

# EFFECT OF TEMPERATURE VARIATIONS IN MANUAL TUBING MACHINES FOR PET PLASTIC MATERIAL ON TENSILE STRENGTH

Kelvin Wijaya<sup>1</sup>, Danang Murdiyanto<sup>2</sup>, Bernadus Cristanto Putra Mbulu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Widya Karya-Malang-Jawa Timur

Email: [kelvinwijaya2171@gmail.com](mailto:kelvinwijaya2171@gmail.com), [danang\\_t.mesin@widyakarya.ac.id](mailto:danang_t.mesin@widyakarya.ac.id), [chris\\_bernardo666@widyakarya.ac.id](mailto:chris_bernardo666@widyakarya.ac.id)

## INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima:  
27 Oktober 2024

Naskah Disetujui:  
29 Oktober 2024

Naskah Diterbitkan:  
31 Desember 2024

## ABSTRACT

*Briquettes are a type of alternative energy whose raw material source Plastic waste is an environmental problem faced by the people of Indonesia and the world. On the other hand, the production of waste generated in various institutions and sectors in Indonesia continues to increase every year, including the industrial sector whose production process is large-scale. Its use as a basic material for packaging bottles reaches 30% of world use. PET is also used as a synthetic fiber or polyester which accounts for 60% of world use. Study the author will do that is to make a tubing made from PET plastic waste that can be used as raw material for tubing. Using temperature variations (190°C, 200°C, 210°C), then 9 samples from each variation will be micro-photographed the effect of temperature on tubing results and tested for maximum tensile. After that, calculations are carried out to obtain the maximum tensile stress and strain values. Then the average maximum load value that can be received by PET tubing is highest at 190°C temperature tubing has the ability to withstand tensile strength better than all temperature variations so that the average value is 35.94 N/mm<sup>2</sup> and 200°C is able to withstand 35.49 N/mm<sup>2</sup> and 210°C with 18.30 N/mm<sup>2</sup>. It can be interpreted that the higher the temperature, the effect on holding the tensile strength of the PET tubing and making the plastic structure change so that 210°C is close to the recycling value, while for temperatures below it is still non-recycled.*

**Keywords:** Temperature, PET Plastic, Tubing, Tensile Test.

## PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia dan dunia. Penggunaan produk plastik secara tidak ramah lingkungan menyebabkan berbagai masalah lingkungan hidup yang serius. Untuk mengatasi persoalan pencemaran sampah dari plastik dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain melalui penggunaan ulang (reuse), mendaur ulang (recycle), merubah sampah menjadi sumber energi (recovery), pelarangan, pengurangan bahan, atau pembatasan penggunaan kemasan plastik (reduce). Selain itu kita dapat berkontribusi dengan hidup ramah lingkungan serta bijak dalam penggunaan plastik [1].

Di sisi lain produksi timbulan sampah yang dihasilkan di berbagai institusi dan sektor di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, termasuk sektor industri yang proses produksinya berskala besar. Timbulan sampah

yang menumpuk ini jelas membutuhkan pengelolaan. Salah satu jenis sampah yang prosentase timbunannya cukup besar adalah sampah botol plastik. Sampah plastik sendiri terbagi menjadi beberapa jenis menurut sifatnya. Botol plastik yang termasuk jenis plastik Polyethylene Terephthalate (PET) ini perlu diperhatikan penanganannya karena sulit untuk terurai secara alami [6].

PET atau PETE merupakan plastik dengan kode 1. Jenis plastik ini memang banyak digunakan untuk botol minuman seperti botol air mineral atau botol jus. Botol dari jenis ini hanya direkomendasikan untuk satu kali pemakaian. Penggunaannya sebagai bahan dasar botol kemasan mencapai 30% pemakaian dunia. PET juga digunakan sebagai serat sintesis atau polyester yang mencapai 60% pemakaian dunia. Karakteristik dari jenis plastik ini adalah berwarna jernih, transparan atau tembus pandang, liat, kuat dan tahan panas. Plastik PET memiliki dimensi yang stabil dan tidak beracun.

Oleh karena latar belakang di atas dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah PET menjadi material *tubing* [4].

*Tubing* atau pipa pada dasarnya adalah sebuah selongsong bundar atau benda berongga berbentuk silinder. Mengingat pengolahan plastik masih kurang sehingga dalam penelitian ini penulis akan melakukan yaitu membuat sebuah *tubing* berbahan dasar sampah plastik PET yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai macam kebutuhan.

**1. Tubing**

*Tubing* atau pipa adalah sebuah perangkat berbentuk berupa silinder panjang yang berongga di tengahnya. Perangkat ini memiliki fungsi yaitu untuk mengalirkan benda-benda cairan, gas, dan fluida hingga dititik pengeluaran [7].

*Seamless* sering disebut sebagai pipa tanpa kelim, tidak memiliki sambungan apapun. Pipa *seamless* yang tidak memiliki sambungan, tentu memiliki daya tahan terhadap tekanan lebih baik dari pada pipa *welded*. Adapun jenis pembuatan dari *tubing* yaitu, *Tube Drawing* adalah penarikan dingin dari *seamless tube* (tabung tanpa sambungan) agar didapat pipa/tabung dengan permukaan lebih halus, berdinding lebih tipis dan lebih akurat dimensinya [3].

**2. Modulus Elastisitas**

Modulus elastisitas atau modulus young adalah besar gaya yang diperlukan tiap satuan luas penampang batang agar batang mengalami pertambahan panjang.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $E$  = modulus elastis ( $\text{N/mm}^2$ )
- $\sigma$  = tegangan ( $\text{N/mm}^2$ )
- $\epsilon$  = regangan

**3. Tegangan**

Tegangan adalah gaya per satuan luas penampang, disimbolkan dengan huruf Yunani *Sigma* ( $\sigma$ ), dan dinyatakan dalam satuan newton per milimeter kuadrat ( $\text{N/mm}^2$ ) [2].

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- $\sigma$  = tegangan ( $\text{N/mm}^2$ )
- $F$  = gaya (N)
- $A$  = luas penampang ( $\text{mm}^2$ )
- $A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \dots\dots\dots (3)$

Keterangan:

- $D_1$  = Diameter luar
- $D_2$  = Diameter dalam
- $A$  = Luas penampang

**4. Regangan**

Regangan tarik pada batang didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang semula, yang lebih besar dari 0. Regangan tekan suatu batang yang ditekan didefinisikan dengan cara yang sama sebagai pembanding antara berkurangnya panjang batang dengan panjang semula, yang lebih kecil dari 0, dinamakan regangan [5] seperti ditulis berikut:

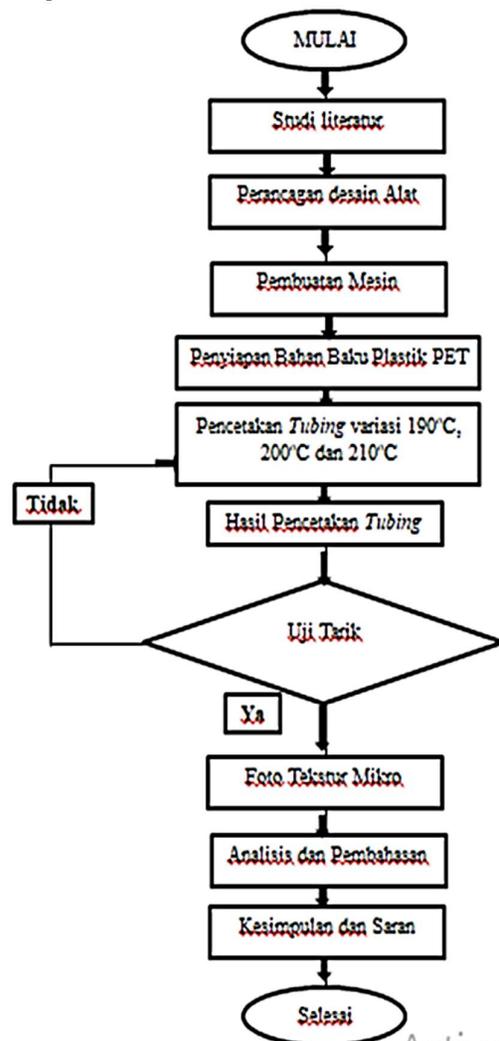
$$\text{Regangan, } \epsilon = \frac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_1} = \frac{\Delta \ell}{\ell_1} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- $\epsilon$  = regangan
- $\ell_2$  = panjang batang (mm)
- $\ell_1$  = panjang semula sampel tubing (mm)
- $\Delta \ell$  = perubahan panjang (mm)

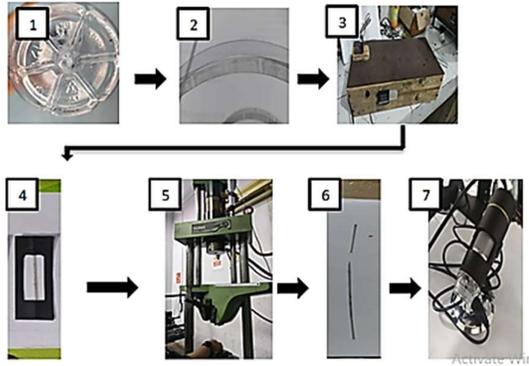
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Diagram Alir Penelitian**



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Skema Penelitian**



Gambar 2. Skema Penelitian

**Keterangan:**

1. Plastik PET
2. Lembaran Plastik PET
3. Mesin Tubing
4. Tubing PET.
5. Mesin uji tarik merk Tarno Grocki.
6. Tubing setelah di uji tarik dengan beban maksimal.
7. Mikroskop Lenovo Camera

Skema penelitian berfungsi agar mengetahui proses awal desain hingga perakitan komponen, proses pengamatan dan pembahasan saat uji coba

**Teknik Pengambilan Data**

Pada gambar 2. dapat dijelaskan pada nomor (1) merupakan bahan baku tubing PET dengan mengetahui simbol pada plastik tersebut yang berjenis PET (2) kemudian plastik tersebut dibentuk lembaran (3) kemudian lembaran plastik tersebut di proses menggunakan mesin tubing manual (4) hingga menjadi tubing PET dan kemudian persiapan tubing PET terhadap uji tarik dengan menambahkan kertas yang sudah dilem pada setiap ujung tubing bertujuan agar saat uji tarik tidak terjadi selip, setelah tubing PET siap (5) dilakukan uji tarik (6) hasil dari uji tarik terhadap tubing hingga pada beban maksimal (7) kemudian dilakukan uji struktur mikro untuk mengetahui permukaan atau bagian putus dari tubing.

**Variabel Penelitian**

Penentuan variabel penelitian ini, terbagi atas:

- Variabel Terkontrol:
  - Ukuran lebar plastik (10 mm)
- Variabel Tetap:
  - Diameter nozzle (1,75mm) dan Panjang sampel tubing (150 mm)
- Variabel Bebas:
  - Temperatur 190.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

**A. Hasil Pembuatan Tubing PET dari Mesin Tubing**

Hasil plastik PET pada mesin tubing manual yang belum panjang awal diolah dan sesudah diolah sebagai tubing PET sebagai berikut:

Input : 15 cm

Output : 30 cm

**B. Diameter Tiap Sampel Serta Panjang Yang Akan Digunakan Untuk Pengujian Tarik**

Berikut tabel diameter awal dan panjang awal dari sampel yang akan diuji tarik:

**Tabel 1.** Diameter Awal Dan Panjang Awal

Temperatur (°C)	Diameter Dalam (mm)			Diameter Luar (mm)			Panjang Awal (mm)
	sampel 1	sampel 2	sampel 3	sampel 1	sampel 2	sampel 3	
190	1,05	1	1,05	1,75	1,7	1,75	150
200	1	1	1,05	1,7	1,7	1,75	150
210	0,9	0,95	0,9	1,7	1,75	1,7	150

**C. Hasil Pembuatan Tubing PET dari Mesin Tubing**

Dari hasil uji tarik dan pengukuran tubing PET didapatkan data setiap sampel sehingga dapat dilakukan perhitungan tegangan serta regangan. Proses perhitungan sebagai berikut. Perhitungan di bawah merupakan perhitungan variasi 190°C sampel 1.

a. Variasi 190°C Sampel 1 baris ke 55

Mencari nilai dari;

- 1) Tegangan tarik?
- 2) Regangan?
- 3) Modulus elastisitas?

Diketahui ;

$$F = 55 \text{ N}$$

$$\Delta l = 24,49 \text{ mm}$$

$$l_1 = 150 \text{ mm}$$

$$D_1 = 1.75 \text{ mm}$$

$$D_2 = 1,05 \text{ mm}$$

$$\pi = 3,14$$

b. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{55 \text{ N}}{1,5386 \text{ mm}^2} = 35,7467 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (3,0625 \text{ mm}^2 - 1,1025 \text{ mm}^2) = 1,5386 \text{ mm}^2$$

c. Regangan

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_1} = \frac{24,49 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,163$$

d. Modulus

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{35,7467 \text{ N/mm}^2}{0,163} = 218,94722 \text{ N/mm}^2$$

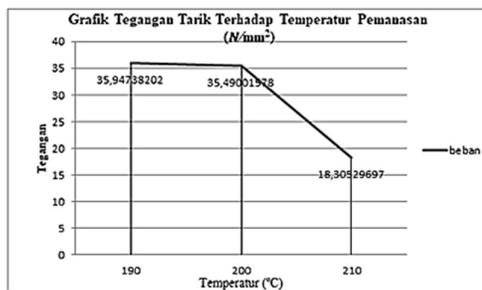
Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai dari kekuatan tarik dan regangan dari setiap sampel seperti pada tabel 2, sehingga dapat menghasilkan data berupa grafik berdasarkan masing-masing perhitungan.

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Maksimal

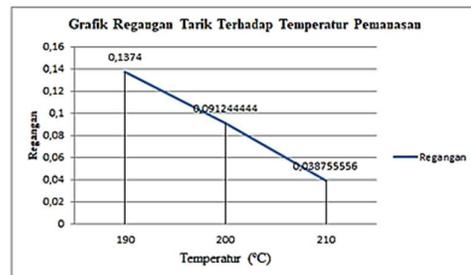
No Sampel	Temperatur(°C)	Gaya max (N)	Pertambahan Panjang (mm)	Panjang Awal(mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan	Modulus (N/mm <sup>2</sup> )
1	190°C	55	24,49	150	1,5386	35,74678279	0,1632667	218,84722
2		52	14,34	150	1,48365	35,04869747	0,0956	366,618178
3		57	23	150	1,5386	37,0466658	0,1533333	241,68869
1	200°C	48	8,15	150	1,48365	32,35564382	0,0543333	595,474732
2		55	14,27	150	1,48365	37,07073771	0,0951333	389,671384
3		57	18,69	150	1,5386	37,0466658	0,1246	297,3245766
1	210°C	33	5,15	150	1,6328	20,21068104	0,0343333	588,666613
2		36	8,56	150	1,6956	21,23142251	0,0570667	372,045955
3		22	3,71	150	1,6328	13,47378736	0,0348667	541,841315

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Tegangan Tarik Dan Regangan

No	Temperatur(°C)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan	Modulus(N/mm <sup>2</sup> )
1	190 °C	35,94738202	0,1374	275,7246948
2	200 °C	35,49001578	0,091355556	427,4811941
3	210 °C	18,30529697	0,038755556	500,8492942



Gambar 3. Grafik Nilai Rata-rata Tegangan Tarik



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-rata Regangan

**Pembahasan**

Pembahasan dari hasil pengujian dan pengolahan data yang diperoleh dari uji tarik maka dapat dijelaskan hubungan antara variasi temperatur adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh Variasi Temperatur

Pada Tabel 3. menunjukkan tegangan maksimal yang bekerja pada *tubing* PET dengan dilakukan uji tarik pada alat menunjukkan nilai yang terbesar adalah 190°C kemudian 200°C dan terakhir 210°C. Terlihat bahwa pada temperatur 190°C nilai gaya maksimal yang bekerja lebih besar dibandingkan dengan temperatur 200°C. Sedangkan pada temperatur 200°C nilai gaya maksimal yang bekerja lebih besar dari temperatur 210°C. Hal ini terjadi karena pengaruh temperatur yang diberikan besar pada

saat pembuatan *tubing* PET dapat merusak permukaan *tubing* sehingga menjadi rapuh atau mudah patah, pada pembebanan 190°C dan 200°C *tubing* PET terbentuk lebih baik dan lebih sedikit cacat dibagian permukaan yang menandakan temperatur tersebut tidak merusak permukaannya. Selain itu struktur mikro memperlihatkan bahwa putusan *tubing* PET 200°C berada pada bagian tengah, yang menandakan gaya tarik yang diberikan pada saat melakukan uji tarik terdistribusi merata keseluruh *tubing* sedang kan untuk 190 °C dan 210 °C putus tidak ditengah.

2. Plastik PET Terhadap Uji Tarik

Pada temperatur 190°C nilai kekuatan tarik lebih baik dari pada temperatur 200°C, ini dapat terjadi karena pada temperatur 190°C permukaan yang dihasilkan lebih baik mempunyai nilai menghasilkan kekuatan tarik yang lebih besar. Sehingga pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa nilai kekuatan tarik maksimal pada *tubing* PET terjadi pada pembebanan 190°C. Dapat dilihat pada tabel 2.2, dimana nilai 190°C dan 200°C, merupakan nilai non daur ulang dan 210 nilai merupakan daur ulang sehingga semakin tinggi temperatur untuk mendekati titik leleh membuat struktur permukaan plastik menjadi berubah.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan rumusan masalah, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Temperatur pada *tubing* berpengaruh terutama ketika temperatur 210°C yang mengakibatkan permukaan dari *tubing* menjadi rapuh dan cacat sehingga mudah patah. Untuk 190°C dan 200°C memiliki permukaan yang halus dikarenakan pemanasannya tidak merusak permukaan *tubing*. Temperatur yang semakin tinggi mempengaruhi kekuatan tarik *tubing* PET. Pada temperatur 210°C karakter plastik PET merubah menjadi plastik PET daur ulang.
2. Pada *tubing* temperatur 190°C memiliki kemampuan menahan kekuatan tarik lebih baik dari semua variasi temperatur sehingga nilai rata-rata yaitu 35,94 N/mm<sup>2</sup> dan 200°C mampu menahan 35,49 N/mm<sup>2</sup> dan 210°C dengan 18,30 N/mm<sup>2</sup>.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Indriani, R. (2019). Direktorat Standardisasi Pangan Olahan. Jakarta: Direktorat Standardisasi Pangan Olahan.
- [2] Maulana, A. (2016). Perhitungan Tengangan Pipa Dari Discarge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Gas Lift Compressor Station. *Jtm*, 50-62.
- [3] Siswosuwarno, Mardjono. (2005). ASM International. "ASM Handbook Vol.14A: Metalworking: Bulk Forming
- [4] Sofiana, Y. (2010). Inasea,. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Pelapis (Upsholstery) Pada Produk Interior, 96-102.
- [5] Souisa, M. (2011). Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. *Jurnal Berekeng*, Vol. 5 No. 2 Hal. 9 – 14.
- [6] Thompson, R., Swan, S., Moore, C., & Saam, F. V. (2009). Our Plastic Age. *Philosophical Transactions Of The Royal*, 1973-1976.
- [7] W. Karmiadjia, Djoko & Setiadi, Gery. (2014). Analisis Pembuatan Pipa Baja Sistem Dua Bagian Las Astm A139 Dengan Menggunakan Metoda Lsaw Manufactur Analysis Dual Seam Weld Steel Pipe Astm A139 By Using Lsaw Methode. *M.I. Mat.Konst*. Vol. 14 No. 1 Hal. 29 - 35.