

## KAJI EKSPERIMEN KEKUATAN TARIK PRODUK-PRODUK BERBAHAN PLASTIK DAUR ULANG

Suyadi

Tek. Mesin Polines

Email : suyadi\_2000@yahoo.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan dan regangan plastik yang dapat didaur ulang seperti PET, HDPE, PP, dan LDPE, maka untuk mencapai tujuan itu perlu melakukan : observasi beberapa produk plastik yang ada di pasaran, mengelompokkan jenis plastik yang dapat didaur ulang agar dapat dicetak kembali, kemudian dirajang masing-masing jenis plastik tersebut menjadi serpihan agar dapat dilebur dan dicetak menjadi sampel uji tarik, dan yang terakhir melakukan pengujian tarik sampel plastik tersebut supaya dapat diketahui besarnya kekuatan dan regangan tariknya. Berdasarkan pengujian tarik sampel plastik non daur ulang (NDU) menghasilkan kekuatan atau tegangan tarik PET=62,48N/mm<sup>2</sup>, HDPE=21,73 N/mm<sup>2</sup>, PP=13,89 N/mm<sup>2</sup>, dan LDPE=10,05 N/mm<sup>2</sup> dan regangan tarik NDU PET=19%, HDPE=4,5%, PP=21,75%, dan LDPE=86%. Untuk pengujian tarik plastik daur ulang (DU) menghasilkan tegangan tarik PET turun 63%, HDPE turun 35%, PP turun 12%, LDPE naik 44% terhadap tegangan tarik plastik NDU. Sedang regangan tarik plastik daur ulang (DU) semua mengalami penurunan terhadap NDU masing-masing PET turun 61%, HDPE turun 14%, PP turun 24%, dan LDPE turun 66%.

**Kata kunci :** plastik, daur ulang, merajang, mencetak, plastik paduan, dan pengujian tarik.

### Pendahuluan

Sekarang ini banyak kita jumpai produk-produk rumah tangga yang terbuat dari plastik, seperti alat-alat dapur, sapu ijuk, kursi, meja, pot bunga, pipa air, talang rumah, ember, sampai pada kendaraan bermotor, dll. Berdasarkan pengamatan yang kami jumpai di pasaran banyak produk rumah tangga yang terbuat dari plastik mempunyai kualitas yang kurang baik seperti mudah hancur dan patah, besar kemungkinan produsen alat rumah tangga ini menggunakan bahan plastik daur ulang dan kurang mempertimbangkan kekuatan plastik tersebut atau akibat perancangan konstruksi dari plastik tidak memperhitungkan kekuatan tarik dan elastisitas dari jenis bahan plastik

Perkembangan cetak plastik (*plastic molding*) di laboratorium bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang (Polines) sudah berjalan sejak berdirinya Polines pada tahun 1982 sampai sekarang, belum pernah melakukan pengujian kekuatan tarik. Hal ini karena kurangnya fasilitas alat pengujian bahan plastik. Berdasarkan hasil penelitian Suyadi, dkk (2007) yaitu kekuatan tarik antara jenis plastik PP, HDPE, dan LDPE masing-masing kekuatannya berbeda dan belum bisa menghasilkan pengukuran yang teliti, demikian pula berdasarkan hasil Penelitian Joko Widodo (2006) yaitu adanya inkonsistensi penyusutan produk pada proses pencetakan plastik dengan mesin injeksi belum mampu mengatasi kelemahan dan kekurangan pada produk-produk plastik yang ada di pasaran. Pada penelitian ini akan kami lakukan pengujian tarik sampel plastik sesuai SII 043-81, bahan sampel plastik tersebut diperoleh dengan cara mencetak ulang produk plastik bekas yang ada di pasaran., sehingga dapat diketahui jenis-jenis produk plastik yang ada di pasaran berdasarkan kekuatan dan regangan tariknya.

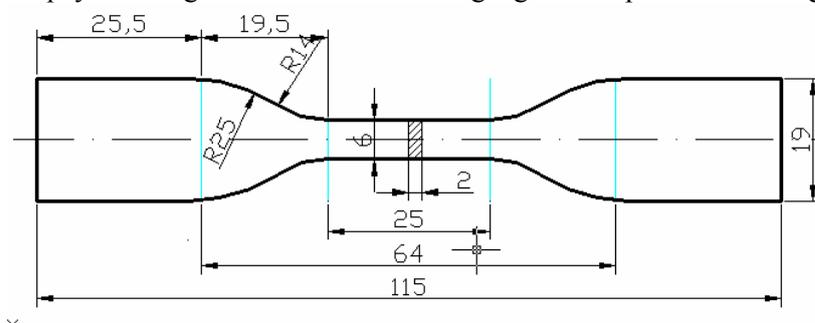
Mengingat pentingnya mengetahui kekuatan dan regangan tarik produk plastik dari bahan daur ulang sebagai mana tersebut di atas, maka kami perlu melakukan pengujian kekuatan tarik sampel plastik daur ulang dengan cara mengidentifikasi jenis bahan produk plastik yang dapat didaur ulang seperti PET, PP, LDPE, dan HDPE, maka untuk itu perlu observasi beberapa produk plastik yang ada di pasaran, mengelompokkan jenis plastik yang dapat didaur ulang agar dapat dicetak kembali, kemudian merajang masing-masing jenis plastik tersebut menjadi serpihan agar dapat dilebur dan dicetak menjadi sampel uji tarik, dan terakhir melakukan pengujian tarik sampel plastik ini supaya dapat diketahui besarnya kekuatan dan regangan tariknya.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kekuatan dan regangan tarik bahan produk plastik daur ulang dari jenis PET, PP, LDPE, dan HDPE yang ada di pasaran sehingga penelitian ini bisa bermanfaat bagi industri cetak plastik daur ulang mengetahui bahwa kualitas plastik daur ulang lebih rendah daripada plastik non daur ulang.

## Metoddologi

Metode penelitian meliputi serangkaian kegiatan :

1. Studi Literatur  
Pada studi ini dimaksudkan untuk menggali permasalahan limbah plastik yang dapat didaur ulang, kekuatan tarik produk-produk plastik dalam bidang cetak plastik berdasarkan teori dan beberapa referensi yang ada.
2. Observasi  
Observasi di lapangan dalam upaya untuk mengidentifikasi produk-produk dari bahan jenis plastik yang dapat didaur ulang dan yang tidak dapat di daur ulang dengan cara menguji densitasnya atau dengan cara dipanaskan/dibakar.
3. Perajangan  
Dari hasil identifikasi bahan-bahan produk plastik yang dapat di daur kemudian dirajang menjadi kecil-kecil atau serpihan ukuran 3x3 mm agar dapat dilebur dan dicetak menjadi sampel uji.
4. Pencetakan Sampel Uji  
Melakukan pencetakan sampel Uji di laboratorium Mesin Polines seperti gambar 1 di bawah dengan mesin injeksi plastik sebanyak 16 buah untuk masing-masing jenis bahan PET, PP, LDPE, dan HDPE.
5. Pengujian Tarik  
Dari hasil pencetakan sampel uji kemudian dilakukan pengujian tarik agar dapat diketahui kekuatan dan regangan tarik masing-masing jenis bahan plastik tersebut dan dari data hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan referensi atau hasil penelitian bahan plastik yang tidak daur ulang atau non daur ulang (NDU), apa bila kekuatan dan regangan tarik bahan plastik daur ulang (DU) lebih rendah dari pada bahan plastik yang non daur ulang (NDU) maka perlu kaji ekperimen atau penelitian tahun kedua yaitu dengan membuat bahan plastik paduan dari dua atau tiga gabungan dari masing-masing bahan PET, PP, LDPE, dan HDPE dalam upaya meningkatkan kekuatan dan regangan tarik plastik dur ulang.

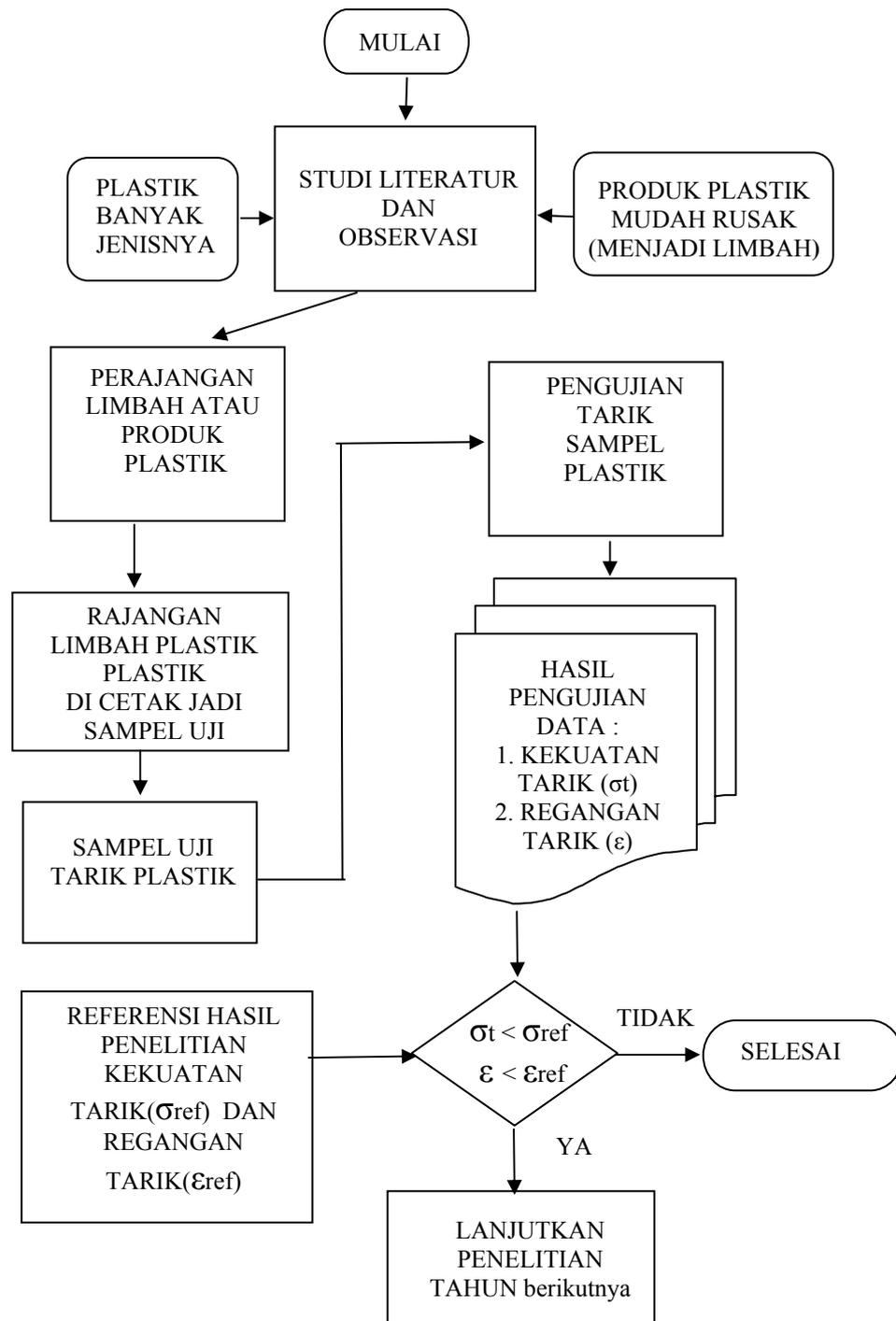


**Gambar 1.** Sampel uji tarik plastik SII 0431 – 81



**Gambar 2.** Cetakan sampel uji tarik plastik

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram penelitian

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik sampel plastik dilakukan setelah sampel plastik dingin dari pencetakan, dalam pencetakan sampel plastik yang baik adalah dengan menggunakan tekanan injeksi 5 sampai 7 bar dan temperatur peleburannya 130 sampa 200 °C sebagaimana rekomendasi hasil percobaan berulang-ulang praktikum mahasiswa dan instruktur di Laboratorium uji bahan plastik.

Keseluruhan pengujian tarik dari bahan PP, LDPE, dan HDPE disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

**Tabel 1.** Data perbandingan tegangan dan regangan tarik Non Daur Ulang (NDU) dengan Daur Ulang (DU) untuk bahan High Density Polyethylene (HDPE)

No.	Tegangan Tarik HDPE [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik HDPE [%]		Perbedaan NDU dengan DU Teg. & Reg.Tarik	
	NDU	DU	NDU	DU	Teg.Tarik [N/mm <sup>2</sup> ]	Reg.Tarik [%]
1	21.4	14.5	3	3.3	6.9	0.3
2	21.4	13.8	5	6.6	7.6	1.6
3	22.7	14	6	3	8.7	3
4	21.4	15.8	3	3.3	5.6	0.3
5	20.1	13.2	2	5	6.9	3
6	22.7	13.1	6	3.3	9.6	2.7
7	22.7	13.8	4	3.3	8.9	0.7
8	21.4	14.5	7	3.3	6.9	3.7
Rerata	21.725	14.088	4.5	3.8875	7.638	0.613

**Tabel 2.** Data Perbandingan Tegangan dan regangan tarik Non Daur Ulang (NDU) dengan Daur Ulang (DU) untuk bahan **Polypropilene (PP)**

No.	Tegangan Tarik PP [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik PP [%]		Perbedaan NDU dengan DU Teg. & Reg.Tarik	
	NDU	DU	NDU	DU	Teg.Tarik [N/mm <sup>2</sup> ]	Reg.Tarik [%]
1	14,7	12	21	16,7	2,7	4,3
2	14,7	11,8	20	18,3	2,9	1,7
3	13,4	13,1	20	16,7	0,3	3,3
4	13,4	13,1	18	15	0,3	3
5	13,4	11,8	16	15	1,6	1
6	14,7	11,2	35	16,7	3,5	18,3
7	13,4	13,2	20	18,3	0,2	1,7
8	13,4	11,6	24	15	1,8	9
Rerata	13,8875	12,225	21,75	16,4625	1,6625	5,2875

**Tabel 3.** Data Perbandingan Tegangan dan regangan tarik Non Daur Ulang (NDU) dengan Daur Ulang (DU) untuk bahan Light Density Polyethylene (LDPE)

No.	Tegangan Tarik LDPE [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik LDPE [%]		Perbedaan NDU dengan DU Teg. & Reg.Tarik	
	NDU	DU	NDU	DU	Teg.Tarik [N/mm <sup>2</sup> ]	Reg.Tarik [%]
1	9,4	15,1	110	26,7	5,7	83,3
2	10,7	14,5	76	30	3,8	46

No.	Tegangan Tarik LDPE [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik LDPE [%]		Perbedaan NDU dengan DU Teg. & Reg. Tarik	
	NDU	DU	NDU	DU	Teg. Tarik [N/mm <sup>2</sup> ]	Reg. Tarik [%]
3	9,4	14,2	70	31,7	4,8	38,3
4	10,7	13,1	110	33,3	2,4	76,7
5	9,4	13	100	30	3,6	70
6	10,7	15	62	29,1	4,3	32,9
7	9,4	15,8	100	26,7	6,4	73,3
8	10,7	15,2	60	26,7	4,5	33,3
Rerata	10,05	14,4875	86	29,275	4,4375	56,725

**Tabel 4.** Data Perbandingan Tegangan dan regangan tarik Non Daur Ulang (NDU) dengan Daur Ulang (DU) untuk bahan **Polyethylene terephthalate (PET)**

No.	Tegangan Tarik PET [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik PET [%]		Perbedaan NDU dengan DU Teg. & Reg. Tarik	
	NDU	DU	NDU	DU	Teg. Tarik [N/mm <sup>2</sup> ]	Reg. Tarik [%]
1	55	26,1	20	4,3	28,9	15,7
2	78,5	15,5	16,7	10,2	63	6,5
3	50	20,2	21,2	8,4	29,8	12,8
4	75	23,2	16,7	5,3	51,8	11,4
5	50,5	24,5	22	10,6	26	11,4
6	60,2	26,1	16,7	6,7	34,1	10
7	75,2	25,2	18,7	6,7	50	12
8	55,4	26,1	20	6,7	29,3	13,3
Rerata	62,475	23,3625	19	7,3625	39,1125	11,6375

#### Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

##### a. Hasil Pengujian Tarik Plastik jenis HDPE

HDPE (high density polyethylene) mempunyai densitas 950 kg/m<sup>3</sup> yang biasa dan sering dipakai untuk jerigen minyak pelumas, botol susu yang berwarna putih susu, kursi lipat, dan lain-lain. Hasil tarik plastik HDPE memiliki sifat keras, bahan mempunyai urutan kekuatan tarik ke dua setelah kekuatan tarik plastik PET, dibandingkan dengan Bahan PP dan LDPE, plastik HDPE lebih kuat tetapi ditinjau dari hasil pengukuran regangannya plastik HDPE sangat kecil, hal ini menunjukkan elastisitas HDPE sangat rendah atau cenderung getas (britle). Apabila bahan ini didaur ulang (DU) mempunyai sifat mekanis yang jelek sebagaimana hasil pengujian tarik yang ditunjukkan pada tabel 1, 5, dan 6 atau gambar 10, 11, 18 dan 19 dimana kekuatannya turun 35 % dan regangannya turun 14 % dari pada bahan plastik HDPE yang non daur ulang (NDU)

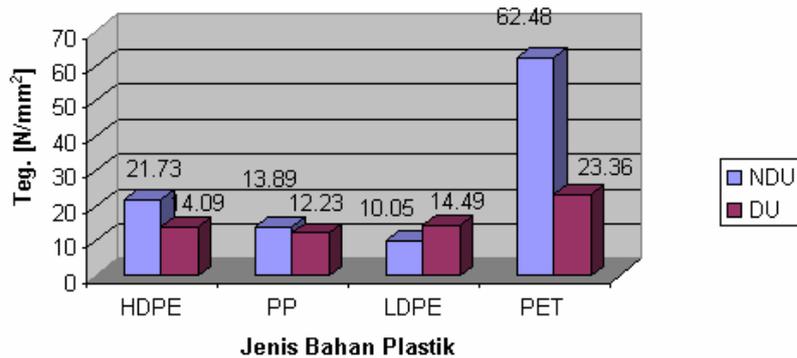
**Tabel 5.** Data Perbandingan rata-rata Tegangan dan Regangan tarik Non Daur Ulang (NDU) dengan Daur Ulang (DU) untuk bahan HDPE, PP, LDPE, dan PET

Jenis bahan plastik	Tegangan Tarik rata-rata [N/mm <sup>2</sup> ]		Regangan Tarik rata-rata [%]	
	NDU	DU	NDU	DU
HDPE	21,73	14,09	4,5	3,89
PP	13,89	12,23	21,75	16,46
LDPE	10,05	14,49	86	29,28
PET	62,48	23,36	19	7,36

**Tabel 6.** Data Kenaikan atau Penurunan rata-rata Tegangan dan Regangan tarik Daur Ulang (DU) terhadap NonDaur Ulang (NDU) untuk bahan HDPE, PP, LDPE, dan PET

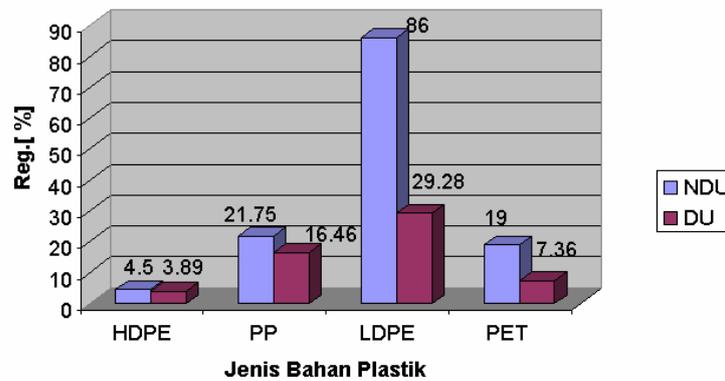
Jenis bahan plastik	Selisih Tegangan Tarik rata-rata DU terhadap NDU [N/mm <sup>2</sup> ]		Selisih Regangan Tarik rata-rata DU terhadap NDU [%]	
	Perbedaan	Keterangan	Perbedaan	Keterangan
HDPE	7.64	Penurunan Teg. 35%	0.61	Penurunan Reg. 14%
PP	1,66	Penurunan Teg. 12%	5,29	Penurunan Reg. 24%
LDPE	4,44	Kenaikan Teg. 44%	56,73	Penurunan Reg. 66%
PET	39,11	Penurunan Teg. 63%	11,64	Penurunan Reg. 61%

**BEDA TEGANGAN TARIK RATA-RATA PLASTIK DAUR ULANG (DU) DENGAN NON DAUR ULANG (NDU)**



**Gambar 4.** Perbedaan tegangan tarik rata-rata plastik-NDU dengan plastik-DU

**BEDA REGANGAN TARIK RATA-RATA PLASTIK DAUR ULANG (DU) DENGAN NON DAUR ULANG (NDU)**



**Gambar 5.** Perbedaan regangan tarik rata-rata plastik-NDU dengan plastik-DU



**Gambar 6.** Sampel tarik plastik LDPE sebelum dan sesudah ditarik

**b. Hasil Pengujian Tarik Plastik jenis PP**

Jenis plastik PP (polypropylene) ini mempunyai densitas  $905 \text{ kg/m}^3$  adalah pilihan bahan plastik terbaik, hal ini bisa dijumpai di toko-toko produk plastik terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan alat-alat rumah tangga yang lain. Polipropilen lebih kuat, ringan, dan cukup mengkilap. Berdasarkan hasil pengujian tarik plastik PP yang ditunjukkan di tabel 2 dan 5 bahwa plastik ini mempunyai kekuatan tarik yang baik ke tiga setelah PET dan HDPE, tetapi regangan tariknya terbaik ke dua setelah LDPE. Jadi plastik ini mempunyai kekuatan tarik sedang namun regangannya baik, sehingga untuk bahan jenis plastik PP ini banyak digunakan sebagai bahan untuk membuat produk-produk peralatan rumah tangga. Apabila bahan jenis plastik ini di daur ulang untuk dicetak kembali menghasilkan kekuatan tarik kurang baik terjadi penurunan yaitu dari  $13,89 \text{ N/mm}^2$  menjadi  $12,3 \text{ N/mm}^2$  (terjadi penurunan kekuatan tarik sebesar 12 %), demikian pula regangannya turun dari 21,75 % menjadi 16,46 % (besarnya penurunan regangan tarik 24 %) sebagaimana ditunjukkan di tabel 2, 5, dan 6. Sehingga plastik pp daur ulang ini masih cukup layak dipakai untuk pembuatan produk rumah tangga.

**c. Hasil Pengujian Tarik Plastik jenis LDPE**

LDPE (low density polyethylene) yaitu plastik berasal dari bawahan minyak bumi dengan densitas  $920 \text{ kg/m}^3$ , biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat yaitu sebesar  $10,05 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tarik 86 % (berdasarkan hasil pengujian tarik yang ditunjukkan pada tabel 3 dan 5) agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada pemakaian di bawah suhu di bawah  $60^\circ\text{C}$  sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas dan kuat. Berdasarkan hasil pengujian tarik antara plastik LDPE daur ulang (DU) dengan non daur ulang (NDU) menunjukkan kelaianan sebagaimana halnya plastik HDPE, PP, dan PET yang mengalami penurunan tegangan dan regangan, tetapi pada jenis plastik LDPE daur ulang yang dicetak kembali, mengalami kenaikan tegangan tarik dari  $10,05 \text{ N/mm}^2$  menjadi  $14,49 \text{ N/mm}^2$  (mengalami peningkatan tarik sebesar 44 %), tetapi mengalami penurunan regangan dari 86 % menjadi 29,28 % (terjadi penurunan regangan tarik sebesar 66%) bisa dilihat di tabel 5 dan 6. Dengan demikian untuk jenis plastik LDPE tidak masalah bila didaur ulang untuk dicetak kembali.

**d. Hasil Pengujian Tarik Plastik jenis (PET)**

PET (*polyethylene terephthalate*) mempunyai densitas  $1455 \text{ kg/m}^3$ , biasa dipakai untuk botol plastik, berwarna jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Botol jenis pet/pete ini direkomendasikan hanya sekali pakai, ditunjukkan di tabel 4, 5, dan 6 menunjukkan tegangan tarik plastik PET sebesar  $62,48 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tariknya 19 %, hal ini berarti bahwa plastik PET non daur ulang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi di atas HDPE, PP, dan LDPE dan regangan tarik medium. Ditinjau dari kekuatan tarik yang tinggi dan regangan yang sedang, maka jenis plastik cocok untuk wadah air minum kemasan yang mampu menahan tekanan air tsb. Untuk kekuatan dan regangan tarik plastik PET yang daur ulang (DU) hanya menghasilkan tegangan tarik  $23,36 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tarik 7,36 %, hal ini berarti ada penurunan kualitas tegangan 63 % (dari kekuatan tegangan tarik dari  $62,48 \text{ N/mm}^2$  menjadi  $23,36 \text{ N/mm}^2$ ) dan penurunan kualitas regangan terhadap jenis plastik PET 61% yaitu dari regangan tarik 19 % menjadi 7,36 %, walaupun terjadi penurunan kekuatan dan regangan tariknya, namun kekuatan tariknya tetap masih yang tertinggi bila dibandingkan dengan plastik dari bahan HDPE, PP, atau LDPE. Sehingga produk-produk daur ulang dari bahan PET masih layak dilakukan.

**Kesimpulan dan Saran****Kesimpulan**

1. Berdasarkan pengujian tarik sampel plastik non daur ulang (NDU) pada tahun pertama menghasilkan kekuatan atau tegangan tarik PET= $62,48 \text{ N/mm}^2$ , HDPE= $21,73 \text{ N/mm}^2$ , PP= $13,89 \text{ N/mm}^2$ , dan LDPE= $10,05 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tarik NDU PET=19%, HDPE=4,5%, PP=21,75%, dan LDPE=86%. Untuk pengujian tarik plastik daur ulang (DU) menghasilkan

---

kekuatan atau tegangan tarik PET=23,36 N/mm<sup>2</sup>, HDPE=14,09 N/mm<sup>2</sup>, PP=12,23 N/mm<sup>2</sup>, dan LDPE=14,49 N/mm<sup>2</sup> dan regangan tarik daur ulang (DU) PET=7,36%, HDPE=3,89%, PP=16,46%, dan LDPE=29,28%. Jadi secara umum pengujian tarik plastik daur ulang (DU) terhadap plastik non daur ulang (NDU) menghasilkan perbedaan sebagai berikut : tegangan tarik PET turun 63%, HDPE turun 35%, PP turun 12%, LDPE naik 44%. Sedangkan regangan tarik plastik daur ulang (DU) untuk semua sampel uji plastik mengalami penurunan terhadap NDU masing-masing penurunan sebagai berikut : PET turun 61%, HDPE turun 14%, PP turun 24%, dan LDPE turun 66%.

2. Hasil kekuatan tarik produk plastik daur ulang masih rendah kecuali plastik dari LDPE, untuk itu perlu ditingkatkan kekuatan tariknya dengan melakukan penelitian lanjutan pada penelitian tahun kedua. Sedangkan untuk rencana penelitian tahun kedua peneliti akan melakukan uji eksperimen dengan cara memadu dua atau tiga bahan plastik dari masing-masing bahan PET, HDPE, PP, dan LDPE untuk dilebur dan dicetak menjadi sampel plastik jenis baru (paduan) kemudian diuji kekuatan tariknya, kemudian di analisis dan dipilih jenis paduan yang mempunyai kekuatan tarik tertinggi untuk dijadikan rujukan kembali kepada industri cetak plastik dalam upaya memperbaiki kekuatan tarik produk plastiknya.

### **Saran**

1. Plastik jenis LDPE daur ulang (DU) yang mempunyai karakteristik peningkatan kekuatan tarik sebesar 44 % terhadap kekuatan non daur ulang (NDU) atau dari 10,05 N/mm<sup>2</sup> menjadi 14,49 N/mm<sup>2</sup> dengan regangan tarik daur ulang 29,28 % menunjukkan bahwa bahan plastik LDPE apa bila didaur ulang untuk dicetak kembali menjadi produk-produk rumah tangga tidak akan bermasalah baik dari segi kekuatan maupun regangan tariknya.
2. Plastik jenis PET daur ulang (DU) walaupun mengalami penurunan kekuatan tarik 63% terhadap non daur ulang (NDU) atau menjadi 23,36 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan ini masih tergolong tinggi meskipun regangannya hanya 7,36 %. Jadi plastik jenis PET bisa direkomendasikan untuk didaur ulang menjadi produk-produk rumah tangga tetapi tidak boleh dibuat untuk produk botol air minum seperti PET non daur ulang (NDU).
3. Plastik jenis PP dan HDPE tidak boleh didaur ulang untuk produk rumah tangga, karena regangan tariknya kecil, hal ini akan membuat sifat daur ulang plastik ini mudah pecah, kecuali bila dipadu dengan bahan plastik yang lain seperti bahan LDPE atau PET (masih dalam rencana penelitian tahun kedua).

### **Ucapan Terimakasih :**

Kepada DP2M DIKTI yang telah membiayai penelitian hibah bersaing tahun anggaran 2009 hingga selesai.

### **Daftar Pustaka**

- Carli, dkk, 2006, *Penerapan Mesin Perajang Limbah Plastik Botol Minuman Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kualitas Produk Pada Ukm Pengolah Limbah Plastik Menjadi Siap Olah*, Prgram TTG, Depdiknas Jateng.
- Meriam, JL , 1993, *Mekanika Teknik Dinamika*, Erlangga, Jakarta.
- Suyadi, dkk, 2007, *Pembuatan Alat Uji Tarik Sampel Plastik Sistem Pneumatik Dengan Memanfaatkan Mikrokontroler Untuk Diversifikasi Pengujian Destruktif Non Metal*, Penelitian Dosen Muda, Dikti Jakarta.
- Taufiq Rochim, 1995, *Teori Dan Teknologi Proseses Pemesinan*, Bandung, ITB.
- 2003, *Hasil Studi Eksplorasi Pada Industri Pengolah Limbah Sampah Plastik di Semarang*, Ungaran dan Kendal.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene\\_terephthalate](http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate)