairan berdasarkan sensor koresponden dan lingkungan.
3. Komponen Elektrikal : Komponen elektrik yang digunakan pada prototype ini terdiri dari MCU Node yang merupakan prosesor, sensor suhu, sensor tekanan dan sensor pH.
4. Probe : Probe adalah molekul yang melaporkan keberadaan ion, molekul, atau peristiwa molekuler tertentu secara in vitro atau dalam sel dengan mengkomunikasikan sinyal terukur, seringkali pembacaan berbasis cahaya.

### Perangkat Keras yang Digunakan

Perangkat keras yang digunakan dalam proyek ini antara lain Sensor Suhu, Sensor Ph, Sensor Tekanan, LCD, ESP32, Adaptor, Relay, Breadboard, dan *Electrical Box*.

### Perangkat Lunak yang Digunakan

Software yang digunakan dalam proyek ini antara lain Solidwork untuk membuat 3D Modelling, Ansys untuk analisis elemen, dan Arduino Ide untuk memprogram prototype.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perhitungan

Standar yang ditetapkan oleh American Petroleum Institute (API) 579 digunakan untuk melakukan evaluasi layanan penyok pada Gas Boot yang terletak pada sudut 90 derajat pada shell 1. Dengan Level 1 berfungsi sebagai awal titik, tekanan kerja maksimum yang diizinkan dari tegangan keliling dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MAWP^C = \frac{2SE(tc-MA)}{D_0 - 2Y_{B31}(tc-MA)} \quad (\text{Eq 4.1})^{[7]}$$

- E = Weld Joint Factor  
 S = Material Allowable Stress  
 MA = Mechanical Allowance for thread / groove depth  
 D<sub>0</sub> = Outside Diameter  
 Y<sub>B31</sub> = ASME B31 Coefficient factor  
 FCA = Future Corrosion allowance  
 t<sub>c</sub> = Wall thickness used in dent assessment  
 t<sub>rd</sub> = Wall thickness at a time of assessment

$$t_c = t_{rd} - FCA \quad (\text{Eq 4.2})^{[7]}$$

$$t_c = 9.02 - 0.00 = 9.02 \text{ mm}$$

dari semua perhitungan dengan rumus diatas, diperoleh hasil sebagai berikut :

$$MAWP \text{ SHELL} = 5.73 \text{ kg/cm}^2\text{g} = 0.5619 \text{ Mpa}$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan apakah tekanan kerja maksimum yang diizinkan dari item tersebut lebih dari atau sama dengan tujuh puluh persen dari perkiraan MAWP:

$$P_{\max} \geq 70\% MAWP^C \quad (\text{Eq 4.3})^{[7]}$$

$$0.695 \text{ MPa} \geq \{(70\% * 0.5619) = 0.39333 \text{ MPa}\}$$

Kedalaman penyok objek dalam kondisi bertekanan (dr) terhadap rasio diameter, jarak minimum yang diperlukan ke diskontinuitas struktural (Lmsd), dan jarak minimum yang diperlukan ke las (Lw) adalah beberapa tes penting yang perlu dilakukan.

$$d_r = 0.7 d_o \quad (\text{Eq 4.4})^{[7]}$$

Dimana, d0 = kedalaman penyok pada tekanan nol

$$d_r = 0.7 \times 25.4 = 17.78 \text{ mm}$$

$$d_r \leq 0.07 D_0$$

$$17.78 \text{ mm} \leq \{(0.07 \times 2438.4) = 170.68 \text{ mm}\}$$

$$L_{msd} \geq 1.8 \sqrt{Dotc} \quad (\text{Eq 4.5})^{[17]}$$

$$750 \text{ mm} \geq \{(1.8 \sqrt{2438.4 \times 9.02}) = 266.948\}$$

$$L_w \geq \max [2t_c, 25\text{mm}] \quad (\text{Eq 4.6})^{[7]}$$

$$120 \geq \max \{[2 \times 9.02, 25\text{mm}] = 25\text{mm}\}$$

Langkah selanjutnya adalah evaluasi Level 2, yang dimulai dengan perhitungan amplitudo tegangan membran sirkumferensial siklik ( $\sigma_a$ ) dan amplitudo tegangan membran sirkumferensial siklik terkoreksi ( $\sigma_A$ ) dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\sigma_a = \sigma_{m,max}^c - \sigma_{m,min}^c / 2 \quad (\text{Eq 4.7})^{[7]}$$

di mana,  $\sigma_{m,max}$  dan  $\sigma_{m,min}$  adalah tegangan keliling maksimum dan minimum, dan tegangan keliling dinyatakan sebagai:

$$\sigma_m^c = \frac{P}{E} \left[ \frac{D_o}{2(tc-MA)} - Y_{YB31} \right] \quad (\text{Eq 4.8})^{[7]}$$

$$\sigma_{m,max}^c = \frac{0.5622}{0.85} \left[ \frac{2438.4}{2(9.02-0)} - 0.4 \right] = 89.136 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,min}^c = \frac{0.2275}{0.85} \left[ \frac{2438.4}{2(9.02-0)} - 0.4 \right] = 36.0698 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{89.136 - 36.0698}{2} = 26.5331 \text{ MPa}$$

$$\sigma_A = \sigma_a \left[ 1 - \left\{ \frac{\sigma_{cm,max} - \sigma_a}{\sigma_{uts}} \right\}^2 \right]^{-1} \quad (\text{Eq 4.9})^{[7]}$$

$$\sigma_A = 26.5331 \left[ 1 - \left\{ \frac{89.136 - 26.5331}{517} \right\}^2 \right]^{-1} = 26.9279 \text{ MPa}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung faktor konsentrasi tegangan, kd karena distribusi tegangan pada tepi lekukan didefinisikan sebagai:

$$k_d = 1 + C_s \sqrt{\frac{tc}{D_o}} [doxCul]^{3/2} \quad (\text{Eq 4.10})^{[7]}$$

dimana,

Cs = Penilaian kelelahan faktor penyok = 1

Cul = faktor konversi = 1

$$k_d = 1 + 1 \sqrt{\frac{9.02}{2438.4}} [25.4 \times 1]^{3/2} = 1.6881$$

Akhirnya, model empiris berdasarkan telah diperbarui untuk memperhitungkan peningkatan konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh penyok. Model ini digunakan untuk menghitung umur kelelahan penyok, juga dikenal sebagai jumlah siklus maksimum yang dapat ditoleransi, menggunakan persamaan di bawah ini:

$$N = 562.2 \left[ \frac{\sigma_{uts}}{2\sigma_A k_d k_g} \right]^{5.26} \quad (\text{Eq 4.11})^{[7]}$$

Dimana,

$k_g = \text{gouge stress concentration factor} = 1$

$$N = 562.2 \left[ \frac{517}{2 \times 26.9279 \times 1.6881 \times 1} \right]^{5.26} = 5253 \text{ cycles}$$

Tabel 1 menyajikan kriteria penerimaan cacat penyok untuk analisis Level 1 dan Level 2. Hasil pengujian penilaian awal menunjukkan bahwa jarak minimum yang diperlukan ke diskontinuitas struktural (Lmsd), kedalaman penyok di bawah kondisi bertekanan (dr), dan jarak minimum ke pengelasan (Lw) semuanya dalam batas yang dapat diterima.

Parameters		Level 1 assessment	Level 2 assessment
P <sub>max</sub>	0.695 MPa	P <sub>max</sub> ≥ 70% MAWP <sup>C</sup>	5253 cycles
dr	17.78 mm	d <sub>r</sub> = 0.7 d <sub>o</sub>	
L <sub>msd</sub>	750 mm	L <sub>msd</sub> ≥ 1.8 √Dotc	
L <sub>w</sub>	120	L <sub>w</sub> ≥ max [2t <sub>c</sub> , 25mm]	
MAWP	0.5619 MPa		

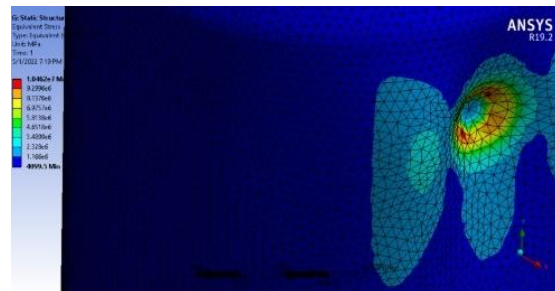
Tabel 1 Tabel Kriteria Penerimaan Cacat Penyok



## Hasil Simulasi

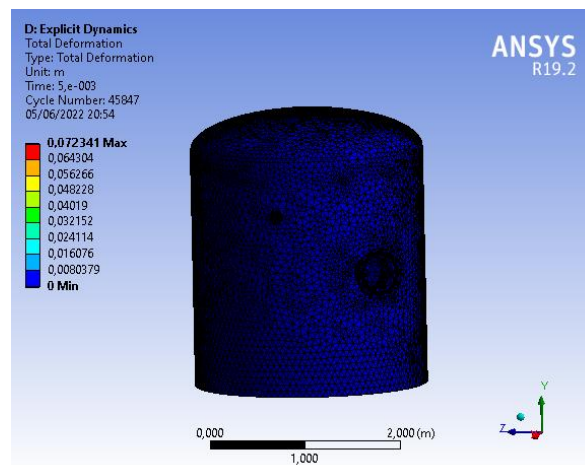
### Total Deformasi

Dari simulasi didapatkan nilai deformasi total maksimum sebesar 1,0462 Mpa dimana nilai maksimum berada pada daerah penyok. Walaupun nilai deformasi total maksimumnya tinggi, namun masih dalam batas aman karena berada di bawah nilai tekanan kerja yang diijinkan berdasarkan data spesifikasi material *Gas Boot* tersebut. Sedangkan untuk daerah sekitar penyok memiliki nilai deformasi yang jauh di bawah batas aman. Simulasi ini mempertimbangkan faktor tekanan di dalam boot gas, suhu, material dan kondisi tekanan angin di sekitar lingkungan *gas boot*.



Gambar 8 Hasil dari Simulasi Total Deformasi

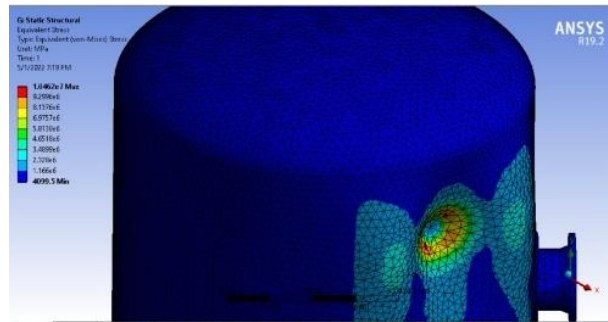
Jika dibandingkan dengan total deformasi sebelum pada kondisi *Gas Boot* pada kondisi normal (tanpa penyok) didapatkan Nilai maksimum deformasi total sangat rendah, yaitu 0,072341 Mpa. Simulasi ini mempertimbangkan faktor tekanan di dalam boot gas, suhu, material, dan kondisi tekanan angin di sekitar lingkungan *Gas Boot*.



Gambar 9 Hasil dari Simulasi Total Deformasi (*Explicit Dynamic*)

### Regangan Elastis Setara

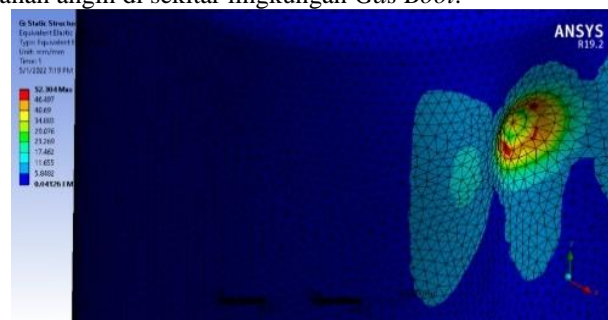
Dari simulasi didapatkan nilai regangan elastik ekivalen maksimum sebesar 1,0462 Mpa dimana nilai maksimum berada pada daerah penyok. Simulasi menggunakan metode von-mises. Simulasi ini mempertimbangkan faktor tekanan di dalam boot gas, suhu, material dan kondisi tekanan angin di sekitar lingkungan *Gas Boot*.



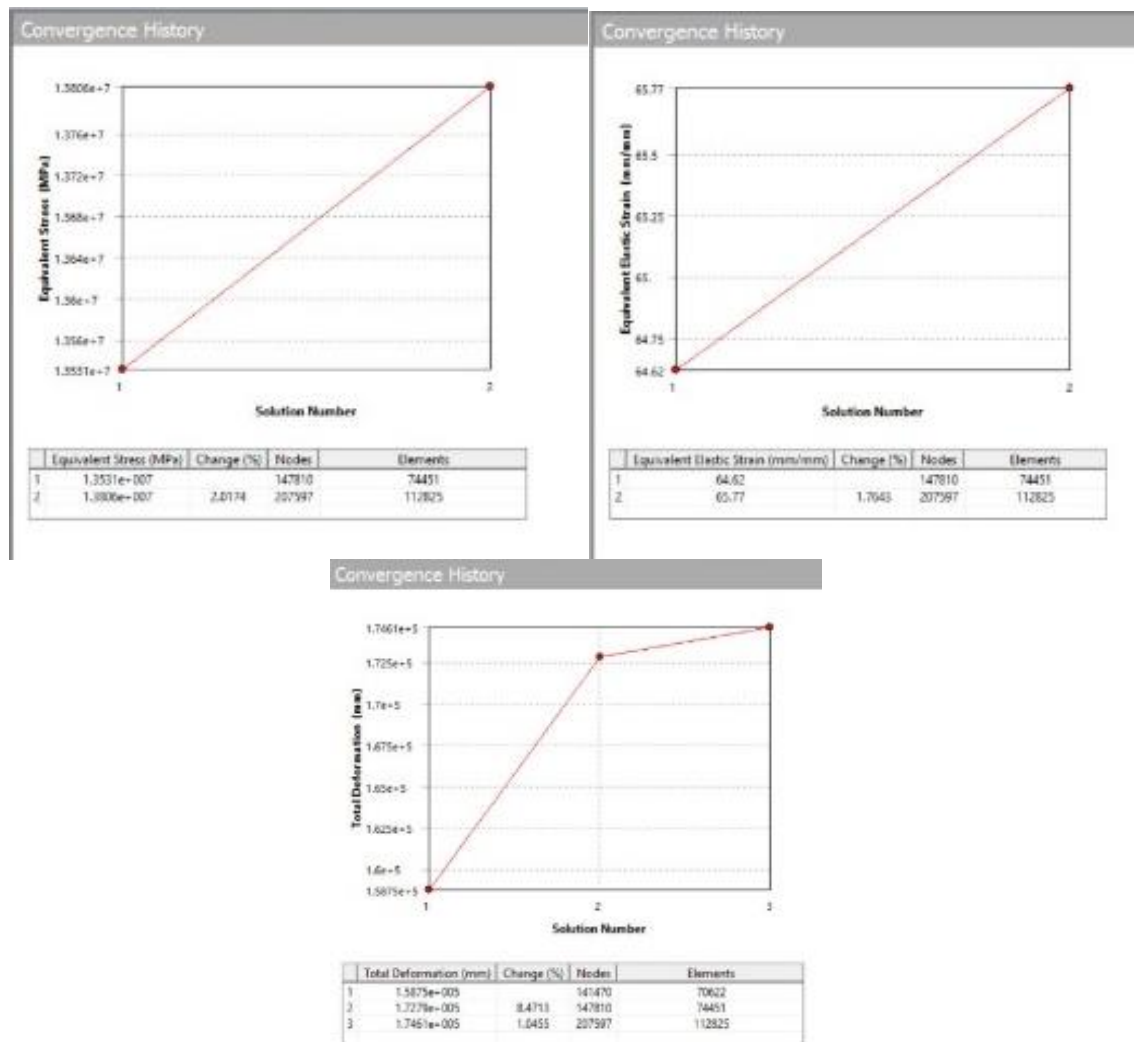
Gambar 10 Hasil dari Simulasi Regangan Elastis Setara

### Tegangan Ekuivalen

Dari simulasi didapatkan nilai tegangan ekuivalen maksimum sebesar 52,304 mm/mm dimana nilai maksimum berada pada daerah penyok. Sedangkan untuk area sekitar penyok memiliki nilai tegangan ekuivalen yang jauh di bawah batas aman. Simulasi ini mempertimbangkan faktor tekanan di dalam boot gas, suhu, material dan kondisi tekanan angin di sekitar lingkungan *Gas Boot*.

Gambar 11 Hasil dari Simulasi Tegangan Ekuivalen (*Explicit Dynamic*)

### Studi Konvergensi Mesh

Gambar 12 Hasil Mesh Convergence Studiast (a) *Total Deformation*, (b) *Equivalent Elastic Strain*, (c) *Equivalent Stress*

### Desain Prototipe

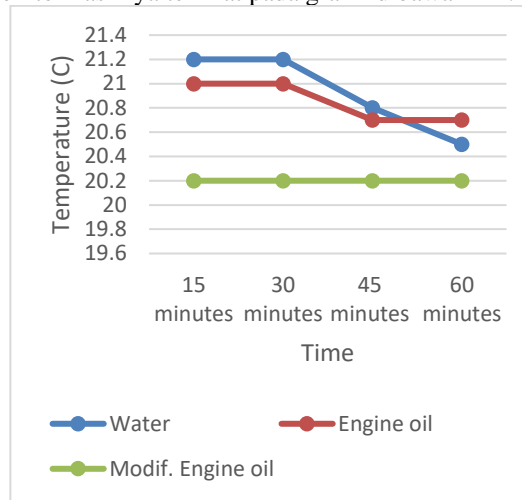
Prototipe terdiri dari LCD yang berfungsi untuk menampilkan nilai dari masing-masing sensor, Sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu fluida di dalam benda berbentuk tabung, Sensor tekanan yang digunakan untuk mendeteksi tekanan bagian dalam benda berbentuk tabung, Sensor Ph yang berfungsi untuk mendeteksi pH cairan di dalam objek berbentuk tabung, ESP32 yang merupakan prosesor utama dari prototipe ini yang menghubungkan lcd dan semua sensor, serta kotak listrik yang menampung semua bahan.



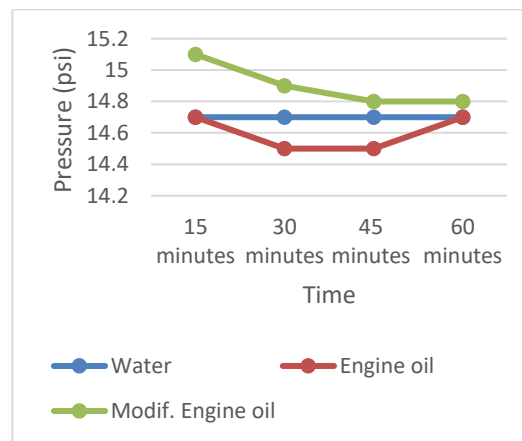
Gambar 13 Hasil Prototipe

### Pengujian prototype

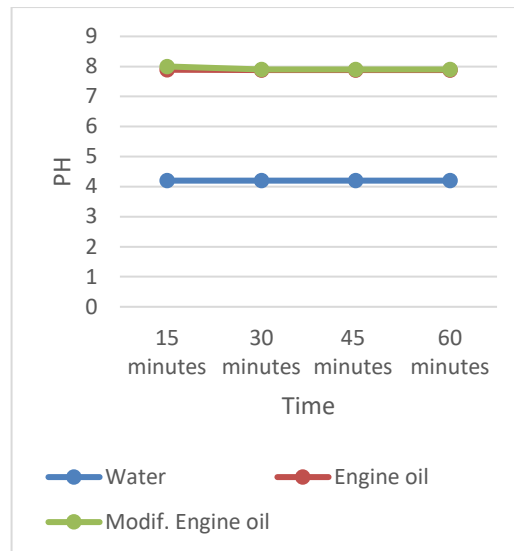
Selama proses Pengumpulan data, prototipe telah diuji untuk tiga jenis cairan yang berbeda di dalam objek tabung selama satu jam untuk setiap cairan dan memantau hasilnya menggunakan Aplikasi Seluler Blynk. Tiga jenis cairan berbeda yang digunakan untuk pengujian prototipe ini adalah oli mesin, oli mesin yang dimodifikasi, dan air. Setelah dimonitor hasilnya terlihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 14 Hasil dari Sensor Temperatur



Gambar 15 Hasil dari Sensor Tekanan



Gambar 16 Hasil dari Sensor PH

Grafik tersebut menunjukkan bahwa setiap fluida memiliki kondisi normal dan stabil. Ini juga menyimpulkan bahwa sistem pemantauan bekerja dengan sesuai.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penilaian fitness-for-service didapatkan bahwa cacat penyok masih dalam kriteria aman karena nilai tekanan maksimum yang diijinkan masih di bawah nilai tekanan operasi, sehingga tidak perlu dilakukan penggantian peralatan, tetapi disarankan untuk melakukan perbaikan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih besar.

Prototipe bekerja dengan sesuai, sensor dapat mendeteksi nilai yang tepat dari indikator yang diperlukan untuk mencegah kerusakan penyok yaitu suhu cairan, tekanan di dalam objek tabung, dan pH cairan. Prototipe yang dibuat dapat mencegah terjadinya kerusakan penyok serupa karena prototipe sistem monitoring oli ini dapat menunjukkan indikator-indikator penting pada objek berbentuk tabung. penggunaan sistem monitoring oli dapat dilakukan dengan menggunakan smartphone yang terhubung dengan aplikasi blynk. pengguna dapat memantau tanpa harus melihat indikator di lapangan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dan fasilitas yang diberikan oleh Politeknik Negeri Jakarta sebagai lembaga pendidikan di Indonesia serta Management and Science University (MSU) sebagai lembaga pendidikan di Malaysia. Dan Perusahaan Pertamina Hulu Rokan sebagai Industri yang memberikan kesempatan untuk dilakukan penelitian.

## REFERENSI

- [1] Andrew Cosham,. The Effect Of Dents In Pipelines – Guidance In The Pipeline Defect Assessment Manual. 7-10, 2003
- [2] Ted L. Anderson, DAVID A. Osage,. API 579: a comprehensive fitness-for-service guide Pages 953-963. 2000
- [3] Janelle, J.L. An Overview of the Fitness-For-Service Assessment Procedures for Local Thin Areas. 2005
- [4] Cassarrubias, David *et al*, “Determination of the Conservatism Degree in the Level-1 of the Standard API-579-1/ASME-FFS-1-2007 for the Assessment of the dents in Internal Pressure Pipe-line”. Mexico City, Mexico.2017
- [5] Han Zhiyuan, Xie Guoshan, and Sun Liang, “Fitness-fo-Service of a column equipment containing dent defects based on API 579 Level 3 Analysis and Cosidering the Dynamic Loads,”. British Columbia, Canada, 2016

- [6] Aalsalem Mohammed Y, Khan Wazir Zada, Gharibi Wajeb, and Armi Nasrullah, "An Intelligent Oil and Gas Well Monitoring System based on Internet of Things". Jazan, Saudi Arabia, 2017.
- [7] Osage DA. API 579 - A Comprehensive Fitness-For-Service Standard. *Proceedings of PVP2003*. 2003;1