

## ANALISIS KEKUATAN SPLINE BUSH PADA MEKANISME LIFTER COUPLING MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS

**Tean Riztando<sup>1\*</sup>, Fransiska Ayu N.<sup>2</sup>, Puthut Srihardana<sup>3</sup>, V. A. Aditya Saputra<sup>4</sup>, Cornelius Hendriarto<sup>5</sup>, Fransiska Karlentina H.<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: tean.20203030@student.atmi.ac.id

### Abstrak

Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis menggunakan metode Rotary Bend Draw untuk membuat tekukan pada pipa dengan menggunakan alat bantu dies. Dalam Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis terdapat spline bush pada lifter coupling unit yang terbuat dari material St.60. Spline Bush merupakan komponen penting pada mesin dengan fungsinya sebagai penghubung transmisi manual dengan semi-otomatis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis menggunakan fitur SOLIDWORKS Simulation pada software SOLIDWORKS dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya stress ketika diberikan pembebanan statis. Spline bush dari Lifter Coupling Unit pada Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis dianalisis bebannya untuk mengetahui apakah material St.60 dan rancangan spline bush cukup kuat terhadap gaya puntir dari poros mode manual dan otomatis untuk input pipa maksimum yang telah ditentukan. Fokus utama pada penelitian ini adalah melakukan analisis material St. 60 dan rancangan spline bush pada Lifter Coupling Unit. Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas spline bush aman digunakan. Setelah dilakukan analisis menggunakan fitur SOLIDWORKS Simulation dapat disimpulkan bahwa design dan pemilihan material komponen "Spline Bush" dinyatakan aman dan dapat digunakan dengan hasil analisis sebagai berikut : Stress maksimal = 15,767 MPa, Stress minimal = 0,031 MPa, displacement sebesar 0 mm. Torsi 1 adalah torsi driven gear = 164,947 Nm, Torsi 2 adalah torsi motor = 13,782 Nm. Dari hasil simulasi tersebut nilai stress yang diterima spline bush masih di bawah yield strength atau batas patah material St.60.

**Kata kunci:** Analisis Spline Bush, Tegangan Von Mises, Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis

### 1. PENDAHULUAN

Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis menggunakan metode Rotary Bend Draw untuk membuat tekukan pada pipa dengan menggunakan alat bantu dies. Mesin ini terdiri dari empat unit utama, yaitu Main Rotary Unit, Gripper Unit, Fix Holder Unit, dan Automatic Unit, serta dua unit pendukung, yaitu Insert Guide Unit dan Lifter Coupling Unit.

Dalam Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis terdapat spline bush pada lifter coupling unit yang terbuat dari material St.60. Spline Bush merupakan komponen penting pada mesin dengan fungsinya sebagai penghubung transmisi manual dengan semi-otomatis. Kekuatan spline bush pada lifter coupling unit mempengaruhi batas beban yang dapat diterima saat proses bending pipa berlangsung. Oleh karena itu, spline bush pada lifter coupling unit perlu dikaji lebih lanjut mengingat pentingnya fungsi bagi sebuah mesin Bending Pipa Semi-Otomatis.

Dari permasalahan di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan muncul dalam perancangan spline bush pada Mesin Bending Pipa Semi-Otomatis, antara lain : Jenis material yang digunakan untuk membuat spline bush, alat dan mesin yang digunakan, dan bagaimana posisi pembebanan yang diterima spline bush saat dioperasikan. Pengujian secara fungsional dan kinerja spline bush mesin pada proses terakhir harus membuktikan bahwa spline bush aman digunakan dalam batasan spesifikasi input yang telah ditentukan.

### 1.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa kekuatan *spline bush* terhadap gaya puntir.
2. Membuktikan hasil analisis rancangan *spline bush* tidak melebihi *yield strength*.
3. Membuktikan bahwa desain *spline bush* aman untuk digunakan untuk spesifikasi *input* yang telah ditentukan.

## 2. METODOLOGI

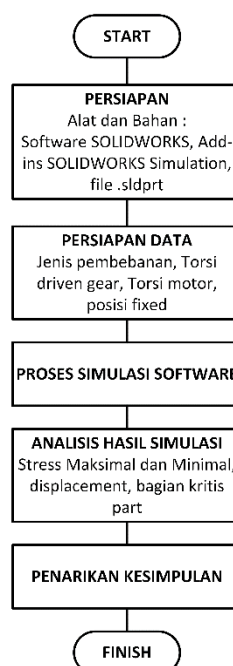
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis menggunakan fitur *SOLIDWORKS Simulation* pada *software SOLIDWORKS* dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya *stress* ketika diberikan pembebanan *statis*. Lalu dari hasil identifikasi atau simulasi *software* tersebut dilakukan proses pengambilan kesimpulan dengan melihat apakah material VCL aman diaplikasikan untuk *Spline Bush* pada *Lifter Coupling Unit*.

### 2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

#### 2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

1. *Laptop/PC*

Proses perancangan yang dilakukan menggunakan *laptop* dengan jenis *processor* AMD Ryzen 3-3250U @3.50 GHz (2 CPUs) dan memori RAM size 12 GB. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file seperti yang tertera pada **gambar 1.**

- 1.
2. *Software*

Proses analisis menggunakan *software SOLIDWORKS* versi 2020 yang sudah terinstall *Add-ins SOLIDWORK Simulation*.

### 2.2.2. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan wawancara dan/atau konsultasi dengan *customer* dan pembimbing tugas akhir serta diskusi dengan anggota kelompok tugas akhir, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan *input* pada *software*. Selain melalui wawancara dan/atau konsultasi serta diskusi, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung lainnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Spline bush* dari *Lifter Coupling Unit* pada Mesin *Bending* Pipa Semi-Otomatis dianalisis bebannya untuk mengetahui apakah material St.60 dan rancangan *spline bush* cukup kuat terhadap gaya puntir dari poros mode manual dan otomatis untuk *input* pipa maksimum yang telah ditentukan. Fokus utama pada penelitian ini adalah melakukan analisis material St. 60 dan rancangan *spline bush* pada *Lifter Coupling Unit*.

Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas *spline bush* aman digunakan.

### 3.1. Spesifikasi Part Solidworks

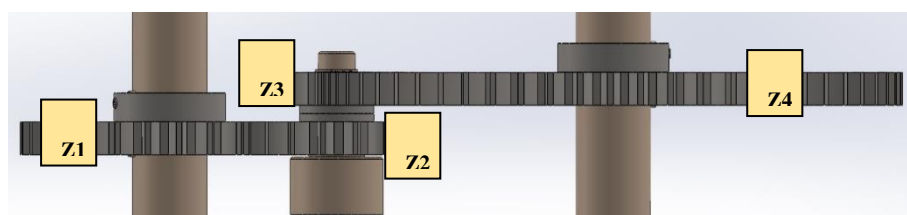
**Tabel 1. Properties dari Spline Bush**

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Nama Part    | : Spline Bush    |
| Material     | : St.60 (C45)    |
| Dimensi      | : Ø44 mm x 40 mm |
| Panjang gigi | : 44 mm          |
| Jumlah gigi  | : 8              |
| Tebal gigi   | : 5 mm           |
| Berat        | : 0,25 kg        |

Dari **tabel 1** diketahui data dimensi *part* dan material yang akan di analisis menggunakan *software SOLIDWORKS*.

### 3.2. Perhitungan Momen Bending pada Roda Gigi

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan gaya dengan putaran yang tepat. Roda gigi pada unit manual menggunakan roda gigi tipe lurus dengan data sebagai berikut.



**Gambar 2. Skema Konstruksi Gear**

Diketahui :

|  |      |
|--|------|
| Module (m)                               | = 5  |
| Jumlah gigi <i>driver gear</i> (z1)      | = 30 |
| Jumlah gigi <i>idler gear</i> bawah (z2) | = 18 |
| Jumlah gigi <i>idler gear</i> atas (z3)  | = 15 |
| Jumlah gigi <i>driven gear</i> (z4)      | = 60 |

$$\text{Tebal gigi} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Efisiensi Roda Gigi } (\mu) = 0,88$$

### Perhitungan Rasio Roda Gigi

$$\begin{aligned} \text{Rasio (i)} &= \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3} \\ &= 18 / 30 \times 60 / 15 \\ &= 2,4 \end{aligned}$$

### Perhitungan Diameter Roda Gigi (D)

$$\begin{aligned} D_1 &= z_1 \cdot m \\ &= 30 \times 5 \\ &= 150 \end{aligned}$$

$$R_1 = 75$$

$$\begin{aligned} D_2 &= z_2 \cdot m \\ &= 18 \times 5 \\ &= 90 \end{aligned}$$

$$R_2 = 45$$

$$\begin{aligned} D_3 &= z_3 \cdot m \\ &= 15 \times 5 \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$R_3 = 37,5$$

$$\begin{aligned} D_4 &= z_4 \cdot m \\ &= 60 \times 5 \\ &= 300 \end{aligned}$$

$$R_4 = 150$$

### Perhitungan Gaya Tangensial pada Driven Gear

$$\begin{aligned} F_t (\text{Driven Gear}) &= M / R_4 \\ &= 2255,338 / 150 \\ &= 14434,168 \text{ N} \end{aligned}$$

### Perhitungan Gaya dengan Efisiensi

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi gaya} &= F_t / \mu \\ &= 14434,168 / 0,88 \\ &= 16402,464 \text{ N} \end{aligned}$$

### Perhitungan Momen Bending pada Idler Gear

$$\begin{aligned} M (\text{Idler Gear}) &= F_t (\text{Driven Gear}) \times R_3 \\ &= 16402,464 \times 37,5 \end{aligned}$$

$$= 615092,404 \text{ Nmm}$$

### Perhitungan Gaya Tangensial pada Idler Gear

$$\begin{aligned} F_t (\text{Idler Gear}) &= M(\text{Idler Gear}) / R_2 \\ &= 615092,404 / 45 \\ &= 13668,720 \text{ N} \end{aligned}$$

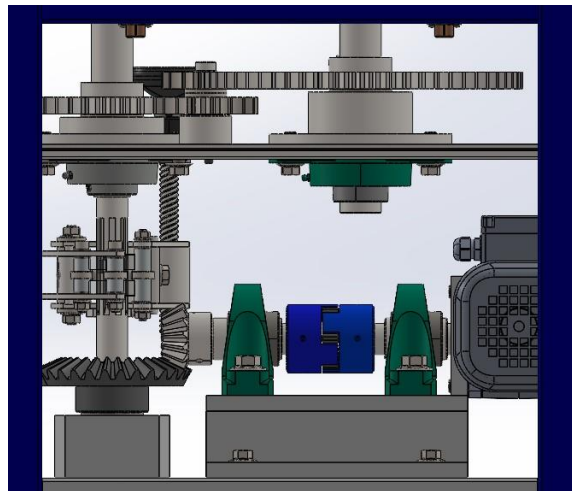
$$\begin{aligned} \text{Efisiensi gaya} &= F_t / \mu \\ &= 13668,720 / 0,88 \\ &= 15532,636 \text{ N} \end{aligned}$$

### Momen Bending pada Driver Gear

$$\begin{aligned} M_{(\text{Driver Gear})} &= F_t (\text{Idler Gear}) \times R_1 \\ &= 15532,636 \times 75 \\ &= 164947,735 \text{ Nmm} \\ &= \mathbf{164,947 \text{ Nm}} \end{aligned}$$

### 3.3. Perhitungan Torsi Motor

Motor digunakan untuk menggantikan tenaga mesin manual menjadi otomatis. Putaran motor akan memutar komponen *gear* untuk proses *bending* pipa.



**Gambar 3. Motor pada Sistem Otomatis**

Diketahui :

$$m = 5$$

$$z = 40$$

$$\text{Efisiensi gear } (\mu) = 0,88$$

### Perhitungan Gaya pada Bevel Gear

$$\begin{aligned} D_{\text{Bevel Gear}} &= z \times m \\ &= 40 \times 5 \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= 100 \text{ mm} \\
 F_t &= M / R \\
 &= 164,947 / 0,1 \\
 &= 1649,47 \text{ N} \\
 F_t \text{ efisiensi} &= F_t / \mu \\
 &= 1649,47 / 0,88 \\
 &= 1874,397 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Mencari Momen pada Pinion Gear

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 m &= 5 \\
 z &= 20
 \end{aligned}$$

### Perhitungan pada Pinion Gear

$$\begin{aligned}
 D_{\text{Pinion Gear}} &= z \times m \\
 &= 20 \times 5 \\
 &= 100 \text{ mm} \\
 R &= 50 \text{ mm} \\
 M &= F_t \times R \\
 &= 1874,397 \times 50 \\
 &= 93719,886 \text{ Nmm} \\
 &= 93,719 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui besarnya gaya tangensial pada pinion gear maka dapat dicari gaya aksial dan radialnya.

### Perhitungan Gaya Aksial pada Pinion Gear

$$\begin{aligned}
 \tan \delta_1 &= \sin \Sigma / \cos \Sigma + u \\
 &= \sin 90 / \cos 90 + 2 \\
 &= 0,5 \\
 \delta_1 &= 0,08 \\
 \delta_2 &= \Sigma - \delta_1 \\
 &= 90 - 0,08 \\
 &= 89,92 \\
 \text{Gaya aksial (Fa2)} &= F_t \cdot \tan \alpha \cdot \sin \delta_2 \\
 &= 1874,397 \times \tan 20 \times \sin 89,92 \\
 &= 682,224 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Load Torsi

$$TL = Fa_2 \times (D_{\text{Pinion Gear}} / 2)$$

$$= 682,224 \times (100/2)$$

$$= 34111,202 \text{ Nmm}$$

$$= 34,111 \text{ Nm}$$

### Perhitungan TL dengan Angka Keamanan

$$T'L = TL \times v$$

$$= 34,111 \times 2$$

$$= 68,222 \text{ Nm}$$

### Perbandingan putaran motor

$$i = n(\text{katalog}) / n(\text{diinginkan})$$

$$= 935 / 194,8$$

$$= 4,95$$

### Perhitungan Torsi Motor

$$TM = T'L / i$$

$$= 68,222 / 4,95$$

$$= 13,782 \text{ Nm}$$

$$= 1,378 \text{ Kgm}$$

Sesuai perhitungan yang didapatkan maka dipilih motor induksi Teco type AESV1S dengan torsi maksimal 1,561 kg.m. Berikut data motor yang digunakan.

## IE 1 PERFORMANCE DATA (6 POLE)

Motor Type: AESV1S / AESU1S / AESV1S-LA



| OUTPUT |      | FULL LOAD rpm | FRAME No. | EFFICIENCY    |              |              | POWER FACTOR  |              |              | CURRENT       |      |      |         | TORQUE         |                   |              |                 | ROTOR GD <sup>2</sup> kg·m <sup>2</sup> | APPROX. WEIGHT kg |
|--------|------|---------------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|------|------|---------|----------------|-------------------|--------------|-----------------|---|-------------------|
| kW     | HP   |               |           | FULL LOAD (%) | 3/4 LOAD (%) | 1/2 LOAD (%) | FULL LOAD (%) | 3/4 LOAD (%) | 1/2 LOAD (%) | FULL LOAD (A) |      |      | LRC (A) | FULL LOAD kg·m | LOCKED ROTOR %FLT | PULL-UP %FLT | BREAK-DOWN %FLT |   |                   |
|        |      |               |           |               |              |              |               |              |              | 380           | 400  | 415  |         |                |                   |              |                 |   |                   |
| 0.55   | 0.75 | 915           | 80M       | 67.5          | 67.0         | 62.0         | 72.0          | 60.5         | 48.0         | 1.72          | 1.63 | 1.57 | 8.0     | 0.585          | 220               | 210          | 225             | 0.012                                   | 18.0              |
| 0.75   | 1    | 935           | 90S       | 70.0          | 67.2         | 62.9         | 71.0          | 60.5         | 48.0         | 2.29          | 2.18 | 2.10 | 11      | 0.780          | 190               | 175          | 285             | 0.017                                   | 22.5              |
| 1.1    | 1.5  | 935           | 90L       | 72.9          | 71.0         | 66.1         | 68.5          | 57.0         | 44.5         | 3.35          | 3.18 | 3.06 | 17      | 1.145          | 220               | 205          | 260             | 0.023                                   | 25.0              |
| 1.5    | 2    | 935           | 100L      | 75.2          | 75.2         | 69.8         | 75.0          | 65.0         | 52.0         | 4.04          | 3.84 | 3.70 | 21      | 1.561          | 200               | 170          | 235             | 0.035                                   | 29.0              |
| 2.2    | 3    | 950           | 112M      | 77.7          | 77.7         | 74.8         | 73.5          | 63.0         | 50.0         | 5.85          | 5.56 | 5.36 | 34      | 2.253          | 205               | 195          | 270             | 0.058                                   | 39.0              |
| 3      | 4    | 965           | 132S      | 79.7          | 79.7         | 77.3         | 72.5          | 63.5         | 50.0         | 7.89          | 7.49 | 7.22 | 45      | 3.025          | 195               | 185          | 270             | 0.097                                   | 54.0              |

**Gambar 4. Katalog Motor AESV1S**

Motor yang dipilih harus dibuktikan terlebih dahulu untuk mengetahui seberapa besar beban yang mampu ditumpu oleh motor. Pembuktian motor dapat dibuktikan melalui perhitungan berikut.

### Perhitungan Pembuktian Motor

Diketahui :

$$n = 935 \text{ rpm}$$

$$v = 380 \text{ VAC}$$

$$I = 4,04 \text{ Ampere}$$

$$TM = 1,561 \text{ Kgm}$$

$$= 15,61 \text{ Nm}$$

**Perhitungan Pembuktian Torsi Motor**

$$T'L = TM \times i$$

$$= 15,61 \times 4,95$$

$$= 77,269 \text{ Nm}$$

$$TL = T'L / \text{angka keamanan}$$

$$= 77,269 / 2$$

$$= 38,634 \text{ Nm}$$

**3.4. Hasil Analisis Software**

Desain *spline bush* pada mesin akan mengalami *fatigue* (kelelahan) akibat pergerakan dan pembebanan secara berulang. Dalam mengatasi kegagalan design diperlukan penelitian dalam pembebanan operasional mesin sesuai spesifikasi input tertinggi. Pada *Spline bush* telah dilakukan analisis dengan pembebanan dinamis torsi sesuai perhitungan momen bending dan torsi motor. Bagian *fix* yang ditentukan pada *spline bush* adalah profil diameter luar terkecil.

Pada **tabel 2** akan disajikan hasil dari analisis yang telah dilakukan.

**Tabel 2. Hasil Analisis *Spline Bush* menggunakan *SOLIDWORKS Simulation***

| Stress (MPa) |        | Displacement (mm) |   |
|--------------|--------|-------------------|---|
| Max          | 15,767 | Min               | 0 |
| Min          | 0,031  | Max               | 0 |

Dari *design* dan penentuan material *spline bush* didapatkan analisis maksimal stress yang diterima adalah 15,767 MPa, sedangkan yield strength untuk material St.60 adalah 580 MPa. Maka material St.60 sudah memenuhi persyaratan untuk *spline bush* sebagai mekanisme penghubung transmisi Mesin *Bending* Pipa Semi-Otomatis.

**4. KESIMPULAN**

Setelah dilakukan analisis menggunakan fitur *SOLIDWORKS Simulation* dari software *SOLIDWORKS* dapat disimpulkan bahwa design dan pemilihan material komponen "*Spline Bush*" memiliki hasil sebagai berikut : *Stress* maksimal = 15,767 MPa, *Stress* minimal = 0,031 MPa, *displacement* sebesar 0 mm. Torsi 1 adalah torsi *driven gear* = 164,947 Nm, Torsi 2 adalah torsi motor = 13,782 Nm. Dari hasil simulasi tersebut nilai *stress* yang diterima *spline bush* masih di bawah *yield strength* atau batas patah material St.60. Maka dapat disimpulkan komponen *Spline Bush* pada Mesin *Bending* Pipa Semi-Otomatis dinilai aman dan dapat digunakan untuk menghubungkan transmisi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- B. Sudibyo. 2018. Bantalan Gelinding. Diktat. Surakarta: ATMIPRESS SOLO.
- B. Sudibyo. 1991. Roda Gigi Jilid 1. Surakarta: ATMIPRESS SOLO.
- Garad, S., Ahire, S., Gaidhani, A., Bagul, P., & Kakade, Dr. A. (2020). Design and Development of Automatic Bending Machine. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 9(6). <https://www.ijert.org/research/design-and-developmentof-automatic-bending-machine-IJERTV9IS060977.pdf>
- Heftrich, C., Steinheimer, R., & Engel, B. (2018). Rotary Draw Bending Using Tools with Reduced Geometries. Procedia Manufacturing. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.410>
- Vikram, P. (2021). Design and Analysis of Rotary Draw Tube Bending. Dogo Rangsang Research Journal, 8(14). <https://www.journaldogorangsang>.