

# ANALISIS TEGANGAN DAN REGANGAN PADA RANGKAIAN *TUBING WORKOVER* YANG DIBERIKAN *OVERPULL* MAKSIMAL SAAT KONDISI *STUCK* MENGGUNAKAN *SOFTWARE* METODE ELEMEN HINGGA

Hagel Naptali Hutagalung<sup>1,\*</sup>, Riko Monhendri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

<sup>2</sup> Rumbai Main Office Room-508, PT Pertamina Hulu Rokan, Pekanbaru, 28282, Indonesia

E-mail\* : hagel.naptali4776@student.unri.ac.id

## ABSTRAK

Kondisi *stuck* merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di operasi pengeboran dan *workover* industri migas. Masalah ini dapat disebabkan oleh adanya sesuatu di dalam sumur yang menahan *drilling/workover string* seperti *compacted formation sand* atau *bad casing condition*. Salah satu cara untuk mengatasi kondisi *stuck* adalah dengan memberikan *overpull* maksimal. *Overpull* maksimal adalah gaya tarik (*tensile force*) maksimal yang diberikan pada rangkaian *tubing workover* tanpa menyebabkan deformasi plastis. Dalam kerja praktik ini, menggunakan analisis tegangan dan regangan pada rangkaian *tubing workover* yang diberikan *overpull* maksimal saat kondisi *stuck*. Analisis dilakukan dengan simulasi sederhana menggunakan *software* metode elemen hingga. Dari analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai tegangan pada simulasi menggunakan *software* yaitu sebesar 30,78 kpsi, sedangkan untuk nilai tegangan pada hitungan manual (teoritik) sebesar 30,77 kpsi. Hasil analisis regangan pada simulasi menggunakan *software* yaitu sebesar 0,001, sedangkan untuk nilai regangan pada hitungan manual (teoritik) sebesar 0,0011. Hasil analisis perubahan panjang (*displacement*) pada simulasi menggunakan *software* yaitu sebesar 0,40 in, sedangkan untuk nilai perubahan panjang (*displacement*) pada hitungan manual (teoritik) sebesar 0,396 in. Setelah itu hasil simulasi sederhana tersebut dibandingkan dengan perhitungan manual (teoritik). Dari hasil perbandingan simulasi dan teoritik didapatkan deviasi/error sebesar 0,03 % untuk tegangan, -10 % untuk regangan, dan 1 % untuk perubahan panjang (*displacement*) yang menggambarkan bahwa model simulasi Metode Elemen Hingga cukup mendekati hasil perhitungan manual (teoritik).

Kata Kunci : *Overpull Maksimal, Analisis, Simulasi, Software, Metode Elemen Hingga*

## ABSTRACT

*Stuck conditions are one of the problems that often occur in oil and gas industry drilling and workover operations. This problem can be caused by the presence of something in the well that is holding back the drilling/workover string, such as compacted formation sand or bad casing conditions. One way to overcome a stuck condition is to provide maximum overpull. Maximum overpull is the maximum tensile force applied to a series of workover tubing without causing plastic deformation. In this practical work, using stress and strain analysis on a series of workover tubing which is given maximum overpull when stuck. The analysis was carried out by simple simulation using finite element method software. This analysis shows that the stress value in the simulation using software is 30,78 kpsi, while the stress value in manual (theoretical) calculations is 30,77 kpsi. The result of strain analysis in simulations using software is 0,001, while the strain value in manual (theoretical) calculations is 0,0011. The results of the analysis of displacement in simulations using software were 0,40 in, while the value of displacement in manual (theoretical) calculations was 0,396 in. After that, the results of the simple simulation were compared with manual (theoretical) calculations. From the results of the simulation and theoretical comparison, it was found that the deviation/error was 0,03 % for stress, -10 % for strain, and 1 % for displacement, which illustrates that the Finite Element Method simulation model is quite close to the results of manual (theoretical) calculations.*

Keywords : *Maximum Overpull, Analysis, Simulation, Software, Finite Element Method*

## PENDAHULUAN

Permintaan sumber daya alam seperti minyak dan gas semakin hari semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk (Oktafaina, 2018). Minyak dan gas bumi merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Konsumsi yang berlebihan akan mempercepat menipisnya kandungan minyak dan gas bumi di tanah air. Oleh sebab itu, kita harus efisien dalam pengelolannya. Dalam pemanfaatan minyak dan gas bumi sendiri cukup banyak, yakni untuk berbagai keperluan rumah tangga, industri, pembangkit listrik hingga bahan bakar transportasi. Revolusi industri 4.0 adalah industri yang menggunakan teknologi pintar (smart) ataupun canggih dalam proses produksi. Ada juga yang berpendapat yaitu: Minyak dan gas bumi berasal dari zat organik yang terkandung di dalam batuan sedimen selama berjuta-juta tahun (Sitaresmi, 2012). Minyak dan gas bumi yang terdapat di dalam sumur melalui tahapan atau proses pengeboran (*drilling*). Di dalam sumur terdapat sebuah rangkaian *tubing workover* dengan beberapa sambungan (*joint*) yang ketinggiannya sudah ditetapkan. Rangkaian *tubing workover* adalah rangkaian *tubing* yang digunakan untuk melakukan kegiatan kerja ulang (*workover*) pada sumur. Kerja ulang (*Workover*) adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki atau meningkatkan kinerja sumur. Di dalam sumur terdapat sebuah *reservoir* yang digunakan untuk menyimpan suatu cadangan air dan juga bahan bakar minyak dan gas bumi. Jika tenaga *reservoir* cukup kuat, sehingga fluida *reservoir* dapat sampai ke *gathering station* atau *block station* maka dikatakan sumur mengalir secara *natural flow*. Maka dari itu perlu dipasang *christmas tree* untuk memisahkan antara fluida minyak, gas dan air.

Selain itu ada juga yang beranggapan bahwa: Industri migas merupakan salah satu cabang industri yang penting bagi negara (Faoziyah, 2023). Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Industri migas dapat mendorong pertumbuhan ekonomi daerah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun, industri migas juga memiliki dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, industri migas harus dikelola secara berkelanjutan agar dapat memberikan manfaat yang optimal bagi negara

dan masyarakat.

Fungsi, kegunaan, dan manfaat dari minyak dan gas bumi inilah yang membuat penulis membahas hal tersebut dalam laporan ini. Kegunaan dan manfaat yang sangat banyak inilah yang membuat minyak dan gas bumi banyak dipakai dalam kehidupan manusia. Jika tidak adanya minyak dan gas bumi, maka keberlangsungan hidup masyarakat dan negara tidak akan dapat berjalan dengan baik. Seperti yang kita ketahui minyak dan gas bumi adalah kebutuhan yang sangat penting untuk meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat dan negara dalam menjalani aktivitas sehari-hari.

Tujuan dari kerja praktik ini adalah untuk menganalisis tegangan dan regangan pada rangkaian *tubing workover* yang diberikan *overpull* maksimal saat kondisi *stuck*. Analisis dilakukan dengan simulasi sederhana menggunakan *software* metode elemen hingga. Metode Elemen Hingga merupakan teknik komputasi yang digunakan untuk mendapatkan perkiraan solusi masalah nilai batas dalam bidang teknik, dimana dilakukan pendekatan analisis tegangan, regangan, dan perubahan panjang (*displacement*) dalam rangkaian *tubing workover* kemudian membandingkan deviasi/*error* pada hasil simulasi dengan perhitungan manual (teoritik) dan apakah sudah mendekati kondisi sebenarnya pada suatu rangkaian *tubing workover* yang berada di sumur vertikal lapangan PT. Pertamina Hulu Rokan.

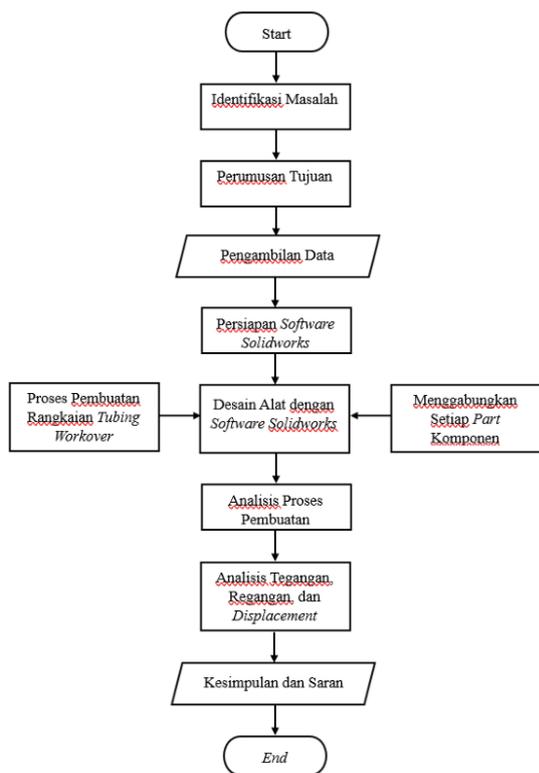
## BAHAN DAN METODE

Adapun bahan yang digunakan dalam pelaksanaan kerja praktik dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Bahan dan Kegunaannya**

No	Bahan	Kegunaan
1	<i>Tubing J-55</i>	Objek Kerja Praktik
2	<i>Software Solidworks</i>	Melakukan desain 3D dan simulasi

Adapun metode penulisan kerja praktik dilakukan dengan cermat dan sistematis yang dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

Metode yang digunakan dalam penulisan paper kerja praktik ini yaitu metode elemen hingga. Dimana pada rangkaian *tubing workover* diberikan *overpull* maksimal saat kondisi *stuck* menggunakan *software* metode elemen hingga dan mencari hitungan secara manual (teoritik) kemudian membandingkannya dengan hasil simulasi. Adapun tahapan pembuatan paper Kerja Praktik, yaitu sebagai berikut:

### 1. Identifikasi Masalah

Pada tahap awal pelaksanaan kerja praktik dilakukan identifikasi masalah. Identifikasi masalah bertujuan untuk merumuskan permasalahan yang akan menjadi fokus dalam kegiatan kerja praktik. Masalah yang teridentifikasi relevan dan dapat dipecahkan. Setelah dilakukan pencarian informasi terkait yang berhubungan dengan kondisi di lapangan pada sumur yang tersedia, yaitu sumur vertikal maka terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dengan fokus pada jenis *tubing*

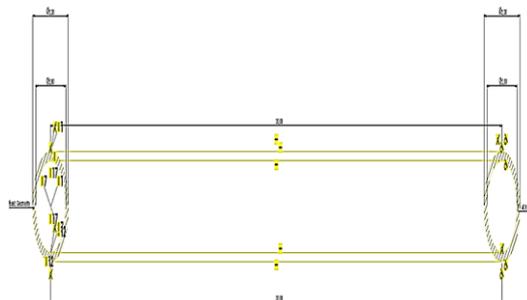
yang digunakan yaitu *tubing* J-55 yang terdapat pada lapangan, kemudian melakukan desain pada *software solidworks* menjadi sebuah rangkaian *tubing workover* dengan dimensi yang diketahui dan memperkirakan beberapa *joint* atau sambungan untuk sebuah rangkaian *tubing workover* yang berada di lapangan dengan desain yang dirancang menggunakan perhitungan manual (teoritik).

### 2. Perumusan Tujuan

Perumusan tujuan sangat penting dalam melaksanakan kerja praktik dikarenakan tujuan yang jelas dan spesifik akan memudahkan penulis dalam menyusun laporan kerja praktik. Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah agar penulis memahami operasi pengeboran dan proses produksi migas, mengetahui prosedur dan prinsip keselamatan kerja dalam mengoperasikan alat kerja, dan memiliki pengetahuan mengenai bagian-bagian alat kerja yang digunakan di lapangan PT Pertamina Hulu Rokan.

### 3. Pengambilan Data

Dalam pengambilan data, terdapat informasi desain 2D rangkaian *tubing workover* yang terdiri dari beberapa sambungan *tubing*-J55 dengan tinggi rangkaian *tubing workover* sebesar 30 ft, seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Desain 2D Rangkaian Tubing Workover

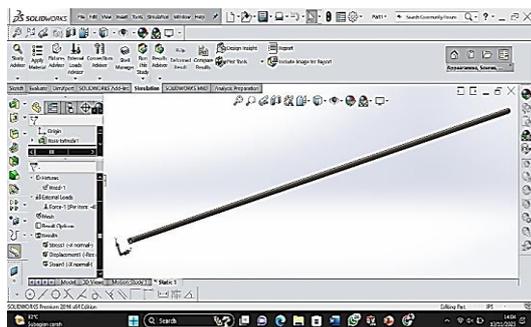
Selanjutnya, setelah membuat desain 2D rangkaian *tubing workover* kemudian dapat diimplementasikan ke dalam desain 3D menggunakan *software solidworks*.

4. Persiapan *Software Solidworks*

*Software* yang akan digunakan, yaitu *Solidworks*. *Solidworks* merupakan salah satu *Software Computer Aided Design (CAD)* yang sangat populer dan banyak digunakan saat ini di Indonesia. *Solidworks* merupakan *Software* yang digunakan untuk membuat desain produk dari bentuk sederhana sampai bentuk kompleks.

5. Desain Alat dengan *Software Solidworks*

Dalam pembuatan rangkaian *tubing workover* dengan menggabungkan setiap *part* komponen *tubing J-55* yang terdiri dari sambungan atau *joint* menggunakan *software solidworks* yang telah disiapkan sebelumnya. Tahap awal perancangan mencakup proses pembuatan komponen rangkaian *tubing workover* dengan dimensi yang sudah diketahui. Setelah selesai, langkah berikutnya adalah merakitnya bersama untuk membentuk rangkaian *tubing workover*. Berikut ini hasil desain 3D rangkaian *tubing workover* menggunakan *Software solidworks*, seperti Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Desain 3D Rangkaian *Tubing Workover*

6. Analisis Proses Pembuatan

Tahapan berikutnya yaitu melakukan analisis proses pembuatan rangkaian *tubing workover* yang telah dirancang pada *Software Solidworks*. Adapun tahapan atau langkah-langkah dalam melakukan simulasi dari desain 3D rangkaian *tubing workover* yang telah dibuat, yaitu:

- Pilih *Tab Solidworks Add-Ins* kemudian mengaktifkan *solidworks simulation*.
- Setelah itu akan muncul *tab simulation* dan pilih *study advisor* → *new study*.
- Langkah selanjutnya kita akan memilih beban *static* pada menu *study*.
- Kemudian kita akan memilih menu *apply material*.
- Selanjutnya kita akan memilih menu

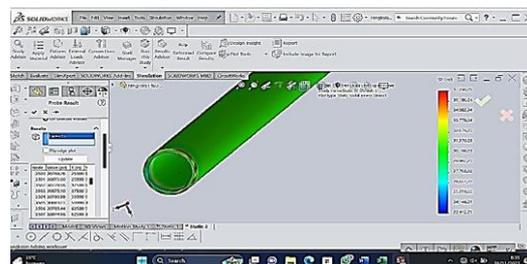
*Fixtures* → klik kanan → *Fixed Geometry*.

- Berikutnya kita akan memilih menu *External Loads* → klik kanan → *Force* dan atur pada satuan *English (IPS)* dengan gaya tarik (*tensile force*) sebesar 40 kpsi, kemudian melakukan *hide all* pada *Fixtures* dan *External Loads*.
- Langkah berikutnya memilih menu *Mesh* → klik kanan → *Create Mesh*.
- Langkah terakhir kembali ke *tab simulation* dan *run this study*.

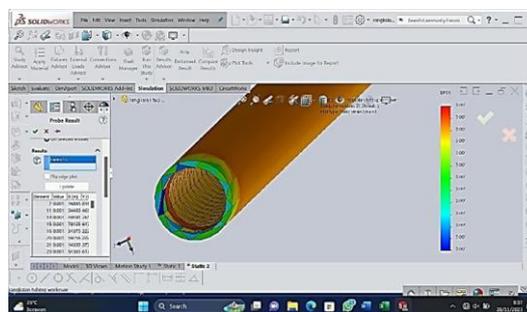
Setelah melalui proses atau langkah di atas, maka kita dapat melakukan analisis tegangan, regangan, perubahan panjang (*displacement*).

7. Analisis Tegangan, Regangan, dan *Displacement*

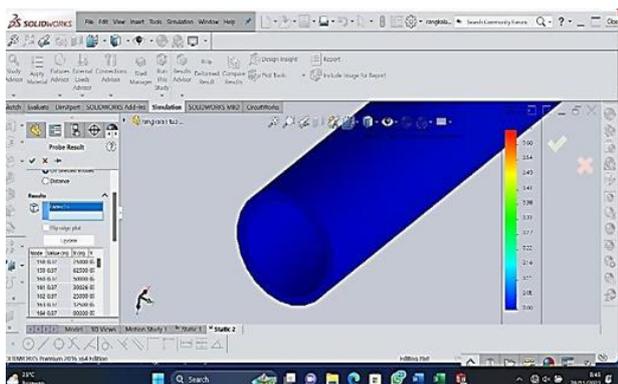
Pada tahap ini sudah memasuki simulasi tahap akhir, yakni analisis tegangan, regangan, dan *displacement*. Analisis ini bertujuan agar dapat membandingkan nilai manual (teoritik) dengan hasil simulasi yang diperoleh apakah sama ataukah mendekati nilai akhirnya. Berikut ini merupakan hasil desain simulasi analisis tegangan, regangan, dan *displacement* yang diperoleh, yaitu pada Gambar 4 dan Gambar 5:



Gambar 4. Analisis Tegangan Rangkaian *Tubing Workover*



Gambar 5. Analisis Regangan Rangkaian *Tubing Workover*



Gambar 6. Analisis Displacement Rangkaian Tubing Workover

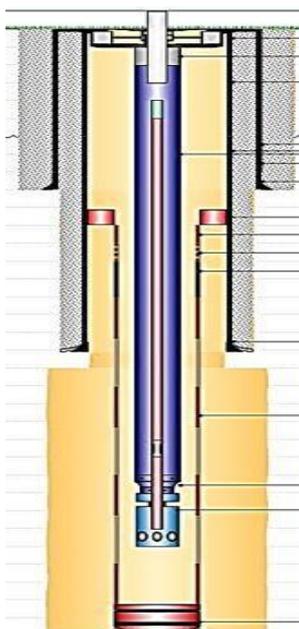


Gambar 8. Sambungan (Joint) Tubing J-55

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sumur Vertikal (*Vertical Well*)

Pada pembahasan kali ini membahas tentang sumur vertikal (*vertical well*) sesuai dengan kondisi yang berada di lapangan. Berikut ini gambar skematik dari sumur vertikal (*vertical well*), dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Skema Sumur Vertikal (*Vertical Well Schematic*)

B. Data Pengamatan Tubing J-55 dapat dilihat pada Gambar 8 berikut :

Berdasarkan gambar tersebut, maka dapat dikumpulkan data informasi lebih detail untuk membuat desain rangkaian *tubing workover* dengan spesifikasi data sesuai dengan yang ada di lapangan PT. Pertamina Hulu Rokan sebagai berikut:

1. Nama desain alat = Rangkaian Tubing Workover
2. Jenis Sumur = Sumur Vertikal (*Vertical Well*)
3. Jenis tubing yang digunakan = Tubing J-55 (tersedia)
4. Tinggi rangkaian *tubing workover* = 30 ft
5. Batas kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) dari tubing J-55 = 55 klbf
6. *Joint Yield Strength* dari tubing J-55 = 49,45 klbf
7. Gaya tarik (*tensile force*) yang diberikan = 40 klbf
8. *Drag* pada tubing J-55 = 17
9. *Pound Per Feet* (PPF) tubing J-55 = 0,0093 klbf/ft
10. Material yang digunakan pada desain alat rangkaian *tubing workover* = AISI 347 *Annealed Stainless Steel* (SS)
11. Beban yang digunakan pada desain alat rangkaian *tubing workover* = Beban *static*
12. Tipe model pada desain alat rangkaian *tubing workover* = *Linear Elastic Isotropic*

### C. Perhitungan pada Rangkaian Tubing Workover

1. Perhitungan luas penampang tubing J-55 berdasarkan data yang diambil.

$$A_{tubing\ J-55} = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2)$$

$$A_{tubing\ J-55} = \frac{3,14}{4} (2\frac{3}{8}\text{ in})^2 - (1,995\text{ in})^2$$

$$A_{tubing\ J-55} = \frac{3,14}{4} (5,64\text{ in}^2 - 3,98\text{ in}^2)$$

$$A_{tubing\ J-55} = \frac{3,14}{4} (1,66\text{ in}^2)$$

$$A_{tubing\ J-55} = 1,3\text{ in}^2$$

2. Perhitungan *yield strength* rangkaian *tubing workover* berdasarkan data *joint yield strength* ( $\sigma_s$ ) tubing J-55 yaitu sebesar 49,45 klbf kemudian dibagi dengan hasil luas penampang tubing J-55 sebesar 1,3 in<sup>2</sup>, dimana perhitungannya sebagai berikut:

$$\sigma_s \text{ rangkaian tubing workover} = \frac{\sigma_s \text{ tubing J-55}}{A \text{ tubing J-55}}$$

$$\sigma_s \text{ rangkaian tubing workover} = \frac{49,45 \text{ klbf}}{1,3 \text{ in}^2}$$

$$\sigma_s \text{ rangkaian tubing workover} = 38,04 \text{ kpsi}$$

(Note : kpsi = klbf/in<sup>2</sup>)

3. Perhitungan untuk sambungan (*joint*) yang masih diizinkan untuk menjadi rangkaian *tubing workover*, sebagai berikut:

Dik: *Joint Yield Strength* ( $\sigma_s$ ) *Tubing J-55*  
= 49,45 klbf  
*Pound Per Feet* (PPF) *Tubing J-55*  
= 0,0093 klbf/ft  
1 Sambungan (*Joint*) *Tubing J-55*  
= 30 ft

Dit: Sambungan (*joint*) yang masih diizinkan  
= (?)

Jawab:

$$\text{Length} = \frac{\sigma_s \text{ tubing J-55}}{\text{Pound Per Feet (PPF) tubing J-55}}$$

$$\text{Length} = \frac{49,45 \text{ klbf}}{0,0093 \text{ klbf/ft}}$$

$$\text{Length} = 5.317,2 \text{ ft}$$

$$\text{Joint} = \frac{\text{Length}}{1 \text{ Sambungan (joint) tubing J-55}}$$

$$\text{Joint} = \frac{5.317,2 \text{ ft}}{30 \text{ ft}}$$

$$\text{Joint} = 177,24 \approx 177$$

4. Perhitungan analisis tegangan dengan manual (teoritik),

Dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{40 \text{ klbf}}{1,3 \text{ in}^2}$$

$$\sigma = 30,77 \text{ kpsi (Note : kpsi = klbf/in}^2\text{)}$$

5. Perhitungan analisis regangan dengan manual (teoritik).

Dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\epsilon = \frac{30,77 \text{ kpsi}}{28.282,36 \text{ kpsi}}$$

$$\epsilon = 0,0011$$

6. Perhitungan perubahan *displacement* dengan manual (teoritik).  
Dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\Delta l = \epsilon \times l_0$$

$$\Delta l = 0,0011 \times 360 \text{ in}$$

$$\Delta l = 0,396 \text{ in}$$

7. Perhitungan deviasi/error untuk tegangan dari hasil perbandingan antara simulasi dengan manual (teoritik).

$$\text{Deviasi/error} = \frac{\sigma \text{ Maks S} - \sigma \text{ Teoritik}}{\sigma \text{ Maks S}} \times 100\%$$

$$\text{Deviasi/error} = \frac{30,78 \text{ kpsi} - 30,77 \text{ kpsi}}{30,78 \text{ kpsi}} \times 100\%$$

$$\text{Deviasi/error} = 0,03\%$$

8. Perhitungan deviasi/error untuk regangan dari hasil perbandingan antara simulasi dengan manual (teoritik).

$$\text{Deviasi/error} = \frac{\epsilon \text{ Maks S} - \epsilon \text{ Teoritik}}{\epsilon \text{ Maks S}} \times 100\%$$

$$\text{Deviasi/error} = \frac{0,001 - 0,0011}{0,001} \times 100\%$$

$$\text{Deviasi/error} = -10\%$$

9. Perhitungan deviasi/error untuk *displacement* (perubahan panjang) dari hasil perbandingan antara simulasi dengan manual (teoritik).

$$\text{Deviasi/error} = \frac{\Delta l \text{ Maks S} - \Delta l \text{ Teoritik}}{\Delta l \text{ Maks S}} \times 100\%$$

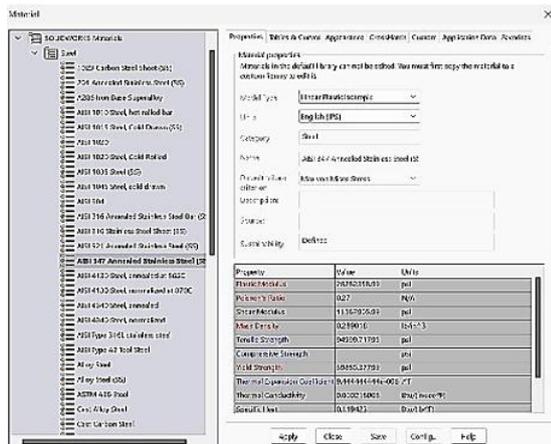
$$\text{Deviasi/error} = \frac{0,40 \text{ in} - 0,396 \text{ in}}{0,40 \text{ in}} \times 100\%$$

$$\text{Deviasi/error} = 1 \%$$

#### D. Analisis Data

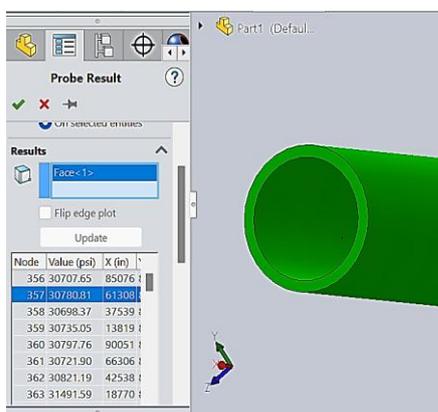
Dapat disimpulkan bahwa tegangan yang terdapat pada simulasi yaitu pada *node 357* dengan nilainya sebesar 30,78 kpsi. Dari hasil tegangan berikut hasilnya sangat mendekati dari hasil manual (teoritik) yang sebesar 30,77 kpsi dan hanya terpaut di angka 0,01 dan memiliki nilai deviasi/error sebesar 0,03 %. Hasil tersebut sudah cukup mendekati dengan tipe/spesifikasi *tubing J-55* yang digunakan pada lapangan.

Rangkaian *tubing workover* merupakan rangkaian dari beberapa sambungan (*joint*) dari tipe/spesifikasi *tubing J-55*. Data yang diambil berdasarkan pada gambar dapat diketahui jenis dan tipe material pada simulasi.

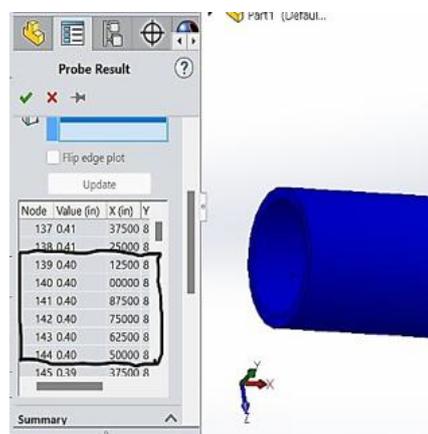


Gambar 9. Data Material Simulasi Software Solidworks

Langkah terakhir setelah didapatkan hasil regangan, kita akan mencari perubahan panjang (*displacement*) yang terdapat pada rangkaian *tubing workover*. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa nilai perubahan panjang (*displacement*) yang terdapat pada simulasi yaitu pada *node* 139-144 dengan nilainya sebesar 0,40 in. Dari hasil perubahan panjang (*displacement*) berikut hasilnya sangat mendekati dari hasil manual (teoritik) yang sebesar 0,396 in dan hanya terpaut di angka 0,004 dan memiliki nilai deviasi/error sebesar 1%. Hasil tersebut sudah cukup mendekati dengan tipe/spesifikasi *tubing* J-55 yang digunakan pada lapangan.

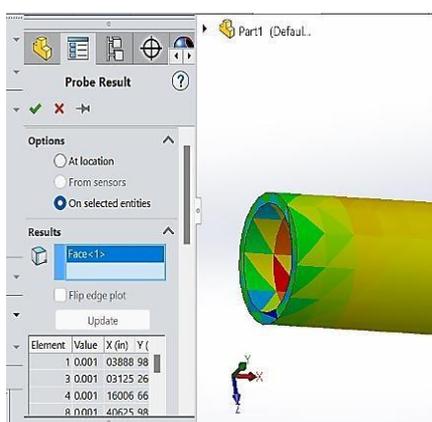


Gambar 10. Hasil Simulasi Tegangan



Gambar 12. Hasil Simulasi Displacement

Kemudian setelah didapatkan hasil tegangan, tahap selanjutnya kita akan mencari regangan yang terdapat pada rangkaian *tubing workover*. Hasil regangan yang didapatkan pada simulasi yaitu sebesar 0,001. Pada regangan ini tidak memiliki satuan atau disebut juga sebagai tidak berdimensi.



Gambar 11. Hasil Simulasi Regangan

## KESIMPULAN

Dari pelaksanaan kerja praktik ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu: hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi sederhana menggunakan *software* metode elemen hingga yang dapat digunakan untuk memprediksi tegangan, regangan, dan perubahan panjang pada rangkaian *tubing workover* saat diberikan gaya tarik (*tensile force*) maksimal ketika mengalami kondisi *stuck*. Jika dilakukan perbandingan antara simulasi dengan perhitungan manual (teoritik) memiliki deviasi/error yaitu sebesar 0,03 % untuk tegangan, -10 % untuk regangan, dan 1 % untuk perubahan panjang (*displacement*) dan terdapat nilai deviasi/error yang minus dikarenakan adanya pendekatan material yang berada di lapangan dengan material yang dipilih pada *software solidworks* sehingga hasilnya akan berbeda dengan hasil yang sebenarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Pertamina Hulu Rokan dan Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau sehingga pelaksanaan Kerja Praktik ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ababil, dkk. (2023). "Evaluasi *Workover Rig* N55XC-M Untuk Program Penggantian *Electric Submersible Pump* (ESP) Pada Sumur AMR-15". *Jurnal Teknik Sains Teknik Perminyakan Universitas Jember*, Vol. 08, No. 01, Halaman 10-16.
- Alvaro, T. (2023). "Laporan Kerja Praktik PT. Pertamina Hulu Rokan". Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- Anwar, M.K (2020). "Perhitungan Optimasi Laju Alir Minyak Pada Perforasi Pada Sumur X Lapangan F". Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- Chandranegara, I.S. (2017). "Desain Konstitusional Hukum Migas untuk Sebesar-Besarnya Kemakmuran Rakyat". Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Faoziyah, S. (2023). "Pembangunan Kawasan Industri Migas Berkonsep *Sustainability*". Pusaka Media, Bandarlampung. ISBN 978-623-418-182-1.
- Herinawijaya, D.P. (2022). "Perencanaan Profil dan Rangkaian Pipa Bor Sumur *Directional* "DS-1" Lapangan "JTB" Pertamina EP Cepu". Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Irawan, S.A. (2021). "Evaluasi *Tubing Leak* Pada Sumur *Directional* SAI Lapangan CM Dengan *Artificial Lift Progressive Cavity Pump*". Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- Oktafaina, O. (2018). "Perhitungan *Stress-Strain* Pada Sambungan *Drill Pipe* Pengeboran Bawah Laut Saat *Spudding In* Dan *Drilling* Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pamungkas, J. (2004). "Pengantar Teknik *Reservoir* Migas & Panas Bumi". Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Sitairesmi, R. (2012). "Pengenalan Industri Minyak Dan Gas Bumi". Jakarta Barat: Universitas Trisakti.