

# Analisis Kekuatan Spud Pada Kapal Amphibious Multipurpose Dredger Untuk Wilayah Sungai Porong Sidoarjo

Fangki Indra Wijayanto<sup>1</sup>, Priyambodo Nur Ardi Nugroho<sup>1</sup>, Boedi Herijono<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia  
Email: boedihj@ppns.ac.id

## Abstrak

*Amphibious Multipurpose Dredger* merupakan kapal penggerukan *Amphibi* yang dapat beroperasi di dua alam, baik di darat maupun perairan dengan menggunakan *Spud* sebagai alat mobilitasnya. Sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini lebih memfokuskan tentang pembebanan yang diterima *spud* dan juga konsep desain *spud* yang layak digunakan untuk *spud* Kapal *Amphibious Multipurpose Dredger* dimana menggunakan dua validasi yaitu perhitungan manual dan juga perhitungan *Software Finite Elemen Method*. Rumusan masalah pertama yaitu menentukan pembebanan yang dialami *Spud*, pembebanan pertama di dapat dari beban *internal* kapal sebesar 106 548,2346 N, dan beban lingkungan yang diperoleh dari tekanan arus sebesar 39,9349 N, tekanan angin sebesar 130,5474 N. Serta, rumusan masalah kedua yaitu perbandingan variasi dua konsep desain yang berbeda, hasil simulasi yang sudah dilakukan untuk konsep desain *Spud hollow* material ASME B36.10 *Carbon Steel Sch 40* mengalami tegangan *equivalent stress* sebesar 19,349 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami defleksi sebesar 1,6370 mm dan pada konsep desain *spud* dengan *pipe* ASME B36.10 *Carbon Steel Sch 40* tetapi menjadi *solid* atau pejal karena diisi semen (*Concrete*) jenis *Portland* mengalami tegangan *equivalent stress* sebesar 5,5567 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami defleksi sebesar 1,5950 mm pada kontruksi *spud*-nya. Rumusan masalah ketiga, hasil nilai tersebut dapat kita tentukan bahwa kedua konsep desain *spud* memenuhi dan sesuai standart *Factor of Safety*, berdasarkan  $W_{spud}$  dan efisiensi material penulis memilih desain *Spud hollow* sebagai *Spud* yang akan digunakan untuk kapal *Amphibious Multipurpose Dredger*.

**Kata kunci:** *spud*, kekuatan struktur, *dredger*.

## Abstract

*The Amphibious Multipurpose Dredger is an amphibious dredging vessel that can operate in two realms, both on land and water, using Spud as a mobility tool. So, in working on this final project, the focus is more on the load received by the spud and also the spud design concept that is suitable for use for the Amphibious Multipurpose Dredger Ship spud, which uses two validations, namely manual calculations and also Finite Element Method Software calculations. The first problem formulation is determining the load experienced Spud, the first load is obtained from the ship's internal load of 106 548.2346 N, and the environmental load obtained from current pressure is 39.9349 N, wind pressure is 130.5474 N. Also, the second problem formulation is a comparison of variations in two design concepts is different, the simulation results that have been carried out for the design concept of the ASME B36.10 Carbon Steel Sch 40 hollow spud material experienced an equivalent stress of 19.349 N/mm<sup>2</sup> and experienced a deflection of 1.6370 mm and for the design concept of the spud with ASME pipe B36.10 Carbon Steel Sch 40 but becomes solid or solid because it is filled with Portland type cement (Concrete) experiencing an equivalent stress of 5.5567 N/mm<sup>2</sup> and experiencing a deflection of 1.5950 mm in the spud construction. The third problem formulation, we can determine from the results of these values that the two spud design concepts meet and comply with Factor of Safety standards, based on  $W_{spud}$  and material efficiency the author chose the hollow Spud design as the Spud that will be used for the Amphibious Multipurpose Dredger ship.*

**Keywords:** *spud*, structural strength, *dredger*.

---

<sup>1\*</sup> Penulis korespondensi

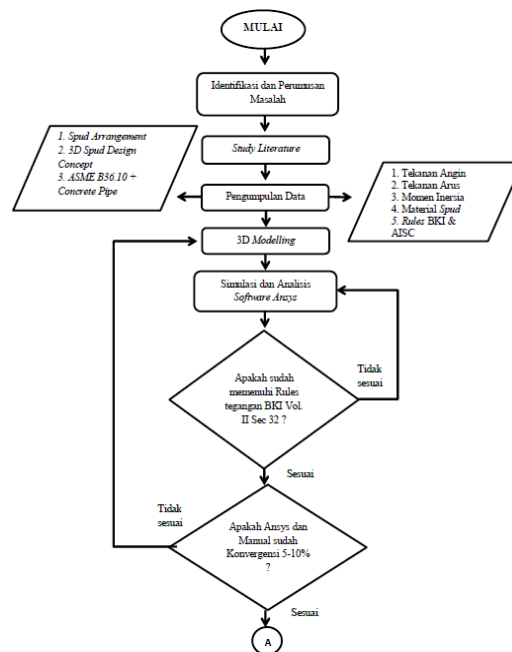
## 1. Pendahuluan

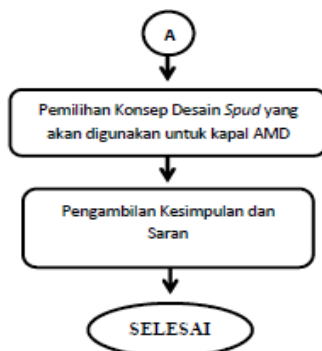
Pada awal tahun 2006, tepatnya pada tanggal 30 Mei 2006, terjadi bencana yang menghantam kota Sidoarjo, yakni luapan lumpur panas yang kini dikenal sebagai bencana Lumpur Lapindo. Menurut (Aufa, 2018), pemerintah segera mengambil tindakan dengan menetapkan Sungai Porong sebagai lokasi pembuangan akhir endapan sedimentasi dan lumpur yang meluap. Hal ini mengakibatkan pendangkalan yang parah pada Sungai Porong. Walaupun pemerintah telah berusaha menangani pendangkalan ini dengan alat keruk yang parah pada Sungai Porong. Walaupun pemerintah telah berusaha menangani pendangkalan ini dengan alat keruk yang parah pada Sungai Porong. Walaupun pemerintah telah berusaha menangani pendangkalan ini dengan alat keruk yang parah pada Sungai Porong. Walaupun pemerintah telah berusaha menangani pendangkalan ini dengan alat keruk yang parah pada Sungai Porong.

Kelebihan lain dari penggunaan *Spud* pada kapal *Amphibious Multipurpose Dredger* adalah kemampuannya untuk menjaga keseimbangan kapal saat berlabuh di dalam air serta mendukung pergerakan sesuai dengan rotasi *Swing* selama pengerukan. Selain itu, *Spud* memiliki keunggulan dibandingkan jangkar pada kapal keruk biasa. *Spud* mampu menahan sebagian besar gerakan kapal akibat proses pengerukan yang mempengaruhi beban yang dikeruk. Dalam tugas akhir ini, penulis menganalisis perhitungan kekuatan *Spud* guna meminimalkan risiko kegagalan dan masalah yang mungkin timbul akibat kondisi di atas. Analisis kekuatan *Spud* pada kapal *Amphibious Multipurpose Dredger* dilakukan menggunakan *Software Ansys*. Hal ini memungkinkan penelitian mendalam terhadap kapal ini dengan memahami nilai kekuatan dan ketegangan yang dapat dicapai oleh *Spud*-nya. Tujuan akhirnya adalah untuk memastikan bahwa *Spud* mampu menahan berat kapal dan aktivitas pengerukan di wilayah Sungai Porong, Sidoarjo.

## 2. Metodologi Penelitian

Perencanaan *spud* dilakukan dengan metode *kuantitatif* yang mana hasil analisa tersebut berupa angka atau *numerik*. Untuk menyelesaikan penelitian ini maka dibuatlah diagram *flowcart* atau tahapan dalam perancangan *spud* pada kapal *Amphibious Multipurpose Dredger* ini sebagai berikut :





**Gambar 1.** Alur Diagram Penelitian

Pada tahap ini berisi permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir, yaitu menganalisis kekuatan *Spud* kapal *Ambphibious Multipurpose Dredger* mulai dari pembebanan yang diterima, konsep desain yang akan digunakan serta standart *safety factor* apakah sudah memenuhi dan akan layak digunakan untuk kapal *Ambphibious Multipurpose Dredger*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Principal Dimension Pipe Spud

Data ukuran material *spud* pada perencanaan pemodelan *Spud* ini, dimensi *Nominal Size* 10 inches dengan *Outside Diameter* (OD) 273,0 memiliki *Wall Thickness* 9,27 mm, *Weight* 60,31 kg per-meter.

**Tabel 1.** Data Ukuran Spud Kapal AMD

Data Ukuran SPUD	
<i>Nominal Size (inches)</i>	10 inches
<i>Outside Diameter</i>	273,0 mm
<i>Inside Diameter</i>	254,46 mm
<i>Wall Thickness</i>	9,27 mm
<i>Weight per-meter</i>	60,29 kg
<i>Height Spud</i>	10534 mm

Sumber : [www.cnzahid.com](http://www.cnzahid.com)

#### b. Data Lingkungan Sungai Porong

Data kondisi lingkungan yang mempengaruhi topik dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.** Data Kondisi Lingkungan Sungai Porong

Data Kondisi Lingkungan Sungai Porong	
Kecepatan debit sungai porong	609 m <sup>3</sup> /s ( Tertinggi )
Kecepatan angin	14 m/s
Kedalaman sungai porong	±7 m
Lebar sungai porong	150 – 200 m

Sumber : (Aufa, 2018)

#### c. Data Material Pipe Spud + Concrete Portland

Pada pemodelan *Spud* ini, menggunakan jenis *Pipa* ASME B36.10 *Carbon Steel Schedule 40*, dengan Spesifikasi material sebagai berikut :

**Tabel 3.** Data Spesifikasi Material Spud

<b>ASME B36.10 Carbon Steel Schedule 40 Pipes</b>	
<i>Density</i>	0,00000785 kg/mm <sup>3</sup>
<i>Young's Modulus</i>	210 000 Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
<i>Tensile Yield Strength</i>	240 N/mm <sup>2</sup>
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	415 N/mm <sup>2</sup>

Sumber : (Rosyadi, 2021)

Pada pemodelan *design* konsep kedua *Spud* ini, akan dibandingkan menggunakan tambahan material *Concrete* yang dimasukkan kedalam *Pipa* ASME B36.10 *Carbon Steel Schedule 40*.

**Tabel 4.** Data Spesifikasi Material Concrete

<b>Material Tambahan Portland Concrete</b>	
<i>Density</i>	0,0000024 kg/mm <sup>3</sup>
<i>Young's Modulus</i>	41 000 Mpa (N/mm <sup>3</sup> )
<i>Tensile Yield Strength</i>	5 N/mm <sup>2</sup>
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	41 N/mm <sup>2</sup>

Sumber : (Rosyadi, 2021)

#### d. Perencanaan Struktur Spud

Perancangan struktur *spud* dilakukan agar mengetahui berat struktur pada *Spud* yang digunakan untuk mengetahui beban maksimum. Menggunakan persamaan sebagai berikut:

**Tabel 5.** Berat variasi masing-masing *Spud*

	<b>Berat dari Variasi Struktur Spud</b>	
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>
$W_{spud}$	709 kg	2 188,506 kg
$P_{spud}$	6 955,29 N	21 469,243 N

Selanjutnya dilakukan perhitungan momen bending maksimum pada *spud* Pada profil *Spud* dilakukann perhitungan beban secara Cantilevers. Rumus  $M_{max}$  momen bending maksimum dapat menggunakan persamaan :

$$M_{max} = P \cdot \ell \quad (1)$$

**Tabel 6.** Momen bending variasi masing-masing *Spud*

	<b>Momen Bending Variasi Struktur Spud</b>	
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>
$M_{max}$	73 267 024,86 N.mm	226 157 014,821 N.mm

Untuk menghitung modulus penampang yang dibutuhkan pada profil dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$W_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{ijin}} \quad (2)$$

**Tabel 7.** Modulus Penampang variasi masing-masing Spud

	<b>Modulus Penampang Variasi Struktur Spud</b>	
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>
$W_{req}$	457,92 cm <sup>3</sup>	1 384,92 cm <sup>3</sup>

Berdasarkan perhitungan modulus penampang yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan modulus penampang aktual pada profil silinder berongga (pipa) dengan *steel* material ASME B36.10 sesuai spesifikasi di bawah ini *Spud* berbentuk *pipe hollow cylindrical*, Menentukan momen inersia *spud* dengan luas penampang silinder berongga (pipa) dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I = \frac{\pi (d_2^4 - d_1^4)}{64} \quad (\text{Hollow Cylindrical}) \quad (3)$$

$$I = \frac{\pi (d^4)}{64} \quad (\text{Solid Cylindrical}) \quad (4)$$

**Tabel 8.** Momen Inertia variasi masing-masing Spud

	<b>Momen Inertia Variasi Struktur Spud</b>	
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>
$I$	66 824 272,021 mm <sup>4</sup>	272 521 180,949 mm <sup>4</sup>

Selanjutnya menghitung nilai modulus penampang aktualnya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W = \frac{I}{y} \quad (5)$$

**Tabel 9.** Modulus Penampang Actual variasi masing-masing Spud

	<b>Modulus Penampang Actual Variasi Struktur Spud</b>		<b>Ket</b>
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>	
$W_{req}$	457,92 cm <sup>3</sup>	1 384,92 cm <sup>3</sup>	Pass
$W_{act}$	489,555 cm <sup>3</sup>	1 996,492 cm <sup>3</sup>	Pass

Dengan profil silinder berongga (pipa) diatas bisa dipastikan untuk nilai modulus penampang aktual  $489,555 \text{ cm}^3$  telah memenuhi syarat nilai modulus penampang yang dibutuhkan  $457,92 \text{ cm}^3$  untuk jenis *spud hollow*. Untuk *Spud Solid* Nilai modulus penampang aktual  $1\,996,492 \text{ cm}^3$  telah memenuhi syarat nilai modulus penampang yang dibutuhkan  $1\,384,92 \text{ cm}^3$ .

### e. Perhitungan Pembebanan yang diterima Spud

#### 1. Pembebanan dari Kapal AMD

Berikut perhitungan untuk mengetahui kebutuhan beban yang diterima dari *Spud* pada kapal serta mengetahui beban dari kontruksi *Spud* itu sendiri dengan menentukan nilai P terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut :

$$W_{ultimate \text{ beban statis}} = (Displ + W_{hidrolic}) \times 1,5 \quad (6)$$

$$P_{ultimate \text{ beban luar}} = W_{ultimate \text{ beban statis}} \times gravitasi \quad (7)$$

*\*Berhubung terdapat 4 spud sebagai tumpuannya maka dibagi 4*

#### 2. Beban Lingkungan ( External )

Beban lingkungan yang diterima oleh *spud* selepas dari berat kapal sendiri yaitu Tekanan arus dan Tekanan angin dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{angin} = 0,5 C_s C_h PV^2 \quad (8)$$

Dimana,

$$C_s = 0,5 \text{ (Cylindrical)}$$

$$C_h = 3 \text{ m (Ketinggian diatas permukaan laut daerah porong)}$$

$$\rho = 1,222 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 14,3 \text{ m/s}$$

$$P_{angin} = 130,5474 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, sehingga gaya tekanan Angin di sungai porong yaitu **130,5474** Newton. Maka dari itu pembebanan yang digunakan pada *spud* adalah **130,5474** Newton.

Tekanan Arus Porong :

$$P_{arus} = 0,5 \rho \sum(A C_d V_c^2)/g \quad (9)$$

Dimana,

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$A = \pi R_o^2 - \pi R_i^2 = 0,0076766 \text{ m}^2$$

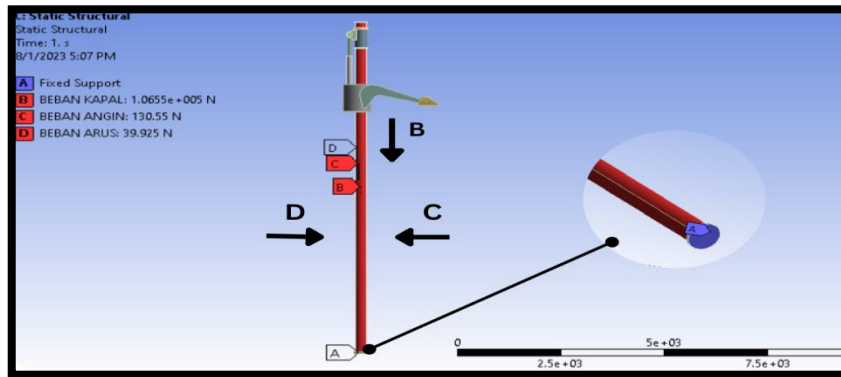
$$C_d = 0,5$$

$$V_c^2 = 14,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Jadi, Nilai dari } P_{arus} = 39,9349 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, sehingga gaya tekanan Arus sungai porong yaitu **39,9349** Newton. Maka dari itu pembebanan yang digunakan pada *spud* adalah **39,9349** Newton.

Berikut merupakan pemberian titik tumpu atau *Fix Support* pembebanan yang terjadi pada struktur *Spud* Kapal *Amphibious Multipurpose Dredger* yang dimana merupakan pemberian arah atau beban *Force* yang akan dianalisis menggunakan *Software Ansys*.



Gambar 2. Arah Pembebanan atau Force yg diterima Spud

**f. Perhitungan Defleksi dari Masing-masing Variasi Spud**

Nilai defleksi total didapatkan dengan menggunakan rumus cantilever dimana seperti persamaan berikut :

$$\delta_{actual} = \frac{P \times b^4}{6 \times E \times I} (3l - b) \quad (10)$$

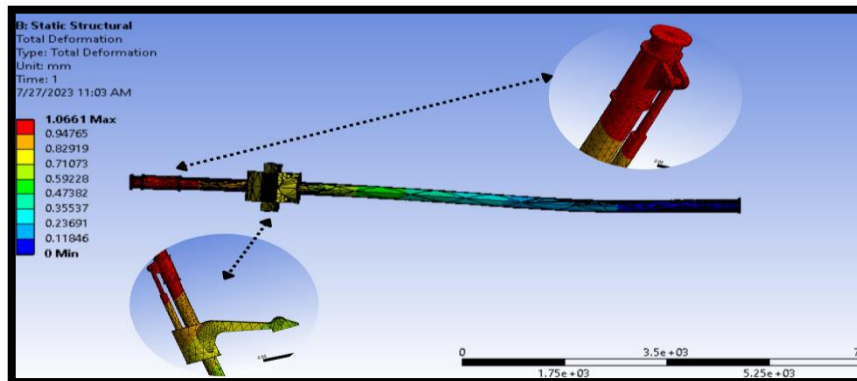
Dimana,

- P = Gaya atau Beban ( N )
- E = Modulus Elastisitas  $N/mm^2$
- I = Momen Inersia  $kg. mm^2$
- l & b = Panjang mm

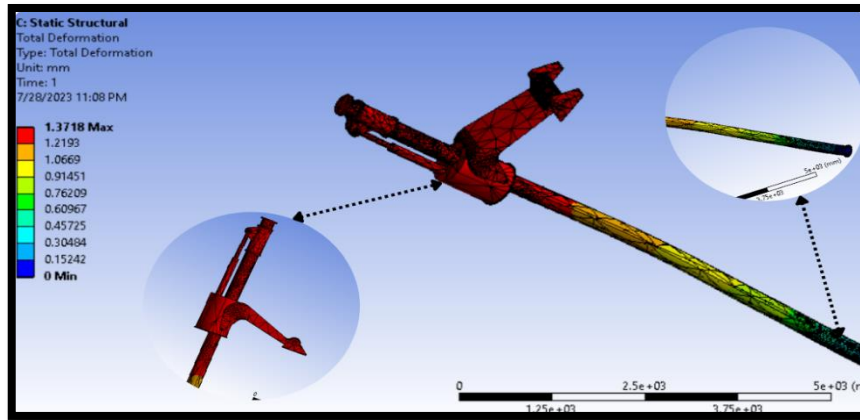
Nilai defleksi yang terjadi pada *spud* dapat dikatakan aman apabila memenuhi syarat yaitu nilai lebih kecil dibandingkan dengan nilai defleksi izin. Nilai defleksi izin menurut *AISC Design Guide 7* sendiri dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan.

$$\begin{aligned} \delta_{ijin} &= \frac{L_{spud}}{600} \\ \delta_{ijin} &= \frac{10534 \text{ mm}}{600} \\ \delta_{ijin} &= 17,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Deformasi ( $\delta$ ) yang diijinkan 17,5 mm . Selanjutnya berikut perolehan dari *Simulation Result* menggunakan *Software Ansys* yang akan di validasi menggunakan *Calculation Result* ( Perhitungan manual ).



Gambar 3. Total Deformasi Spud Hollow



Gambar 4. Total Deformasi Spud Solid Concrete

Tabel 10. Perhitungan Defleksi perbandingan dari variasi masing-masing Spud

	Perhitungan Defleksi dari Masing-masing Variasi Struktur Spud		$\delta_{izin}$	Ket
	Calculation Result	Simulation Result		
Hollow Spud	1,637 mm	1,066 mm	17,5 mm	Pass
Solid Spud	1,5950 mm	1,3718 mm	17,5 mm	Pass

Deformasi ( $\delta$ ) yang diijinkan 17,5 mm dan pada spud *hollow* setelah dihitung deformasi sebesar 1,637 mm dan pada *spud Solid Concrete* sebesar 1,5950 mm (deformasi masih batas aman) Hasil perhitungan deformasi aktual diatas dapat disimpulkan bahwa nilai deformasi aktual lebih kecil daripada deformasi yang diijinkan.

#### g. Perhitungan Tegangan dari Masing-masing Variasi Spud

##### 1. Tegangan Normal ( $\sigma$ )

Nilai tegangan normal pada *Spud* dapat diperoleh dengan menggunakan gaya atau beban yang diterima dibagi dengan luas permukaan. nilai tegangan normal dapat ditemukan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (11)$$

Tabel 11. Perhitungan Tegangan Normal dari variasi masing-masing Spud

	Tegangan Normal Variasi Struktur Spud	
	Hollow Spud	Solid Concrete Spud
$\sigma$	13,9018 N/mm <sup>2</sup>	1,5950 N/mm <sup>2</sup>

##### 2. Tegangan Geser ( $\tau$ )

Selanjutnya menghitung Nilai tegangan geser pada *Spud* dapat diperoleh dengan menggunakan Dikarenakan pada spud terdapat tegangan geser yang terjadi maka dihitung tegangan geser yang terjadi menggunakan rumus sebagai berikut :



$$\tau = \frac{W \times V}{I \times b} \quad (12)$$

**Tabel 12.** Perhitungan Tegangan Geser dari variasi masing-masing *Spud*

	Tegangan Geser Variasi Struktur <i>Spud</i>	
	<i>Hollow Spud</i>	<i>Solid Concrete Spud</i>
$\tau$	7,7708 N/mm <sup>2</sup>	2,864 N/mm <sup>2</sup>

### 3. Tegangan *Equivalent Von mises* ( $\sigma_{vm}$ )

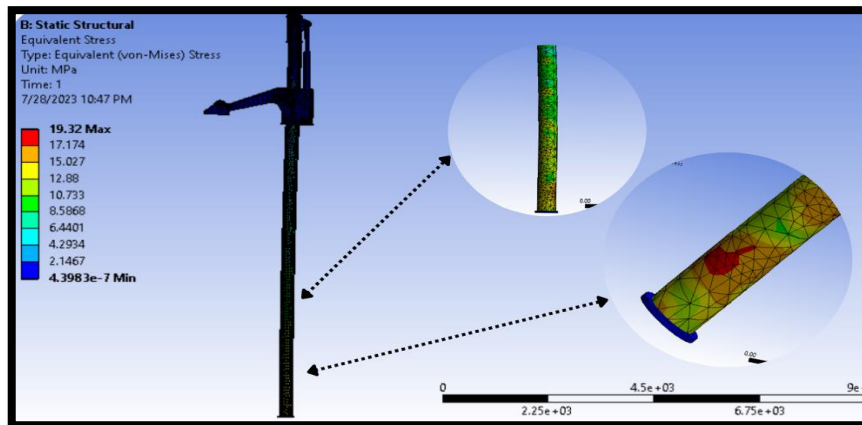
Setelah itu menghitung akumulasi tegangan menggunakan rumus *von mises* untuk mengetahui tegangan maksimal yang terjadi pada *Spud* pada Persamaan berikut :

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2} \quad (13)$$

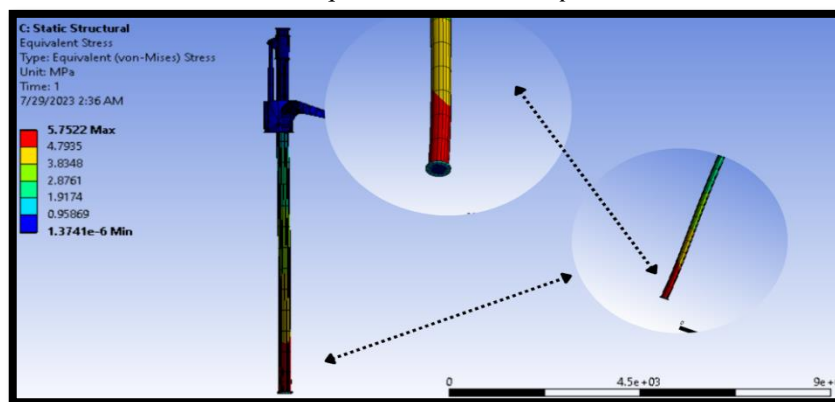
Setelah nilai tegangan maksimal telah diketahui selanjutnya dibandingkan dengan nilai tegangan yang diizinkan, untuk mengetahui kelayakan pada perencanaan menggunakan rumus Persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{ReH} &= \frac{235 \text{ N/mm}^2}{150} \\ \sigma_{ijin} &= \frac{150}{k} \\ \sigma_{ijin} &= 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya berikut perolehan dari *Simulation Result* menggunakan *Software Ansys* yang akan di validasi menggunakan *Calculation Result* (Perhitungan manual).



**Gambar 5.** *Equivalent Von Mises Spud Hollow*



**Gambar 6.** *Equivalent Von Mises Spud Solid Concrete*

**Tabel 13.** Validasi Tegangan *Von Mises* dari variasi masing-masing *Spud*

	<b>Equivalent Stress dari Masing-masing Variasi Struktur Spud</b>		$\sigma_{m_{izin}}$	<b>Ket</b>
	<i>Calculation Result</i>	<i>Simulation Result</i>		
<i>Hollow Spud</i>	19,3498 N/mm <sup>2</sup>	19,32 N/mm <sup>2</sup>	170 N/mm <sup>2</sup>	Pass
<i>Solid Spud</i>	5,5567 N/mm <sup>2</sup>	5,7522 N/mm <sup>2</sup>	170 N/mm <sup>2</sup>	Pass

Tegangan maksimal (*Equivalent Stress*) yang diijinkan 170 N/mm<sup>2</sup> dan pada spud *hollow* setelah dihitung deformasi sebesar 19,32 N/mm<sup>2</sup> dan pada *spud Solid Concrete* sebesar 5,7522 N/mm<sup>2</sup> (*Von Mises* masih batas aman) Hasil perhitungan tegangan *Von Mises* aktual diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan *von mises* aktual lebih kecil daripada tegangan *Von mises* yang diijinkan.

#### **h. Perhitungan *Factor Of Safety* Masing-masing Variasi Spud**

Nilai *safety factor* pada *spud* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Sf = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{act}} \quad (14)$$

Dimana,

$$\sigma_y \text{ (Tegangan Yield)} = 240 \text{ N/mm}^2 \text{ (Hollow)}$$

$$\sigma_y \text{ (Tegangan Yield)} = 245 \text{ N/mm}^2 \text{ (Solid)}$$

$$\sigma_{act} \text{ (Tegangan yang sebenarnya)} = 19,3498 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{act} \text{ (Tegangan yang sebenarnya)} = 5,5567 \text{ N/mm}^2$$

$$Sf = 12,4032 \quad [\text{PASS}]$$

$$Sf = 44 \quad [\text{PASS}]$$

Dengan demikian nilai *safety factor* yang terjadi pada struktur spud tersebut adalah sebesar 44 maka struktur bisa dinyatakan aman terhadap penerimaan beban.

#### **4. Kesimpulan**

Dari analisa yang sudah dilakukan didapatkan nilai tekanan angin sebesar 130,547 Newton, tekanan arus sungai porong sebesar 39,294 Newton, dan tekanan yang diterima dari kapal sendiri sebesar 106 548,233 Newton. Dari hasil simulasi yang sudah dilakukan untuk konsep desain Spud *hollow* material ASME B36.10 *Carbon Steel Sch 40* mengalami tegangan *equivalent stress* sebesar 19,349 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami defleksi sebesar 1,6370 mm dan pada konsep desain *spud* dengan *pipe* ASME B36.10 *Carbon Steel Sch 40* tetapi menjadi *solid* atau pejal karena diisi semen (*Concrete*) jenis *Portland* mengalami tegangan *equivalent stress* sebesar 5,5567 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami defleksi sebesar 1,5950 mm pada konstruksi *spud*-nya. Berdasarkan dari hasil analisa dan perhitungan didapat nilai faktor keamanan sebesar 12,4032 dan untuk faktor keamanan konsep desain *spud hollow* material ASME B36.10 *Carbon Steel SCH 40*, dan untuk konsep desain yang diisi dengan material semen (*concrete*) jenis *Portland* nilai faktor keamanannya sebesar 44. Maka, Penulis memilih Desain *Spud Hollow* (Berongga).

#### **5. Ucapan Terima Kasih**

Syukur alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya penyusunan artikel penelitian ini. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, namun berkat kehendak-Nya, sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan artikel ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada Direksi PPNS, P3M PPNS, Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal, dan Koordinator Program Studi D4 Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal,

## 6. Daftar Notasi

$W_{spud}$	Massa Spud ( kg )
$P_{spud}$	Tekanan Beban Spud ( Newton )
$M_{max}$	Momen Bending ( N.mm )
$W_{req}$	Modulus Penampang ( $cm^3$ )
$\sigma_{ijin}$	Tegangan Ijin ( Newton )
$I$	Inersia ( $kg. mm^2$ )
$W_{hydrolic}$	Massa Hydrolic ( kg )
$\Delta$	Displacement ( Ton )
$W_{ultimate\ beban\ statis}$	Berat total beban statis ( kg )
$P_{ultimate\ beban\ luar}$	Tekanan total beban dari luar ( Newton )
$P_{angin}$	Tekanan angin ( Newton )
$P_{arus}$	Tekanan arus ( Newton )
$C_s$	Cylindrical
$C_h$	Ketinggian diatas permukaan laut ( m )
$\rho$	Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$V_c$	Kecepatan ( $m/s$ )
$P$	Tekanan Hydrostatic ( Newton )
$g$	Gravitasi ( $m/s^2$ )
$A$	Luas Permukaan ( $m^2$ )
$C_d$	0,5
$P/F$	Beban atau Gaya ( Newton )
$E$	Young Modulus ( $N/mm^2$ )
$l$	Panjang ( mm )
$\delta_{act}$	Defleksi actual ( mm )
$\delta_{ijm}$	Defleksi izin ( mm )
$\sigma$	Tegangan Normal ( $N/mm^2$ )
$\sigma_t$	Tegangan Tarik ( $N/mm^2$ )
$\sigma_f$	Tegangan Geser ( $N/mm^2$ )
$\sigma_{vm}$	Tegangan Von mises ( $N/mm^2$ )
$\sigma_{ijin}$	Tegangan izin ( $N/mm^2$ )
$Sf$	Safety factor
$k$	Faktor material
$\sigma_{yield}$	Tegangan Yield ( $N/mm^2$ )
$\tau$	Tegangan Geser ( $N/mm^2$ )

## 7. Daftar Pustaka

- Alhakim, f. (2021). *ANALISA PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR PONDASI WINDLASS PADA KAPAL HARBOUR TUG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA*. SURABAYA: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- American Wood Council. (2007). *Beam Design Formulas With Shear and Moment*. Washington: American Forest & Paper Association.
- Aufa, D. M. (2018). *Desain Amphibious Dredger Untuk Pengerukan Sungai Porong Sidoarjo Di Daerah Buangan Lumpur Lapindo*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan.
- Febriyan , A. (2022). *Analisa Kekuatan Spud Bracket Sebagai Sistem Mooring Kapal Barge Mounted Power Plant 60 MW*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1972). *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.
- Gupta, K. &. (2005). *A Textbook of Machine Design. Eurasia*. LTD: Publishing House (PVT). Indonesia, Biro Klasifikasi. (2021). *Volume II Rules for Hull. 1 ed*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Kusumo, D. (2019). *Luas Penampang, Momen Inersia dan , Momen tahanan* . Slideplayer.

- Maratua, N. H. (2020). *PERANCANGAN SPUD PADA DREDGER BARGE 25 METER*. BATAM: Jurnal Teknologi dan Riset Terapan 2(2):70–79.
- Prasetyo, A. C. (2022.). *Analisis Safety Factor pada Frame Mobile SPBKLU Berbasis PLTS sebagai Sumber SPBKLU*. JAWA TIMUR: Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin.
- Rosyadi, F. A. (2021). *ANALISA KEKUATAN DECK KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS 60 MW*. SURABAYA: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.