

# Pengaruh Penambahan Bahan Daur Ulang Pada Kekuatan Mekanis Dari Proses Pembuatan Roda Gigi Berbahan Acrylonitrile Butadiene Styrene ( ABS )

Bambang Setiawan<sup>1</sup>, Gunawan Hidayat <sup>2</sup>, Thomas Junaedi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta , Kode Pos 10510

\*E-mail koresponden : bambang.setiawan@umj.ac.id

## ABSTRAK

Material berbahan Plastik saat ini banyak dikembangkan oleh industri , terutama untuk industry automotive dan industry manufaktur. Bahan plastik mempunyai banyak kelebihannya dibandingkan dengan material berbahan logam atau bahan lainnya . selain mudah dibentuk juga mempunyai berat yang ringan , anti karat tahan terhadap bahan kimia serta mempunyai keuletan yang tinggi , konduktivitas yang rendah serta mempunyai sifat isolasi yang tinggi.Salah satu aplikasi penggunaan bahan plastic ini adalah roda gigi . Syarat dalam proses pembuatan roda gigi harus mempunyai ketahanan gesek yang tinggi . Faktor ketahanan gesek ini sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan roda gigi , Tetapi di pasaran untuk mendapatkan keuntungan yang tinggi bahan dasar roda gigi ditambahkan bahan daur ulang , hal ini demi mendapatkan keuntungan yang tinggi . Dasar dari pemikiran ini , penulis ingin mengetahui sampai seberapa besar pengaruh penambahan bahan daur ulang terhadap ketahanan mekanis dari roda gigi , baik dari Modulus elastisitas dari bahan , kekerasan material . Adapun proses penambahan bahan daur ulang akan ditambahkan sbesar 15 % , 25 % dan 40 % . Pengujian hasil dilakukan secara uji visual , uji Tarik dan uji kekerasan dan dilihat besar modlus elastisitasnya. Dari hasil penambahan bahan daur ulang terhadap bahan murni ABS , terdapat strctch pada bahan , kekerasan pada penambahan 40 % sebesar 31,2 HRC , kekuatan tariknya mengalami penurunan 32,64 Mpa , dan Modulus Elastisitas 1,52 MPa

**Kata kunci:** Roda gigi , kekerasan , modulus elastisitas , uji tarik , uji kekerasan

## ABSTRACT

*Materials made of plastic are currently widely developed by industry, especially for the automotive industry and the manufacturing industry. Plastic materials have many advantages compared to metal materials or other materials. In addition to being easy to form, it also has light weight, anti-rust, resistant to chemicals and has high ductility, low conductivity and high insulation properties. One of the applications of using this plastic material is gears. The requirements in the process of manufacturing gears must have high friction resistance. This friction resistance factor is considered in the manufacture of gears, but in the market to get high profits the basic material of gears is added recycled materials This is for the sake of getting high profits. The basis of this thought, the author wants to know how much influence the gradual addition of recycled materials is the mechanical resistance of the gears, both from the modulus of elasticity of the material, the hardness of the material. The process of adding recycled materials will be added by 15%, 25% and 40%. The test results were carried out by visual test, tensile test and hardness test and the elasticity modulus was greatly seen. From the results of the addition of recycled materials to pure ABS materials, there is a strctch in the material, hardness at an increase of 40% by 31.2 HRC, the tensile strength decreases by 32.64 Mpa, and the Modulus of Elasticity is 1.52 MPa*

**Keywords:** Gears, hardness, modulus of elasticity, tensile test, hardness test

## 1. PENDAHULUAN

Roda gigi merupakan salah satu jenis elemen transmisi yang penting untuk pemindahan gerak, daya atau tenaga pada suatu sistem transmisi antara penggerak dan yang digerakkan. Pertemuan antara gigi penggerak dan gigi yang digerakkan merupakan Gerakan / gesekan secara dinamik, hal ini dimungkinkan akan terjadi keausan pada material. Untuk itu dalam pembuatan roda gigi harus dipikirkan bagaimana mencari material yang tahan gesek, ringan, mempunyai keuletan yang tinggi serta tahan panas. Salah satu material plastik telah dikembangkan dalam pembuatan roda gigi. Selain kelebihan dari bahan plastik, antara lain mempunyai berat yang ringan, mempunyai keuletan yang tinggi, tahan gesek, tahan karat, mempunyai konduktivitas yang rendah serta mempunyai sifat isolasi yang tinggi. Beberapa keunggulan penggunaan roda gigi berbahan plastik yang lainnya yaitu mempunyai kelembaman yang rendah, roda gigi dapat digerakkan dengan sedikit atau tanpa adanya pelumasan, mempunyai kemampuan beroperasi dengan baik dibawah kondisi getaran, guncangan dan benturan yang tinggi. Biaya pembuatannya relative lebih murah, keausan yang lebih rendah dibandingkan dengan logam. Namun dalam pembuatan roda gigi, bila ditambahkan dengan penambahan daur ulang, sampai seberapa besar yang diijinkan sehingga persyaratan dari material akan tetap terpenuhi. Bahan-Bahan Plastik untuk Roda Gigi. Bahan plastik yang tersedia begitu beragam sehingga sulit untuk memilih bahan yang tepat karena itu selama proses perancangan sistem roda gigi setidaknya kita Analisa dan dihitung kekuatan dari masing masing bahan. Adapun material yang ada di pasaran, antara lain; ABS (acrylonitrile butadiene styrene), acetal, nylon, polycarbonate, polyster, dan polyurethane. Perancang harus mengusahakan keseimbangan dari berbagai karakteristik

Tabel 1 Tegangan Lengkung Bahan Plastik

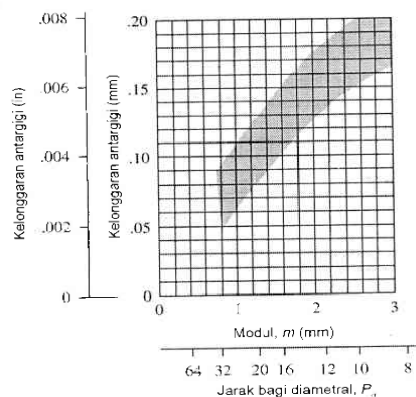
bahan yang tepat untuk aplikasi diantaranya sebagai berikut: Kekuatan lentur terhadap kondisi-kondisi lelah, Modulus elastisitas yang tinggi untuk kekuatan, Kekuatan terhadap tumbukan dan ketangguhan, Ketahanan terhadap keausan dan goresan, Kestabilan ukuran terhadap suhu, Kestabilan ukuran terhadap zat dan kelembaban Kondisi operasi terhadap lingkungan yang bergetar, Biaya pengadaan, Kemudahan pemrosesan dan pembuatan, Kemudahan perakitan dan pembongkaran, Kecocokan dengan elemen-elemen yang berhubungan dengannya, Kemampuan menghambat nyala api. Bahan-bahan plastik dasar yang didaftarkan sebelumnya adalah contoh-contoh bahan yang dapat dimodifikasi dengan unsur pengisian zat-zat aditif untuk memperoleh sifat-sifat pasca pencetakan yang optimal. Kekuatan Perancangan untuk Roda Gigi Plastik Data yang ada di sini adalah bahan-bahan plastik yang lazim digunakan untuk roda gigi. Bahan-bahan ini dapat diterapkan untuk perancangan roda gigi plastik. Namun verifikasi mengenai sifat-sifat bahan yang sungguh-sungguh akan digunakan dalam penerapan komersial, kaitannya dengan kondisi operasi, harus diperoleh dari penyalur bahan. Pengaruh suhu terhadap kekuatan, modulus, ketangguhan, stabilitas kimia, dan kepresisian ukuran merupakan aspek yang penting untuk diperhatikan. Tabel 1 merupakan Tabel Tegangan Lengkung terpilih untuk roda gigi dari plastik., Peningkatan tegangan izin yang signifikan dapat dihasilkan dengan penambahan unsur kaca. Gabungan serat kaca dan matriks plastik dasar ini menyerupai bahan komposit, dengan sejumlah unsur pengisi yang lazimnya berkisar 20% sampai 50%. Imana tabel 1 tegangan lengkung pendekatan untuk roda-roda gigi plastik dapat dilihat dibawah ini.

Bahan	Tegangan lengkung izin pendekatan, ksi (MPa)	
	Tanpa unsur pengisi	Diisi kaca
ABS	3000 (21)	6000 (41)
Acetal	5000 (34)	7000 (48)
Nylon	6000 (41)	12 000 (83)
Polycarbonate	6000 (41)	9000 (62)
Polyester	3500 (24)	8000 (55)
Polyurethane	2500 (17)	

### Geometri Gigi

Umumnya geometri gigi standar untuk roda gigi dari plastik sesuai dengan konfigurasi. Jarak bagi diametral dan modul metrik standar harus digunakan, kecuali ada keunggulan utama kalau menggunakan nilai-nilai yang lain. Kemampuan penyalur untuk menyediakan jarak bagi di luar standar harus dibuktikan. Para perancang kadang-kadang menggunakan bentuk gigi khusus untuk menjahit kekuatan gigi-gigi roda gigi dari plastik untuk menjawab tuntutan penerapan khusus. Sistem roda gigi dengan pemotongan kepala dengan sudut tekan  $20^\circ$  memberikan gigi yang lebih pendek dan lebih luas dari sistem kedalaman penuh dengan sudut tekan  $20^\circ$ , sehingga dapat mengurangi tegangan

lengkung pada gigi. Kebanyakan perancang roda gigi plastik lebih suka menggunakan tinggi kepala yang lebih panjang pada pinyon dan tinggi kepala lebih pendek pada roda gigi pasangannya untuk mendapatkan operasi yang lebih baik, karena plastik lebih luwes dibanding logam. Ketebalan gigi entah pada pinyon ataupun roda gigi, atau pada keduanya, lazimnya ditipiskan untuk memberikan kelonggaran antar gigi yang dapat diterima dan menjamin roda-roda gigi tidak akan terjepit. Terjepitnya roda gigi mungkin dikarenakan defleksi gigi-gigi yang terbebani atau terjadinya pemuaian akibat meningkatnya suhu atau penyerapan kelembaban karena masuknya air atau kelembaban yang tinggi.



Gambar 1 Kelonggaran Antar Gigi

### Penyusutan pada Roda Gigi Plastik

Selama pembuatan roda gigi plastik melalui pencetakan injeksi, pembesaran jarak bagi diametral efektif dan diameter jarak bagi gigi-gigi pada cetakan adalah untuk menyediakan penyusutan. Tekanan

yang diberikan juga harus diatur. Koreksi-koreksi nominalnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{dc} = \frac{P_d}{(1+S)} \quad (1)$$

$$\cos\Phi_1 = \frac{\cos\Phi}{(1+S)} \quad (2)$$

$$D_c = \frac{N}{P_{dc}} \quad (3)$$

Setelah pencetakan gigi-gigi harus diperiksa apakah benar - benar telah mendekati geometri standarnya. Pengaturan-pengaturan tambahan kadang-kadang harus dilakukan, dengan

#### Analisis Tegangan

Analisis tegangan lengkung untuk roda-roda gigi plastik didasarkan oleh faktor-faktor pemodifikasi yang disarankan oleh standar AGMA untuk roda gigi dari baja tidak ditetapkan untuk roda-roda gigi plastik. Kita dapat memasukan faktor ketidaktentuan atau faktor pembebanan kejut dengan memasukan sebuah faktor

cara menghilangkan tepi gigi-gigi untuk mendapatkan penghubungan yang lebih halus dan menambah lebar gigi di bagian dasar dekat titik yang mengalami tegangan lengkung palin tinggi.

keamanan. Dimana persamaan tegangan lengkung dapat dilihat dibawah ini.

$$\sigma_t = \frac{W_t P_d (SF)}{F Y} \quad (4)$$

Dari persamaan analisis tegangan diatas maka terdapat pula faktor bentuk gigi untuk menetapkan bentuk gigi. Maka dari itu untuk menentukan faktor bentuk gigi yang diinginkan maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

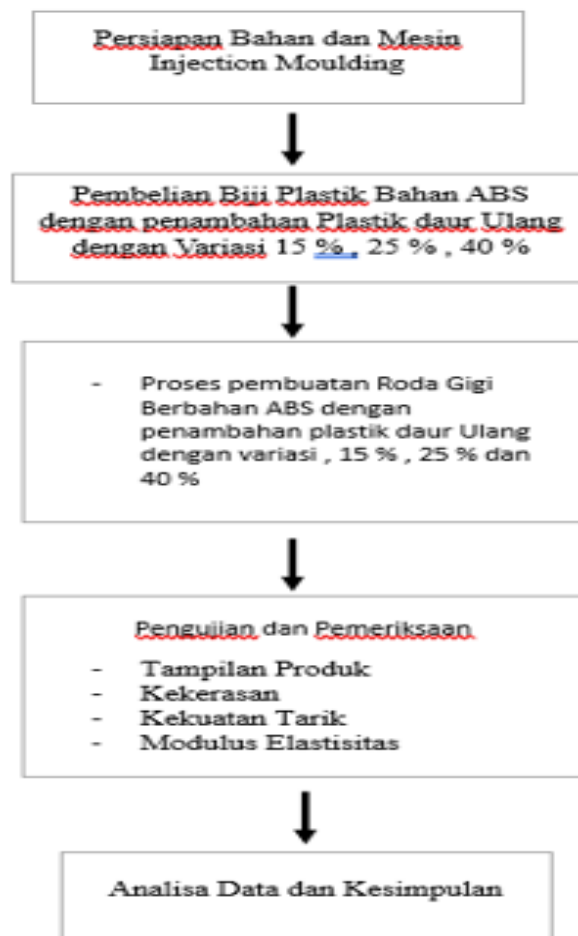
Tabel 2  
Faktor bentuk Gigi

Jumlah gigi	Bentuk gigi		
	Kedalaman Penuh 14 ½°	Kedalaman Penuh 20°	Dangkal 20°
14	—	—	0,540
15	—	—	0,566
16	—	—	0,578
17	—	0,512	0,587
18	—	0,521	0,603
19	—	0,534	0,616
20	—	0,544	0,628
22	—	0,559	0,648
24	0,509	0,572	0,664
26	0,522	0,588	0,678
28	0,535	0,597	0,688
30	0,540	0,606	0,698
34	0,553	0,628	0,714
38	0,566	0,651	0,729
43	0,575	0,672	0,739
50	0,588	0,694	0,758
60	0,604	0,713	0,774
75	0,613	0,735	0,792
100	0,622	0,757	0,808
150	0,635	0,779	0,830
300	0,650	0,801	0,855
Batang gigi	0,660	0,823	0,881

Nilai-nilai untuk faktor bentuk Lewis, Y, yang ditunjuk dalam Tabel, menjelaskan gigi involut yang bekerja seperti sebuah kantilever dengan beban yang diberikan di sekitar titik jarak baginya. Dengan demikian menunjukkan tegangan lengkung

di akar gigi. Sebagian besar perancangan roda gigi plastik dianjurkan untuk memberikan jari-jari filet diantara awal profil involut yang aktif pada muka gigi bagian bawah dan akar gigi, sehingga dapat memperkecil konsentrasi tegangan

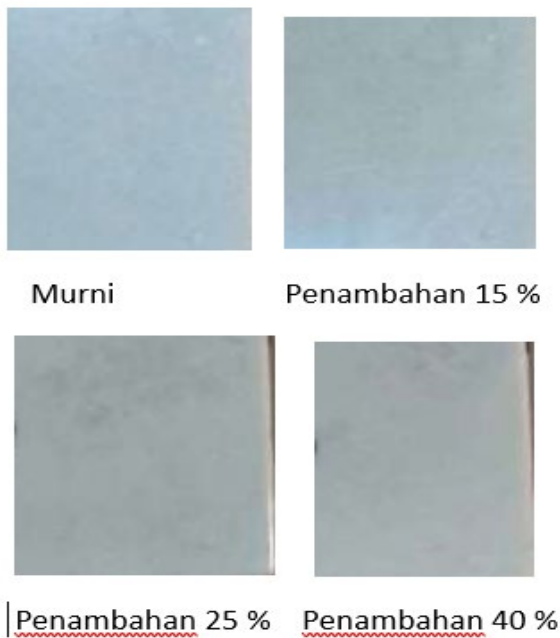
## 2. METODE PELAKSANAAN



## 3. Hasil dan Pembahasan

Secara teoritis sifat mekanis plastik akan berubah oleh pemanasan dan lamanya pemakaian. Plastik daur ulang merupakan plastik yang pernah diproduksi dan diolah lagi menjadi bahan baku pembuatan produk plastik. Plastik daur ulang pernah mengalami proses pemanasan. Plastik yang pernah mengalami proses pemanasan dan pembentukan tentu akan mengalami perubahan sifat mekanik. Perubahan sifat terjadi akibat proses pemanasan yang akan mempengaruhi sifat ikatan plastik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terlihat bila ada perubahan sifat plastik yang diberi tambahan plastik daur ulang. Perubahan

sifat dapat dilihat dari kekuatan, modulus elastisitas dan kekerasan. Jika dilihat dari perubahan sifat mekanisnya maka tambahan plastik daur ulang hingga 40% terdapat penurunan sifat mekanis dari bahan ABS. Tetapi penurunan yang tidak signifikan, namun masih layak digunakan untuk produk. Sehingga dari segi keterandalan sifat mekanis masih baik dan berada di atas sifat semula. Artinya bahan plastik mampu dan aman menopang gaya yang di tanggungannya. Ditinjau dari sifat fisis atau penampakan perubahan tekstur plastik terdapat stretch mark setiap penambahan bahan ABS daur ulang, dapat dilihat pada gambar 3.



Murni Penambahan 15 %

Penambahan 25 % Penambahan 40 %

Gambar 3 Penampakan hasil tekstur

Kekuatan tarik merupakan kemampuan material untuk menahan kerusakan terhadap beban tarik. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanis yang penting dalam kekuatan struktur material. Kekuatan tarik dapat menunjukkan kemampuan material dalam menerima beban tarik. Berdasar hasil pengujian untuk material ABS yang dicampur dengan plastik ABS daur ulang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian kekerasan, dengan temperatur 370°C

No	Kadar Campuran	Rata rata uji kekerasan (HRC)	Keterangan
1	Murni	29	
2	Penambahan 15 %	30.3	
3	Penambahan 25 %	30.8	
3	Penambahan 40 %	31,2	

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan plastik daur ulang mengalami kenaikan, hal ini dimungkinkan karena jenis penambahan plastik yang tidak diketahui identitasnya, karena terdiri dari campuran bahan plastik. Hal ini mengakibatkan kelenturan atau gaya tarik material menurun, hal ini bisa dilihat dari tabel 4. Dari hasil penambahan material dari plastik bahan

daur ulang memungkinkan hasil dari injecion moulding kurang sempurna



Gambar 4 hasil cetakan roda gigi dengan komposisi penambahan 40 %

Tabel 4 Rata Kekuatan Tarik ( sampel dilakukan 3 kali )

No	Kadar Campuran	Rata rata kekuatan tarik ( Mpa )	Keterangan
1	Murni	33,42	
2	Penambahan 15 %	33, 14	
3	Penambahan 25 %	32.93	
3	Penambahan 40 %	32,64	

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan dari material. Material yang memiliki modulus elastisitas tinggi maka dapat dikatakan bahwa material tersebut kaku. Modulus elastisitas diperoleh dari perbandingan kekuatan tarik terhadap regangan pada daerah elastis. Material uji ABS menunjukkan modulus elastisitas sebagaimana terangkum pada tabel 5, yang menunjukkan bahwa penambahan ABS daur ulang mempengaruhi modulus elastisitas bahan ABS. Pengaruhnya menunjukkan kecenderungan peningkatan harga modulus elastisitas. Perpanjangan panjang ( elongation ) dari hasil penambahan bahan daur ulang menunjukkan semakin besar penambahan daur ulang akan mempengaruhi sifat kemuluran bahan yang memungkinkan material cenderung rapuh

Tabel 5 Modulus Elastitas ( sampel dilakukan 3 kali )

No	Kadar Campuran	Elongation ( mm )	Modulus Elastisitas ( Mpa )
1	Murni	3,42	1,587
2	Penambahan 15 %	3,38	1,573
3	Penambahan 25 %	3,32	1,568
3	Penambahan 40 %	3,28	1,52

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisa, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. jika dilihat dari tampilan penambahan bahan ABS daur ulang terdapat stretch mark
2. Penambahan bahan daur ulang mempengaruhi kekerasan, kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ini ditujukan pada LPPM UMJ atas pembiayaan proses Penelitian. Hal ini sesuai nomor surat kontrak Penelitian No 393 Tahun 2024

### DAFTAR PUSTAKA

Billmeyer, F., ( 1994 ). Text Book of Polymer Science, John Wiley and sons (SEA), pp. 270-271., Buku

le Property Testing of Plastics Ultimate Tensile Strength, Buku

Brice D.M ,( 1998 ), Plastic Injection Mold Design and Construction Fundamentals , Society of Manufacturing Engineers , Dearborn , Michigan., buku

Budinski , Kenneh, Michael ,(1999), Engineering Materials , Prince Hall International , London .Buku

Callister, W.D ,(1997) , Material Science and Engineering , John Willey & Sons , inc , Canada.Buku

Mujiarto , Iman , (2005) , Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Additif , Traksi Vol 3 No 2 , Jurnal

Surdia , Tata ,( 1985 ) , Pengetahuan Bahan Teknik , Edisi 4 , Pradnya Paramita , Jakarta, Buku

Quadrant Engineering Plastics Product, (2007) , Tnsi