

STUDI VARIASI JENIS MATERIAL TALI PADA MODIFIKASI ALAT PENGUKURAN TORSI POMPA SENTRIFUGAL

Taufik Afandi¹, Edi Widodo², Prantasi HT⁴, Iswanto⁴

^{1,4} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

ipangvia11@gmail.com¹, ediwido@umsida.ac.id²

Abstrak— Pengukuran torsi pompa sentrifugal di laboratorium fluida Universitas Muhammadiyah Sidoarjo memanfaatkan tegangan tali yang dihubungkan dengan motor listrik penggerak. Fokus penelitian ini untuk membandingkan jenis material dan ukuran tali yang sesuai untuk meminimalisir kerugian gaya yang terdapat pada kawat serta perhitungan perbandingan nilai berbagai variasi jenis material. Metode eksperimen dilakukan dalam membandingkan tali yang dipakai. Dari pengujian tarik yang telah dilakukan, nilai UTS (Ultimate Tensile Stress) tertinggi di dapatkan pada spesimen tali polypropylene monofilament dengan nilai tegangan tarik 602,17 **kgf** dengan elongation 382,14%. Data nilai perhitungan stress tertinggi di peroleh oleh specimen tali Polypropylene monofilament dengan nilai 738,85 **kgf/cm²** pada elongation ke 360%. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh tali Nylon sebesar 4,564 **kgf/cm²**. Ini menunjukan bahwa modulus elastisitas tali nylon memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi di antara specimen yang lain..

Kata Kunci : Uji torsi pompa sentrifugal, modifikasi alat uji.

Abstract— Measurement of centrifugal pump torque at the University of Muhammadiyah Sidoarjo fluid laboratory utilizes a rope tension connected to an electric motor. The focus of this research is to analyze variations in the type of rope material and size as a link for measuring the force on a centrifugal pump, namely to find out the type of material and the size of the rope that is suitable to minimize the loss of force contained in the wire. To find out the type of calculation and comparison of the values for various types of material. From the tensile test that has been done, the highest UTS (Ultimate Tensile Stress) value was obtained in a polypropylene monofilament rope specimen with a stress value of 602.17 kgf with 382.14% elongation. The highest stress calculation value data was obtained by the Polypropylene monofilament rope specimen with a value of 738.85 kgf/cm² at elongation to 360%. The highest modulus of elasticity obtained by Nylon rope was 4,564 kgf/cm². This shows that the elastic modulus of nylon rope has the highest modulus of elasticity among other specimens..

Keywords— centrifugal pump torque test, modification of measuring instruments .

PENDAHULUAN

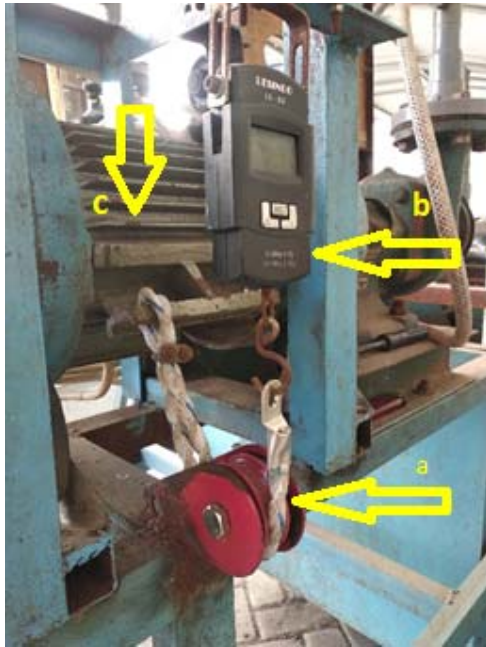
Pompa air adalah alat untuk mentransportasikan fluida cair, alat ini sudah sangat umum dipakai dan sering dijumpai pada kehidupan sehari – hari. Mempunyai manfaat yang cukup baik dalam menyelesaikan persoalan dalam kehidupan sehari – hari yang berkaitan dengan pemindahan fluida cair.

Secara teori pompa merupakan suatu alat untuk memberikan suatu energi mekanis terhadap cairan pada pompa, densitas fluida besar dan konstan. Untuk pemilihan jenis pompa yang dipakai didasari dari nilai ekonomis dan jarak fluida yang akan dipindahkan. Dimana prinsip kerjanya sendiri yaitu mengubah suatu energi mekanik menjadi potensial fluida [1][2].[3]

Pompa memiliki prinsip kerja membuat tekanan rendah pada isap, sehingga mengakibatkan terhisapnya fluida masuk dan keluar dengan tekanan yang lebih tinggi pada sisi keluar atau sisi tekan dengan menggunakan semua bagian – bagian elemen penggerak pompa seperti *plunger* atau *piston*, *impeller*[4]. Sumber energy diperoleh dari luar yaitu motor bakar atau motor listrik agar pompa dapat bekerja [5].[6]

Dinamometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur daya atau tenaga yang dihasilkan atau dikeluarkan oleh sebuah mesin. Selain itu, dynamometer juga biasa digunakan sebagai pengukur *torsi* atau putaran mesin (*rpm*) di mana daya atau tenaga yang dihasilkan dari suatu alat yang berputar atau mesin dapat dihitung berat suatu benda, berat benda yang di maksud adalah gaya berat atau massa dikali dengan percepatan gravitasi, bukan masa itu sendiri.

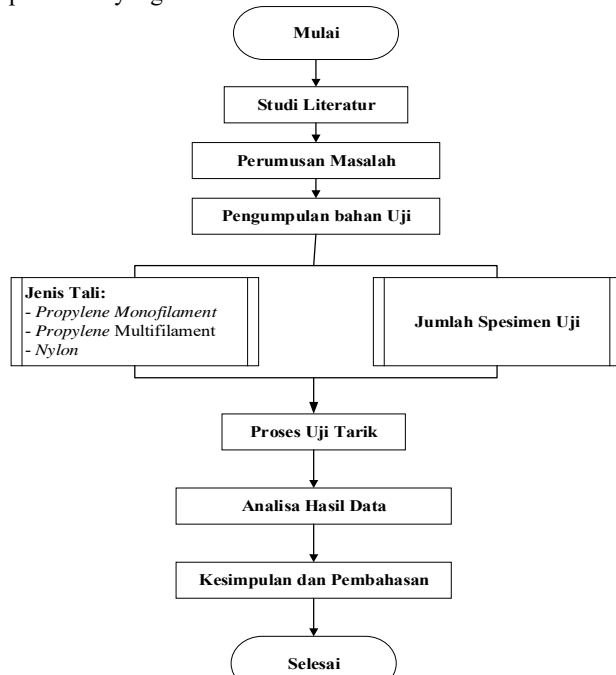
Penelitian sebelumnya, dynamometer digunakan untuk mengukur gaya torsi pompa sentrifugal.[7][8] Pada penelitian ini dilakukan modifikasi menggunakan sebuah kabel sebagai penghubung dari pengait pada dynamometer ke pompa sentrifugal. Kabel tersebut berfungsi untuk menghantarkan gaya torsi pompa dan dihubungkan dengan dynamometer.



Gambar 1 Aplikasi tali pada pengukur torsi pompa sentrifugal
(a) Tali penghubung, (b) dynamometer, (c) pompa sentrifugal

METODE

Penelitian membandingkan hasil pengujian tarik pada tali *polypropylene monofilament*, tali *polypropylene multifilament*, tali *nylon* dan tali *tampar*. Berikut diagram alir penelitian yang dilakukan:



Gambar 2. Flowchart

Parameter Penelitian

Adapun parameter dalam penelitian ini yaitu:

- Penelitian difokuskan pada pengujian tarik dan lakukan pengujian dengan empat buah specimen yaitu tali *Polypropylene monofilament*, tali *polypropylene multifilament*, tali *nylon* dan tali *tampar* untuk membandingkan kekuatan ke empat tali tersebut.
- Pada penelitian ini digunakan mesin merek Zwick/Roell dengan tipe Z005.
- Untuk jenis specimen yang akan diuji pada proses penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Tabel Spesifikasi Sampel

No.	Jenis Bahan	Ukuran	
		Panjang	Diameter
1.	Tali <i>Propylene Monofilament</i>	100 cm	1 cm
2.	Tali <i>Propylene Multifilament</i>	100 cm	1 cm
3.	Tali <i>Nylon</i>	100 cm	1 cm
4.	Tali <i>Tampar</i>	100 cm	1 cm

- Data yang diperoleh kemudian akan dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan nilai yang sebenarnya dari suatu pengujian, proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan :

Proses Perhitungan

➤ Tegangan

$$\text{Tegangan } \sigma = \frac{F}{A_0} = \dots\dots\dots (kgf/cm^2) \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

- A = Luas Penampang (cm^2)
- r = Jari – jari (cm)
- F = Beban Pada pengujian (kgf)
- ϵ = Regangan (%)
- σ = Stress (kgf/cm^2)

➤ Modulus Elastisitas

$$Y = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta \ell / \ell_0} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana;

- Y = Modulus young
- σ = Tegangan Tarik
- ϵ = Regangan
- F = Gaya (N)
- A = Luas permukaan (m^2)
- ℓ_0 = panjang awal
- $\Delta \ell$ = perubahan panjang (m)

Bagian ini memuat penjelasan tentang metode yang digunakan untuk menjawab atau memecahkan permasalahan/penelitian yang diajukan. Disini bisa dalam

bentuk studi literatur, simulasi numerik, atau dalam bentuk eksperimen.



Gambar 3 Tali *Polypropylene Monofilament*



Gambar 4 Tali *Polypropylene Multifilament*



Gambar 5 Tali *Nylon*

HASIL DAN DISKUSI

Data Hasil Pengamatan

Dari hasil proses pengujian tarik dari sebuah bahan atau specimen yang berupa tali *polypropylene monofilament*, tali *polypropylene multi filament*, tali *nylon* dan tali tampar maka didapatkan hasil pengamatan lapangan yang mana data tersebut disajikan di dalam sub bab di bawah ini.

Tali *Polypropylene Monofilament*

Specimen pertama berupa tali *polypropylene monofilament*, didapatkan data pengujian tarik pada tabel 2 pemilihan material dengan merujuk penelitian sebelumnya. [9]:

Tabel 2 Data Pengujian Tali PP *Monofilament*

Elongation %	Gaya Tarik	
	f_1 (kgf)	f_2 (kgf)
20	20	20
40	25	25
60	50	50
80	80	80
100	120	120
120	110	113
140	135	140
160	135	135
180	160	180
200	170	210
220	202	240
240	245	280
260	298	325
280	340	380
300	413	435
320	480	485
340	549	510
360	580	200
380	549	280

Tali *Polypropylene Multifilament*

Specimen ke dua berupa tali *polypropylene multifilament*, yang mana didapat kan data pengujian tarik pada tabel 3. Pemilihan material ini berdasar pada penelitian sebelumnya.[10]

Tabel 3 Data Pengujian Tali PP *Multifilament*

Elongation %	Gaya Tarik		
	f_1 (kgf)	f_2 (kgf)	f_3 (kgf)
20	20	20	20
40	47	70	40
60	75	95	60
80	95	80	95
100	120	135	99
120	190	160	160
140	225	210	215
160	275	260	280
180	340	285	352
200	360	320	408
220		200	380

Tali *Nylon*

Specimen ketiga berupa tali *Nylon*, yang mana didapatkan data hasil pengujian tarik pada tabel 4. Pemilihan material ini merujuk pada penelitian sebelumnya. [11]:

Tabel 4 Data Pengujian Tali Nylon

Elongation %	Gaya Tarik		
	f_1 (kgf)	f_2 (kgf)	f_3 (kgf)
20	45	23	40
40	80	30	90
60	60	65	80
80	145	75	140
100	220	124	192
120	275	205	264
140	310	285	335
160		375	250
180		315	
200			

Tali Tampar

Spesimen ke empat berupa tali *tampar*, yang mana didapatkan hasil data pengujian tarik sebagaimana table 5. Pemilihan spesimen tampar merujuk pada penelitian sebelumnya.[12]

Tabel 5 Data Pengujian Tali Tampar

Elongation %	Gaya tarik	
	f_1 (kgf)	f_2 (kgf)
20	2,5	20
40	10	40
60	12	60
80	17,5	80
100	24	100
120	28	120
140	36	140
160	41	160
180	46	180
200	52	200
220	56	220

Proses Pengolahan Data

Pada proses ini akan dilakukan suatu perhitungan data untuk mendapatkan nilai tegangan atau *stress* yang akan di gunakan untuk menghasilkan grafik dengan elongation sebagai sumbu x dan *stress* sebagai sumbu y, yang mana nanti akan digunakan untuk menentukan modulus elastisitas pada masing-masing ke empat specimen pengujian di atas. Proses Perhitungan terkait pengujian Tarik sebagaimana berikut :

Perhitungan Tali (PP Monofilament)

Rumus dasar:

$$\sigma = \frac{\sigma}{A_0} = \dots\dots (kgf/cm^2)$$

Keterangan :

- A = Luas Penampang (cm^2)
- r = Jari – jari (cm)
- F = Beban Pada pengujian (kgf)
- ϵ = Regangan (%)
- σ = Stress (kgf/ cm^2)

• Perhitungan luas penampang

$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 5^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,785 \text{ cm}^2$$

- Perhitungan gaya tarik (σ) percobaan ke 1 tiap % elongation

Diketahui :

- A : 0,785 cm^2
- σ tiap $\epsilon\%$: kg

➤ Elongation ke 20%

$$\sigma = \frac{20}{0,785} = 25,48$$

➤ Elongation ke 40%

$$\sigma = \frac{25}{0,785} = 31,85$$

➤ elongation ke 60%

$$\sigma = \frac{50}{0,785} = 63,69$$

➤ elongation ke 80%

$$\sigma = \frac{80}{0,785} = 101,91$$

➤ elongation ke 100%

$$\sigma = \frac{120}{0,785} = 152,87$$

demikian seterusnya untuk perhitungan ketiga specimen berikutnya.

Data Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan untuk menentukan nilai gaya tarik (σ) pada tiap elongation pada tiap *specimen*. Hasil perhitungan tali PP Monofilament tersebut telah tersaji dalam tabel 6. Untuk perhitungan 3 specimen berikutnya (PP multifilamen, nylon dan tali tampar) menggunakan metode perhitungan yang sama dan didapatkan hasil perhitungan sebagaimana tabel 6.

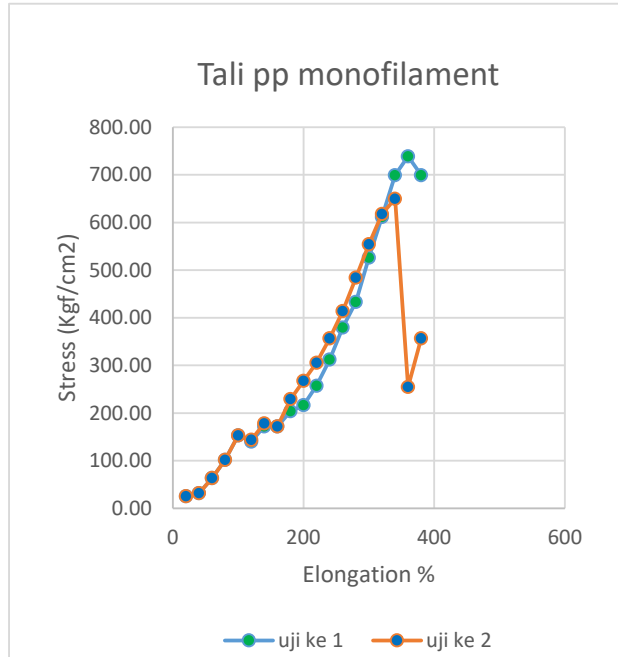
Tabel 6 Perhitungan dan Grafik Tali PP Monofilament

Elongation (%)	Data Pengujian			Hasil (kgf/ cm^2)	
	A_0 (cm^2)				
	f_1	f_2		σ_1	σ_2
20	20	20	0,785	25,48	25,48
40	25	25	0,785	31,85	31,85
60	50	50	0,785	63,69	63,69
80	80	80	0,785	101,91	101,91
100	120	120	0,785	152,87	152,87
120	110	113	0,785	140,13	143,95
140	135	140	0,785	171,97	178,34
160	135	135	0,785	171,97	171,97
180	160	180	0,785	203,82	229,30
200	170	210	0,785	216,56	267,52
220	202	240	0,785	257,32	305,73
240	245	280	0,785	312,10	356,69
260	298	325	0,785	379,62	414,01
280	340	380	0,785	433,12	484,08
300	413	435	0,785	526,11	554,14
320	480	485	0,785	611,46	617,83
340	549	510	0,785	699,36	649,68
360	580	200	0,785	738,85	254,78
380	549	280	0,785	699,36	356,69

Grafik Tegangan – Regangan Hasil Perhitungan

Dari data perhitungan yang merupakan data dari spesimen tali PP *monofilament*, tali PP *multifilament*, tali *nylon*, serta tali tamar, ditampilkan grafik untuk menentukan nilai *modulus elastisitas* (E) sebagaimana grafik berikut:

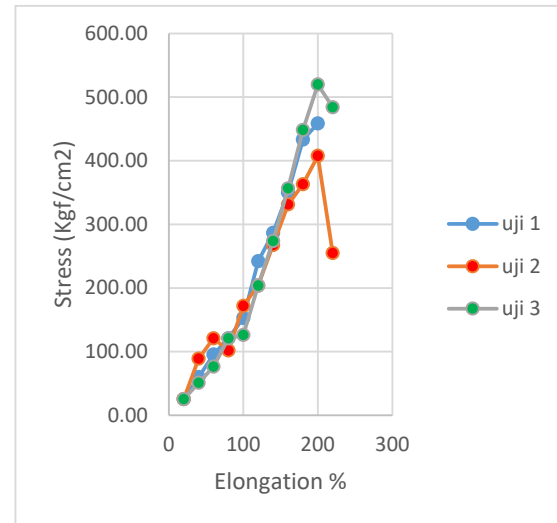
Grafik Tegangan – Regangan Tali PP Monofilament



Gambar 6 Grafik Stress – Strain Tali PP Monofilament

Pada data grafik di atas dapat dipaparkan dimana pada pengujian tali *polypropylene* monofilament didapatkan hasil pada pengujian pertama terlihat pada saat elongation mencapai 360% nilai Ultimate Tensile Stress (UTS) mencapai 738,85 kgf/cm^2 . Sedangkan pada pengujian yang ke dua di saat elongation mencapai nilai 340% di dapatkan nilai Ultimate Tensile Stress (UTS) sebesar 649,48 kgf/cm^2 . Sehingga didapatkan nilai rata-rata UTS sebesar 694,165 kgf/cm^2 dari nilai dua kali pengujian yang dilakukan.

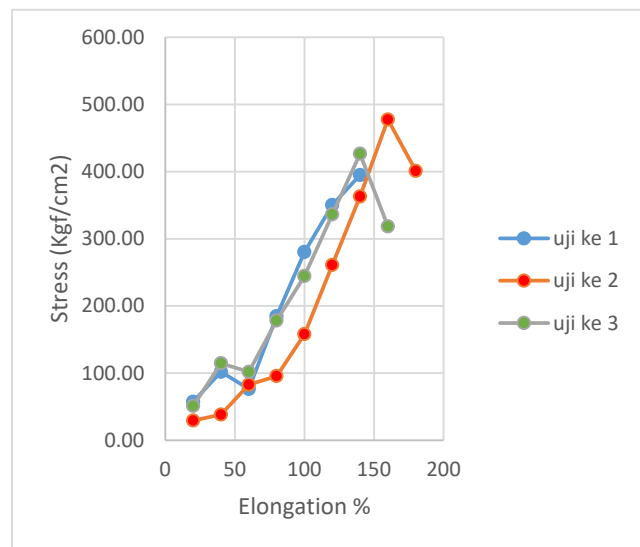
Grafik Tegangan – Tegangan Tali PP Multifilament



Gambar 7 Grafik Stress – Strain Tali PP Multifilament

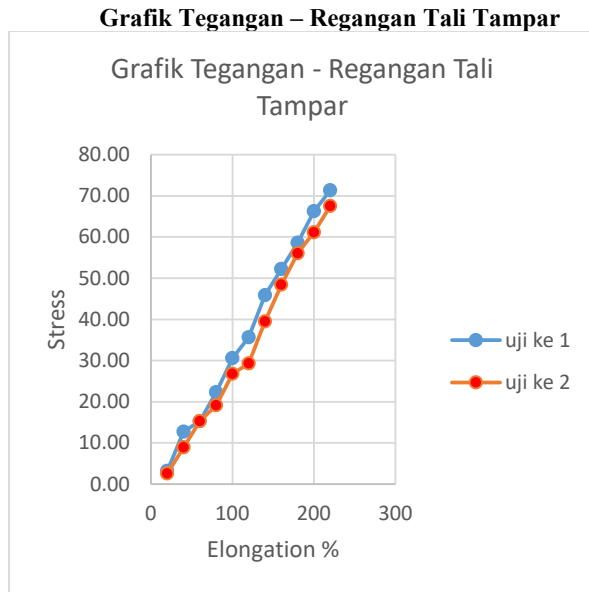
Pada gambar grafik 6 dipaparkan di mana pada pengujian tali *polypropylene multifilament* didapatkan hasil pada pengujian pertama nilai ultimate tensile stress (UTS) sebesar 458,69 kgf/cm^2 dengan elongation mencapai 200%. Sedangkan pada pengujian ke dua nilai ultimate tensile stress (UTS) lebih rendah dari pengujian pertama yang bernilai 407,64 kgf/cm^2 pada elongation 200%. Pengujian ke tiga memiliki nilai ultimate tensile stress (UTS) yang paling tinggi yang bernilai sebesar 519,75 kgf/cm^2 dengan elongation yang sama dari sebelumnya sebesar 200%. Maka diperoleh nilai rata-rata dari tiga pengujian yang dilakukan pada tali *polypropylene multifilament* sebesar 462,02 kgf/cm^2 .

Grafik Tegangan – Regangan Tali Nylon



Gambar 8 Grafik Stress – Strain Tali Nylon

Pada grafik di atas dipaparkan dimana pada pengujian tali *nylon* di peroleh suatu hasil data di mana dilakukan proses tiga kali uji, yang pada pengujian pertama nilai Ultimate Tensile Stress (UTS) sebesar $394,90 \frac{\text{kgf}^2}{\text{cm}}$ dengan elongation mencapai 140%. Untuk pengujian ke dua nilai UTS di peroleh sebesar $477,71 \frac{\text{kgf}^2}{\text{cm}}$ dengan elongation sebesar 160%. Lalu pada pengujian ke tiga nilai UTS sebesar $426,75 \frac{\text{kgf}^2}{\text{cm}}$ dengan nilai elongation sebesar 140%. Maka di dapatkan nilai rata – rata dari ke tiga pengujian yang di lakukan pada tali *nylon* sebesar $433,12 \frac{\text{kgf}^2}{\text{cm}}$.



Gambar 9 Grafik Tegangan – Regangan Tali Tampar

Pada grafik di atas di paparkan di mana pada pengujian Tali Tampar diperoleh suatu hasil data yang mana didapatkan melalui 2 kali pengujian, Pada pengujian ke-1 nilai UTS (Ultimate Tensile Stress) sebesar $71,34 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ dengan elongation mencapai 220%. Untuk pengujian ke-2 didapatkan nilai Ultimate Tensile Stress (UTS) sebesar $67,52 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ dengan elongation mencapai 220%. Maka dari itu didapatkan nilai rata – rata UTS sebesar $69,43 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$.

Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas

Pada sub ini akan membahas tentang perhitungan nilai modulus dari tiap masing – masing spesimen uji yang mana akan di jabarkan lebih luas di bawah ini.

Perhitungan Modulus Elastisitas Tali PP Monofilament

- Pengujian ke 1

Diketahui :

- $X1 = 100$
- $X2 = 300$
- $Y1 = 152,87$
- $Y2 = 526,11$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{526,11 - 152,87}{300 - 100} = 1,866 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 2

Diketahui :

- $X1 = 100$
- $X2 = 300$
- $Y1 = 152,37$
- $Y2 = 554,14$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{554,14 - 152,87}{300 - 100} = 2,006 \text{ kgf/cm}^2$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Tali PP Multifilament

- Pengujian ke 1

Diketahui :

- $X1 = 60$
- $X2 = 180$
- $Y1 = 95,54$
- $Y2 = 433,12$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{433,12 - 95,54}{180 - 60} = 2,813 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 2

Diketahui :

- $X1 = 60$
- $X2 = 180$
- $Y1 = 121,02$
- $Y2 = 363,06$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{363,06 - 121,02}{180 - 60} = 2,01 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 3

Diketahui :

- $X1 = 60$
- $X2 = 180$
- $Y1 = 76,43$
- $Y2 = 448,41$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{448,41 - 76,43}{180 - 60} = 3,01 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Tali Nylon

- Pengujian ke 1

Diketahui :

- $X1 = 60$
- $X2 = 120$
- $Y1 = 76,43$
- $Y2 = 350,32$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{350,52 - 76,43}{120 - 60} = 4,564 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 2

Diketahui :

- $X1 = 60$
- $X2 = 140$
- $Y1 = 82,80$
- $Y2 = 363,06$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{363,06 - 82,80}{140 - 60} = 3,503 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 3

Diketahui :

- $X_1 = 60$
- $X_2 = 120$
- $Y_1 = 101,91$
- $Y_2 = 336,30$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{336,31 - 101,91}{120 - 60} = 3,906 \text{ kgf/cm}^2$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Tali Tampir

- Pengujian ke 1

Diketahui :

- $X_1 = 40$
- $X_2 = 200$
- $Y_1 = 12,74$
- $Y_2 = 66,24$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{66,24 - 12,74}{200 - 40} = 0,3343 \text{ kgf/cm}^2$$

- Pengujian ke 2

Diketahui :

- $X_1 = 40$
- $X_2 = 200$
- $Y_1 = 8,92$
- $Y_2 = 61,15$

Perhitungan modulus elastisitas:

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{61,15 - 8,92}{200 - 40} = 0,3264 \text{ kgf/cm}^2$$

Studi Kritis Perbandingan Kekuatan Ke-3 Jenis Spesimen

Dari penelitian yang sudah dilakukan baik secara pengujian maupun perhitungan dengan beberapa rumus yang ada. Maka didapatkan berbagai perbandingan dari ke tiga jenis specimen, dimana:

- Dari proses pengujian dengan menggunakan empat specimen tali, nilai *Stress* tertinggi diperoleh pada tali *Polypropylene monofilament* dengan nilai *stress* sebesar 602,17 *kgf* dengan elongation 382,14%. Diikuti dengan tali *Polypropylene Multifilament* dengan nilai *stress* sebesar 422 *kgf* dengan elongation 220%. Dan tali *Nylon* dengan nilai *Stress* sebesar 405,5 *kgf* dengan elongation sebesar 178%.
- Setelah hasil didapatkan dari proses pengujian tarik, berikutnya akan dilakukan perbandingan nilai perhitungan dengan menggunakan persamaan. Di dapatkan nilai *stress* tertinggi diperoleh pada Jenis tali *polypropylene monofilament* dengan nilai *stress* sebesar 738,85 *kgf* dengan elongation sebesar 360%. Diikuti dengan tali *polypropylene multifilament* dengan nilai *stress* 519,75 *kgf* dengan elongation sebesar 200%. Dan tali *Nylon* dengan nilai *stress* sebesar 477,71 *kgf* dengan nilai elongation sebesar 160%.
- Perbandingan ke tiga jenis tali terhadap modulus elastisitas diperoleh dari hasil perumusan dengan menggunakan persamaan, dengan nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada tali *Nylon* sebesar 0,3485 *kgf/cm}^2*. Diikuti dengan tali *polypropylene multifilament* dengan modulus elastisitas sebesar 0,237 *kgf/cm}^2*. Dan berikutnya tali *polypropylene*

monofilament dengan nilai modulus elastisitas sebesar 0,1536 *kgf/cm}^2*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka di dapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian tarik yang telah di lakukan, nilai UTS (Ultimate Tensile Stress) tertinggi di dapatkan pada specimen tali *polypropylene monofilament* dengan nilai *stress* sebesar 602,17 *kgf* dengan elongation 382,14%.
2. Data nilai perhitungan *stress* tertinggi juga diperoleh oleh specimen tali *Polypropylene monofilament* dengan nilai 738,85 *kgf/cm}^2* pada elongation ke 360%.
3. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh oleh tali *Nylon* dengan nilai modulus elastisitas sebesar 4,564 *kgf/cm}^2*. Hal ini menunjukan bahwa modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai *stress* yang mana tadinya nilai *stress* tali *nylon* yang paling rendah dari specimen yang lain namun memiliki nilai modulus elastisitas yang paling tinggi di antara specimen yang lain nya. Sehingga rekomendasi terbaik penggunaan nylon untuk tali pada alat ukur torsi pompa pada laboratorium fluida Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

UCAPAN TERIMA KASIH

Di sini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penelitian ini, teman-teman tim peneliti, dosen pembimbing yang banyak memberikan dukungan, saran dan masukan yang membangun dan juga labolatorim Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah menyediakan beberapa fasilitas penelitian, dan juga tak lupa terimakasih kepada Balai Pengembangan Industri Persepatuan Indonesia (BPIPI) Sidoarjo yang telah menyediakan alat pengujian sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

- [1] A. F. Silaen, "Analisa Karakteristik Pompa Sentritugal Rangkaian Single, Serie Dan Paralel. Telematik," *J. rekayasa pangan dan Pertan.*, vol. 2, no. 2, 2011.
- [2] R. Y. Pradhana and E. Widodo, "Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan Pvc Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air," *R E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–43, 2017.
- [3] Edi Widodo; Gagah Deffi Priyambudi, "REKAYASA SLIDING SEAT PADA POMPA OBSERVASI UNTUK EFEKTIFITAS LABORATORIUM," *TURBO J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 7, no. 1, pp. 65–73, 2018.
- [4] E. W. R. Y. Pradana, "Analysis of pipe diameter variation in axial pumps for reducing head loss," in *2017 1 st International Conference on Engineering and Applied Technology (ICEAT)*, 2018, pp. 1–8.
- [5] I. N. Gusniar, "OPTIMALISASI SISTEM PERAWATAN POMPA SENTRIFUGAL DI UNIT UTILITY PT.ABC," *J. Ilm. SOLUSI*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [6] F. Ansori and E. Widodo, "Analysis on Centrifugal Pump Performance in Single, Serial, and Parallel," *JEMME (Journal Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.,*, vol. 3, no. 2, pp. 79–86, 2018.
- [7] G. Suwoto, "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Air Hasil

- Modifikasi Pompa Sentrifugal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,” in *SNST ke-3 Tahun 2012*, 2004, pp. 60–64.
- [8] S. Abouda, F. Nollet, A. Chaari, N. Essounbouli, and Y. Koubaa, “Direct Torque Control - DTC of Induction Motor Used for Piloting a Centrifugal Pump Supplied by a Photovoltaic Generator,” *Int. J. Electr. Comput. Energ. Electron. Commun. Eng.*, vol. 7, no. No : 8, pp. 1110–1115, 2013.
- [9] U. Klinge K. Junge M. Stumpf A. P. Öttinger B. Klosterhalfen, “Functional and morphological evaluation of a low-weight, monofilament polypropylene mesh for hernia repair,” *J. Biomed. Mater. Res.*, vol. 63, no. 2, 2002.
- [10] Novrizal, “VISIBILITAS TALI MULTIFILAMEN UNTUK BAHAN ALAT PENANGKAPAN IKAN PADA KEDALAMAN PERAIRAN YANG BERBEDA,” *Berk. Perikan. Terubuk*, vol. 42, no. 1, 2014.
- [11] and C. C. C. Charles Scott, Dan Wu, Chia-Chi Ho, “Liquid-Core Capsules via Interfacial Polymerization: A Free-Radical Analogy of the Nylon Rope Trick,” *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 127, no. 12, 2005.
- [12] E. H. Purwono and B. Yatnawijaya, “Kekuatan Bahan Tali Tampar,” *Rev. Urban. Archit. Stud.*, vol. 11, no. 1, pp. 102–112, 2013.