

## **ANALISIS KEKUATAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA MATERIAL POLIMER PENYUSUN KIPAS RADIATOR**

Ery Diniardi<sup>1</sup>, Anwar Ilmar Ramadhan<sup>1</sup>, Hasan Basri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

<sup>2</sup>D3-Otomotif dan Alat Berat, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: [erydiniardi@yahoo.co.id](mailto:erydiniardi@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

*Indonesia yang kaya bahan baku untuk industri mempunyai potensi yang besar untuk menghasilkan produk industri lokal satunya adalah polimer. Pemanfaatan polimer mengalami pemanfaatan yang sangat pesat, terutama pada industri otomotif. Polimer dibedakan menjadi 4 macam, menurut sifat masing-masing bahan tersebut, diantaranya adalah termoplastik, termoset, elastomer dan termoplastik elastomer. Dalam penelitian ini untuk mengetahui mutu dan unsur dari bahan polimer, khususnya pada kipas radiator. Penelitian yang dilakukan adalah pengujian tarik, impak dan struktur mikro (identifikasi) pada bahan polimer. Hasil uji tarik pada berbagai tingkat temperatur tarik menunjukkan perbedaan yang signifikan, namun demikian regangan patah pada temperatur uji 90°C mempunyai nilai jauh lebih besar dibandingkan pada temperatur uji 24°C, demikian halnya dengan hasil uji impak. Hasil indentifikasi struktur mikro bahan tersebut diketahui sebagai polipropilen (PP).*

*Kata kunci: polimer, kipas radiator, tarik, impak, struktur mikro*

### **ABSTRAK**

*Being rich of raw materials for industries, Indonesia has a big potential to produce industrial products locally, including polymer. The application of polymer immensely increases, especially in automotive industry. There are 4 types of polymers based on their properties: thermoplastic, termoset, elastomer, and thermoplastic elastomer. The objective of this study is to determine the quality and elements of polymer materials, especially the one in radiator fans. Analyses conducted were tensile test, impact test and microstructure identification of the polymer materials. The result of tensile test at various test temperatures shows significant differences. The broken strain at test temperature of 90°C was much higher than that at 24°C, as also appeared at impact test. Microstructure identification reveals that the material was polypropylene (PP).*

*Keywords: polymer, radiator fan, tensile, impact, microstructure*

### **PENDAHULUAN**

Tuntutan dan kebutuhan bangsa Indonesia akan suatu produk industri yang berkualitas dengan harga yang terjangkau makin meningkat seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat.

Produk-produk yang ada di Indonesia sebagian besar di import dari negara-negara industri maju, hal ini akan merugikan bagi perkembangan teknologi dan industri nasional. Agar teknologi

dan industri nasional kita tidak semakin tertinggal maka kita harus menguasai rahasia teknologi produk-produk import tersebut.

Indonesia yang kaya akan bahan baku untuk industri mempunyai potensi yang besar untuk bahan polimer (plastik). Pemanfaatan komponen otomotif dari bahan dasar polimer (plastik) telah mengalami perkembangan yang sangat pesat terutama 2 tahun terakhir, dari hanya beberapa kg per unit mobil sampai mencapai 105 kg pada rata-rata otomotif yang dibuat pada tahun 2000.

Data dari *Japan Automotive Research Institute* menunjukkan pergeseran penggunaan material. Dimana material plastik menunjukkan pergeseran penggunaan material, dimana material plastik menunjukkan trend (kecenderungan) kenaikan yang cukup signifikan:

Penggunaan Material dalam otomotif

-Stell sheet	4 %	-Zinc,
copper, Mg	2 %	-
-Plain sheet	18 %	-
Rubbber	5,6 %	-
-Alluminium	8 %	-
Plastik	9,3 %	-
-Cast iron	6,4 %	-Other
material	9,7 %	

Ada beberapa faktor yang turut memicu perubahan tersebut antara lain: plastik memungkinkan proses produksi dengan bentuk yang kompleks sehingga dimungkinkan desain tata letak yang lebih kompak (lebih fleksibel), tahan terhadap bahan kimia. Selain hal tersebut juga menghemat bahan bakar minyak (BBM) diperkirakan 0,5 liter/100 km akibat pengurangan berat yang mencapai 200-300 kg, atau jika dianggap umur kendaraan bermotor 150.000 km maka penghematannya mencapai 750 liter per unit kendaraan. Pengurangan pemakaian BBM berarti penurunan polusi emisi gas buang.

Bila kita telah menguasai produk import, maka kita dapat menghasilkan produk industri lokal yang mutunya tidak jauh berbeda dengan produk-produk import, sehingga nantinya akan meningkatkan kembali kehidupan ekonomi dan industri nasional yang menuju masyarakat dan makmur tanpa tergantung pada teknologi negara-negara maju.

### TINJAUAN PUSTAKA

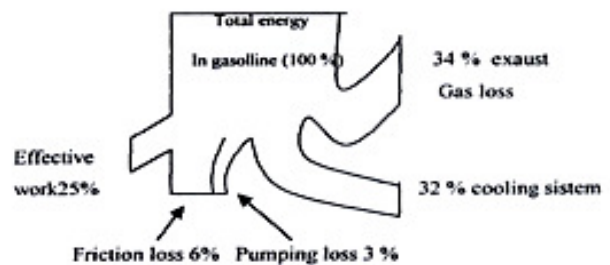
Pada mesin, bahan bakar dibakar pada ruang bakar (silinder) untuk mengubah energi panas menjadi energi gerak. Tetapi tidak semua energi panas berubah menjadi energi gerak, hanya kira-kira 25 % energi yang dimanfaatkan secara efektif. Dan sebesar 45 % lainnya hilang pada saat gas buang atau gesekan dan 30 % terserap oleh mesin itu sendiri.

Panas yang dihasilkan harus segera dibuang ke udara, sebab apabila tidak, maka mesin akan

terlalu panas dan dapat mempercepat keausan mesin. Oleh sebab itu mesin mobil saat ini dilengkapi dengan sistem pendingin guna mencegah terjadinya panas yang berlebihan karena operasional mesin itu sendiri.

Pada mesin bensin hanya 23 sampai 28% energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar dari bahan silinder yang dimanfaatkan secara efektif sebagai tenaga sedangkan sisanya terbuang dalam berbagai bentuk, dibawah ini adalah pembagian 100% tenaga yang dihasilkan, diantaranya:

- 34% untuk gas buang (*exhaust gas loss*)
- 32 % untuk system pendingin (*colling system*)
- 25 % untuk efektifitas kerja (*effective work*)
- 6 % untuk gaya geser (*friction loss*)
- 3 % untuk system pompa (*pumping loss*)



Gambar 1. Pemakaian energi bahan bakar pada mesin

Cara pendinginan-pendinginan yang dikenal selama ini adalah sebagai berikut:

1. Pendinginan langsung (pendinginan udara)
2. Pendinginan tidak langsung (kombimasi pendinginan air dengan udara)

Kedua cara ini dapat menyerap 33 % panas mesin ke atmosfer (udara luar) melalui atau dengan daya konveksi (kemampuan menghantarkan panas), yakni udara dihamburkan kepermukaan logam yang panas.

1. Pendinginan langsung (pendinginan udara)

Pendinginan udara digunakan jika panas dari mesin yang bekerja/berputar dilewatkan pada sirip atau rusuk ke udara luar. Dasar penggunaan sistem pendinginan ini tergantung pada hal-hal berikut:

- a. Perbedaan temperatur antara panas mesin dengan udara sekitar.
- b. Luas permukaan dimana panas dikeluarkan / disemburkan
- c. Tingkat aliran udara pada permukaan yang dikenai.

2. Pendinginan tidak langsung (kombinasi pendinginan air dengan udara)

Dalam sistem pendingin mesin dengan air, panas dilewatkan / ditransfer ke air di sekitar ruang bakar dan silinder. Air panas yang kemudian beredar menuju radiator. Air diteruskan oleh pipa radiator, panas akan ditransfer ke sirip radiator dimana panas tersebut ke udara. Air kemudian mengalir kembali ke mesin.

Fungsi utama sistem pendinginan sebagai berikut:

- 1) Membuang panas mesin yang tidak merusak bagian-bagian mesin
- 2) Mendinginkan mesin secepat mungkin dan mengatur agar panas mencapai kondisi kecepatan dan temperatur yang tetap dan efisien yaitu tidak lebih dari 260 C sehingga memungkinkan terjadinya pembakaran bahan bakar di ruang bahan bakar mudah.
- 3) Mendinginkan dan mengontrol temperatur bagian-bagian lain dengan cara mendinginkan minyak pelumasnya bersama-sama dengan pendinginan dari mesin. Hal ini biasanya dipakai pada sistem *turbocharger*, *supercharger*, *powersteering* maupun *air conditioning*.

Panas yang terlalu tinggi akan mengurai atau membakar minyak pelumas sehingga kehilangan fungsi atau kemampuannya untuk melumasi bagian-bagian mesin.

### **Polimer**

Polimer telah menjadi barang produksi yang sangat penting pada saat ini. Polimer menjadi sangat penting karena hampir tidak lepas dari kehidupan manusia baik dalam kehidupan rumah tangga maupun dalam bidang industri. Kata polimer atau '*polymer*' merupakan gabungan dari kata '*poly*' dan '*meros*'. Kedua kata tersebut berasal dari bahasa Yunani, yang masing-masing berarti "banyak" dan "bagian". Jadi polimer berarti gabungan dari unit-unit bagian yang berurutan dalam satu rantai.

Polimer sebetulnya sudah dipakai sejak zaman dahulu, tetapi masih pada bahan yang langsung diambil dan dipakai tanpa adanya proses pengelolaan terlebih dahulu, polimer ini biasanya disebut polimer alamiah. Polimer alamiah, yang langsung diambil dari tumbuhan

dan hewan, telah dimanfaatkan oleh manusia selama berabad-abad, seperti kayu, karet, kapas, wol dan kulit. Selain itu terdapat pula polimer alamiah yang sangat diperlukan dalam proses biologis dan fisiologis hewan dan tumbuhan seperti enzim, selulosa dan protein. Dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan maka dibuat polimer sintesis yang bahan pembuatnya berasal dari alam. Polimer sintesis merupakan polimer buatan manusia, dari molekul-molekul organik yang berasal dari produk-produk petroleum dan *coal*. Saat ini, hampir seluruh peralatan manusia, baik bagian maupun seluruh bagiannya terbuat dari polimer sintesis.

Bahan polimer mempunyai berat molekul yang besar berikatan *kovalen* serta mempunyai sifat yang berbeda dengan bahan organik yang mempunyai berat molekul rendah. Bahan yang mempunyai berat molekul rendah larut dalam pelarutan dan berubah menjadi air dengan *viskositas* rendah atau menguap kalau kita panaskan, sedangkan bahan polimer mencair dengan sangat kental dan tidak menguap.

Sifat bahan polimer pada umumnya adalah sebagai berikut:

- 1) Mampu cetak baik. Pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak penyuntikan, penekanan, ekstrusi yang menyebabkan biaya pembuatan lebih rendah dari logam dan keramik.
- 2) Baik sekali dalam ketahanan air dan zat kimia.
- 3) Produk-produk dengan sifat yang berbeda dapat dibuang tergantung pada cara pembuatannya. Dengan mencampur zat plemastis, pengisi dan sebagiannya dapat merubah sifat-sifatnya.
- 4) Kekerasan permukaannya sangat kurang
- 5) Kurang tahan terhadap panas dan pelarut
- 6) Banyak diantara polimer bersifat isolasi yang baik.
- 7) Umumnya bahan polimer lebih murah
- 8) Beberapa bahan abrasi atau mempunyai koefisien gesek yang kecil.

### **Massa Jenis Polimer**

Sifat pertama yang harus diketahui dan pelajari adalah massa jenisnya, karena menyangkut banyak sifat-sifat polimer. Massa jenis polimer ( $\text{g/cm}^3$ ) jauh lebih rendah dari pada logam (2,7-

9) dan keramik (2,1-5,3). Oleh karena itu harga satuan per massa jenis polimer sering lebih besar dari bahan lain. Dilihat dari segi harganya, mahal atau murah, massa jenis adalah salah satu faktor yang penting. *Polietilen* dan *polipropilen* mempunyai massa jenis lebih kecil dari pada air, yang dapat memungkinkan suatu benda yang dapat terapung diatas air. Pada *nylon*, *polister*, *polipropilen*, yang mengandung kristal, massa jenis dibagian kristal lebih tinggi dari pada bagian yang *amorf*, karena itu massa jenisnya, tergantung pada derajat kristalitasnya.

Massa jenis *politerafluoroetilen* kira-kira 2,2 mempunyai kristalitas lebih baik. Sifat ringan tersebut adalah salah satu sifat khas bahan polimer walaupun ada perbedaan sedikit dari masing-masing harga massa jenis tersebut.

### Jenis Polimer Dan Aditif Polimer

Polimer dapat dikelompokkan menjadi empat berdasarkan sifat-sifat deformasi mereka dalam keadaan padat, yaitu:

1. *Thermoplastik*
2. *Thermoset*
3. *Elastomer*
4. *Thermoplastis elastomer*

Sifat polimer umumnya dihubungkan dan diatur oleh struktur molekulnya. Seringkali dilakukan modifikasi terhadap sifat-sifat mekanik, kimia dan fisiknya sehingga memiliki sifat yang lebih baik dari sifat-sifat struktur molekul dasarnya. Bahan-bahan yang ditambahkan untuk keperluan ini biasanya disebut aditif, antara lain: *filler*, *plasticizer*, *stabilizer*, *colorant* dan *flame retardant*.

### Kristal Polimer

Telah disebutkan diatas bahwa polimer ada yang *amorf* secara keseluruhan, yang disebut polimer *amorf*, dan ada pula polimer kristalin. Istilah *kristalin* biasanya digunakan untuk menggambarkan polimer yang memiliki kedua daerah *kristalin* sekaligus *amorfnya*. Oleh karena itu disepakati bahwa istilah semi kristalin digunakan polimer secara umum.

Polimer *semikristalin* terdiri atas daerah *kristalin* yang kecil (*kristalit-kristalit* atau *micelle-micelle*) diantara matriks *amorf*. Masing-masing *kristalit* memiliki pengaturan molekul-molekul yang memiliki arah acak. Suatu molekul rantai

tunggal mungkin menjadi beberapa bagian dari *kristalit* sekaligus daerah *amorf* disekitar kristalinitnya.

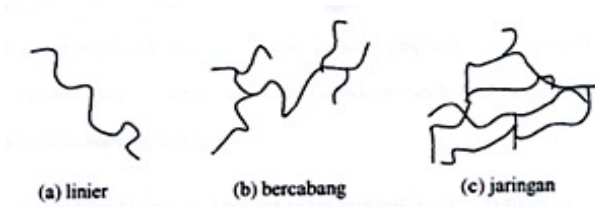
Akhir-akhir ini penelitian lebih menitik beratkan pada kristal-kristal tunggal polimer yang tumbuh dari larutan encer. Kristal-kristal ini terbentuk secara teratur, membentuk *lamel-lamel* tipis yang memiliki tebal sekitar 10 hingga 20  $\mu\text{m}$  dan panjang sekitar 10  $\mu\text{m}$ . Kadang-kadang *lamel* ini akan membentuk struktur yang berlapis. Menurut teorinya rantai molekul dan masing-masing *lamel* terlipat dan bolak-balik, yang lipatan-lipatan timbul pada permukaan *lamel*. Struktur ini disebut dengan *chain folder* (rantai-rantai yang berlipat). Masing-masing *lamel* akan terdiri atas beberapa dari pada tebal lamelnya.

Beberapa polimer raksasa yang terkristalisasi dari leburan, membentuk *sperulit-sperulit*. *Sperulit* ini terdiri atas *lamel-lamel* seperti pita dengan table kira-kira 10  $\mu\text{m}$ . Masing-masing *sperulit* tumbuh hingga membentuk kumpulan *sperulit* seperti bola. Kristal-kristal *lamel* dipisahkan oleh bahan *amorf*. Dalam bahan *amorf* tersebut, molekul-molekul rantai penghubung berfungsi sebagai mata rantai penghubung anrata *lamel-lamel* yang berdekatan.

Sewaktu kristalisasi struktur *sperulit* mendekati selesai, *sperulit-sperulit* yang paling dekat mulai mengenai satu sama lain, membentuk batas-batas bidang sedemikian hingga akhirnya terbentuk kumpulan *sperulit* seperti bola. Beberapa polimer yang berbentuk *sperulit* sewaktu mengkristal adalah *polietilen*, *polipropilen*, *poliviniklorida*, *politetrafluoroetilen*, dan *nilon*.

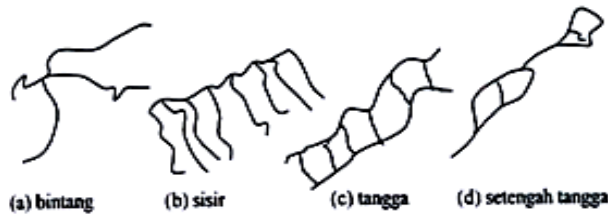
### Struktur Polimer

Bentuk struktur (jenis-jenis) polimer dapat juga digambarkan sebagai linier, bercabang dan jaringan (*network*). Polimer linier tidak memiliki cabang selain gugus-gugus penden yang digolongkan sebagai *monomer*. Tetapi harus ditekankan bahwa suatu polimer bercabang tidak selalu merupakan *kopolimer*.



Gambar 2. Jenis-jenis polimer

Beberapa tipe polimer bercabang ditunjukkan pada gambar polimer bintang mengandung tiga atau lebih rantai polimer yang berasal dari struktur pusat. Polimer sisir mengandung rantai-rantai pendaan (bias sama panjang atau tidak). Polimer tangga terbentuk dari struktur-struktur cincin yang tergabung secara teratur atau dalam kasus polimer setengah tangga atau polimer jenjang, dari satuan yang terikat dalam unit-unit rantai terbuka. Polimer jaringan terjadi ketika rantai-rantai polimer terikat bersama ketika digunakan *monomer-monomer* polifungsional sebagai ganti *monomer* difungsional.



Gambar 3. Jenis polimer bercabang

Polimer jaringan juga secara umum direferensikan sebagai polimer ikat silang, Karena terjadi pengikat silang, rantai-rantai polimer tersebut kehilangan kemampuan untuk mengalir atau melewati satu rantai kelainnya, dan materi tersebut memperlihatkan derajat stabilitas dimensi yang baik polimer tersebut tidak akan melebur atau mengalir, dan oleh karenanya, tidak bias dibentuk. Polimer demikian disebut ikatan *thermoset*.

Molekul berdimensi satu yang besar merupakan dasar polimer umum yang banyak dijumpai sebagai polimer. Termasuk polivinil, R merupakan salah satu variasi dari kelompok tambahan. Dikenal pula *polyester*, *poliuretan*, *poliuretan* dan *polimida* yang mempunyai molekul linier.

Senyawa	R
$HH$	Etilen -H
$I$	Vinil Klorida -Cl
$I$	Vinil Alkohol -OH
$C = C$	Propilen -
$I$	CH <sub>3</sub>
$I$	Vinilasetat -
$HR$	OCOCH <sub>3</sub>
	Akrilonitril -
	$C \equiv N$
	Stiren (vinil benzene) -



### Sifat Mekanik Polimer

Sifat-sifat bahan polimer adalah khas dengan kelakuan *viskositaselatik* yang dominan. Sebagai contoh pemelaran (*creep*) dan relaksasi mudah terjadi, dan pada pengujian tarik bersifat sangat dipengaruhi oleh laju tarikan. Sifat-sifatnya juga terpengaruh oleh temperatur, oleh karena itu dalam hal ini perlu perhatian yang cukup sebelum penggunaan bahan polimer.

Sifat-sifat mekanik polimer ditentukan oleh parameter-parameter yang juga biasa dipakai dalam logam, seperti modulus elastisitas, kekerasan, kekuatan tarik, dampak dan fatik. Sifat-sifat mekanik polimer umumnya sangat sensitive terhadap laju deformasi (laju strain, temperatur dan sifat kimia lingkungannya, seperti adanya air, oksigen dan pelarut organik).

Peringatan sebelumnya, yang biasa diberikan dalam penggunaan bahan polimer seperti pada sifat-sifat mekaniknya adalah sebagai berikut:

- Sifat-sifat sangat berubah temperatur, kadang-kadang banyak walaupun dalam daerah temperatur yang relatif rendah.
- Karena sifat *viskolastis*nya yang dapat diamati, banyak bahan yang mengalami pemelaran dan relaksasi tegangan. Terutama bagi *polietilen* dan *polipropilen*, yang gaya antar molekulnya lemah dan dikonfigurasi oleh gaya *van der waals*, perlu perhatian khusus. Akan tetapi pada bagian polimer yang mempunyai banyak ikatan hydrogen dengan gaya antar molekul yang kuat dan demikian juga plastik *thermoset* yang terbentuk dengan ikatan kovalen tiga dimensi, pengaruh tersebut diatas agak kurang.

- Bahan dipilih secara hati-hati karena beberapa diantaranya ketahanan impaknya kecil. Akan tetapi sekarang telah dikembangkan plastik yang mempunyai kekakuan impact yang tinggi seperti polikarbonat, polisulfon, poliasetal, politetrafluoroetilen dan sebagainya.
- Demikian juga untuk bahan yang tidak tahan lelah. Ada beberapa bahan yang dapat mengatasi tegangan tarik sederhana dan pemelaran tetapi tidak tahan terhadap kelelahan karena terjadi kombinasi beban antara penekanan dan penarikan.
- Apabila dicelupkan kedalam minyak, pelarut dan air, beberapa bahan tahan untuk waktu yang singkat, tetapi apabila disertai tegangan dapat terjadi retak dan akhirnya putus.

**Kekuatan Impact**

Kekuatan impact adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan polimer. Untuk melihat pengaruh takikan cara pengujian dengan takikan pada batang biji. Derajat ketahanan bahan polimer beban kejut pada spesimen yang tertarik adalah yang biasa digunakan untuk menunjukkan kekuatan impact suatu bahan polimer. Dalam hal ini, pengujian Izod dan Charpy biasa digunakan untuk nilai tersebut.

Seperti hal logam, polimer dapat menghasilkan perpatahan ulet maupun getas dibawah kondisi-kondisi pembebanan tertentu, yang tergantung pada temperatur, ukuran spesimen, laju strain, dan mode pembebanan. Polimer-polimer kristalin maupun amorf pada temperatur rendah bersifat getas, dan keduanya memiliki kekuatan impact yang rendah. Polimer juga memiliki daerah transisi ulet kegetas pada jarak temperatur yang sempit, yang biasa diambil oleh baja.

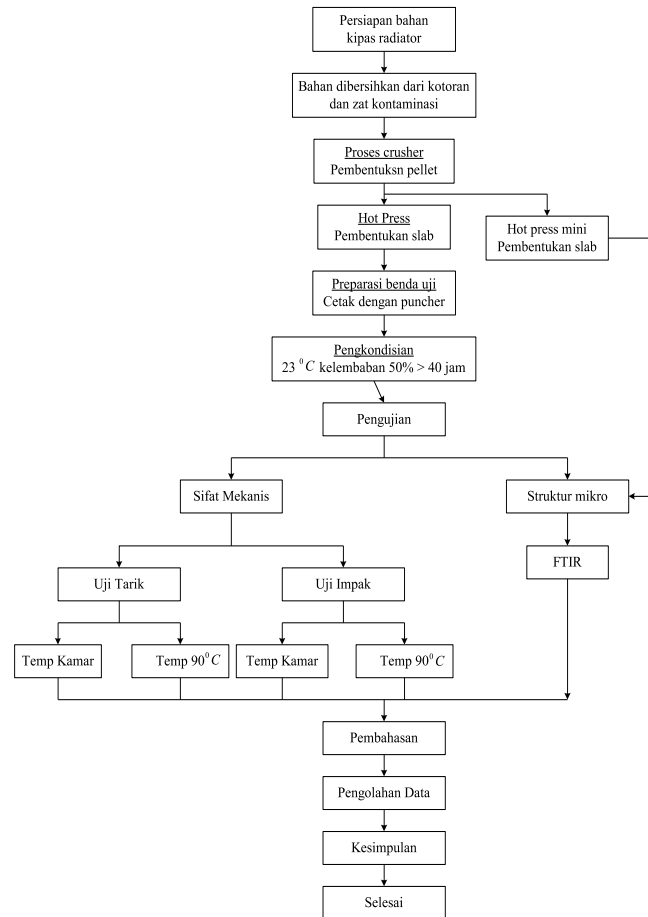
Umumnya kekuatan impact bahan polimer lebih kecil dari pada kekuatan impact logam. Kalau ikatan antar molekul kuat, atau berat molekul besar, kekuatan impact biasanya contoh, polietilen, yang berkrystal dan mempunyai tarik-menarik lemah antar melekulnya tidak patah pada pengujian impact, hanya sekedar bengkok.

Tipe patahan pada uji impact:

1. S = bahan tidak mengalami patah

2. H = bahan patah, tetapi masih ada bagian yang menyambung
3. C = bahan patah, terbagi menjadi dua (2) bagian

**METODE PENELITIAN**



Gambar 4. Diagram alir penelitian

**PENGUJIAN**

Pengujian dilakukan di laboratorium dengan temperatur 24<sup>0</sup> C dengan kelembaban 49,5 %. Kondisi ini sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pada standar pengujian (ASTM E 1252, ASTM D 638, ISO 179). Sebelum pengujian dilakukan, spesimen uji dikondisikan dalam mesin conditioning, yaitu pada temperatur 23<sup>0</sup> C dan kelembaban 50 selama lebih dari 40 jam, yaitu guna menghilangkan

kandungan udara yang terdapat pada spesimen uji (memurnikan).

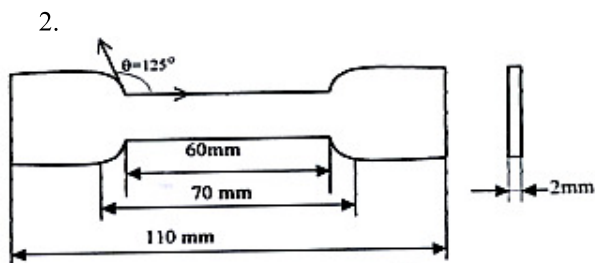
Untuk pengujian mekanis dilakukan perlakuan temperatur yang berbeda, yaitu pada 24 °C dan 90 °C dengan kelembaban 49,5 %.

### Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan sesuai standar pengujian ASTM D-638 dengan menggunakan mesin uji tarik SHIMADZU AGS-G buatan Jepang.

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Slab dipotong sesuai standar uji tarik ASTM D-638, slab berukuran 110x70x2 mm dengan jumlah spesimen uji tarik yaitu 3 buah untuk temperatur 90 °C dan 4 buah untuk temperatur 24 °C. Pembuatan spesimen uji slab menggunakan alat punching yang memiliki bentuk sesuai standar ASTM D-638:



Gambar 5. Bentuk Spesimen uji tarik

3. Benda uji ini kemudian dihaluskan bagian sisinya dengan menggunakan pisau cutter (pemetong) dan amplas.
4. Setelah dilakukan pengukuran tebal dan lebarnya di tiga tempat pada gauge length (panjang ukuran) benda uji kemudian dihitung besar rata-ratanya. Benda uji ini di kondisikan selama tidak kurang dari 40jam.
5. Setelah dikondisikan benda uji dipanaskan sebanyak 3 buah dalam oven hingga temperatur 90 °C selama 1 jam.
6. Kemudian dilakukan penarikan pada mesin uji tarik dengan kecepatan tarik 50 mm/menit.

Untuk mengukur kekuatan tarik dan perpanjangan dapat digunakan rumus:

Kakuatan tarik ( $\sigma$ )

$$\frac{F(N / m^2)}{A_0} \quad [1]$$

Perpanjangan elongasi:

$$\frac{AL}{LO} \times 100\% \quad [2]$$

Dengan:

F = beban maksimum yang tercatat pada layar (N)

A<sub>0</sub> = luas awal penampang benda uji (m<sup>2</sup>)

AL = jarak pada saat *yield* atau *break* (mm)

LO = *gauge length* (mm)

### Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengukur ketahanan bahan polimer terhadap beban kejut atau pembebanan dengan laju tinggi membedakan patahan impak dengan temperatur yang berbeda jumlah energi yang diperlukan untuk mematahkan benda kerja persatuan luas penampang ditempat takikan adalah harga untuk menyatakan kekakuan benda uji terhadap beban yang tiba-tiba (impact strength). Pengujian ini dilakukan menurut standar ISO 179 dengan menggunakan mesin uji impak CEAST buatan Italy.

Prosedur pengujian yang dilakuakn adalah sebagai berikut:

1. Slab dipotong sesuai standar ISO 179, yang dibuat berukuran 80x10x4 mm.
2. Sampel uji dihaluskan sisi-sisinya dengan pisau cutter (pemetong)
3. Benda uji kemudian dikondisikan dalam mesin sondising, setelah itu baru dilakukan pengujian impak. Hasil yang didapat dari pengujian impak adalah besarnya sudut ayunan pendulum setelah membentur dan mematahkan sample uji. Rumus yang digunakan:

$$E = WR(\cos - \cos \theta) \text{ (joule)} \quad [3]$$

$$HI = \frac{E}{T} \text{ (joule / m)} \quad [4]$$

Dengan:

E = energi yang diserap benda uji hingga patah (joule)

HI = harga impak

R = jarak pusat sumbu putar ke pusat gravitasi

W = berat pendulum (2 kg dan 4 kg)



$\beta$  = sudut akhir 1x ayunan pendulum ( $^{\circ}$ )

$\theta$  = sudut awal pendulum ( $135^{\circ}$ )

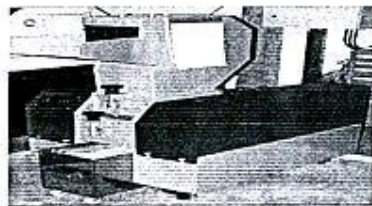
t = tebal benda uji (m)

**Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

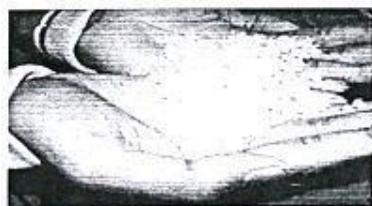
Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui unsur polimer yang terdapat pada kipas radiator, dengan pengabsorbsian radiasi elektro magnetik pada molekul yang ditembak dengan panjang gelombang 1-25 mikrometer yang mengakibatkan molekul bergetar (vibrasi) atau osilasi (oscillation). Pada pengujian ini, alat FTIR yang digunakan adalah merekam sinar yang lewat setelah ditembakkan pada benda uji, yang menghasilkan spektrum.

Pengujian ini dilakukan menurut standar ASTM E 1252, menggunakan alat uji FTIR SHIMADZU 8300 PC buatan Jepang.

Prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 6. Mesin Crusher



Gambar 7. Pellet



Gambar 8. Cetakan Slab

1. Siapkan alat FTIR dengan bantuan computer yang telah di program
2. Slab hasil dari Hot-Press dengan ketebalan 0,34 mm diletakkan pada alat penjepit, lalu masukkan pada alat uji FTIR.
3. Jalankan program untuk melakukan pembakaran
4. Hasil yang diperoleh dari pengujian berupa grafik bilangan gelombang dan % sinar yang dilewatkan dari *Spesimen* uji.

Rumus yang digunakan untuk *spektroskopi* adalah:

$$\text{Transmittance: } T = \frac{P}{P_0} \times 100\% \quad [5]$$

$$\text{Absorbansi: } A = \frac{\log P_0}{P} = -\log T \quad [6]$$

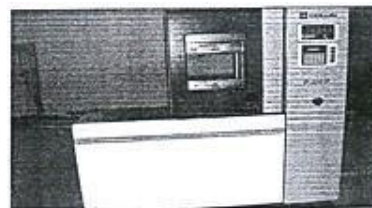
Dimana:

T = jumlah penembakan

$P_0$  = Sinar datang (infra merah,  $\mu m$ )

P = Sinar yang dilewatkan (infra merah,  $\mu m$ )

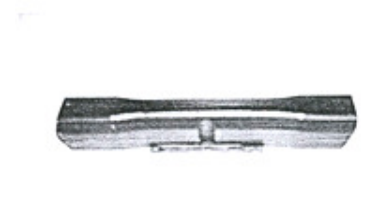
A = jumlah sinar yang diserap (%)



Gambar 9. Mesin Hot Press



Gambar 10. Hasil Cetakan (Slab)



Gambar 11. Cetakan Spesimen

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**



Hasil dari penelitian yang dilakukan, yaitu hasil pengujian kuat tarik, impak dan struktur molekul (*Fourier Transform InfraRed*). *Spesimenuji* ini adalah kipas radiator.

Pada penelitian ini dilakukan perlakuan temperatur yang berbeda terhadap *spesimen* uji (untuk uji tarik dan impak), guna mengetahui

sifat mekanis dari bahan kipas radiator apabila dipengaruhi temperatur. Hal ini dikarenakan *spesimen* uji dalam penggunaannya mendapat pengaruh panas yang berbeda dari mesin. Adapun temperatur yang digunakan adalah 24°C dan 90°C. Hasil dari pengujian berupa data dalam bentuk tabel dan grafik .

**Uji Tarik**

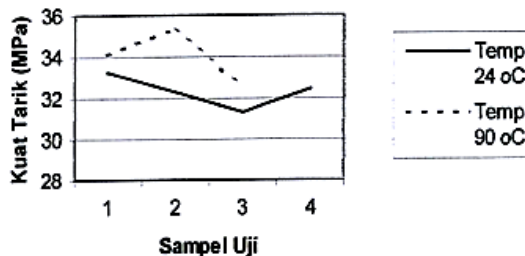
- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| Bno ..... Batch number             | E ..... E-Modulus        |
| “M ..... Tensile Strenght          | “B ..... Strain at Break |
| b ..... width                      | “Y ..... Yield stress    |
| “M ..... Strain at Tensile streght | “B ..... Breaking Stress |
| a ..... Thickness                  | “Y ..... Yield Strain    |
| Fmax ..... Maximum Load            | Comment ..... .comment   |

Tabel 1. Hasil Uji tarik (temperatur 90<sup>0</sup> C)

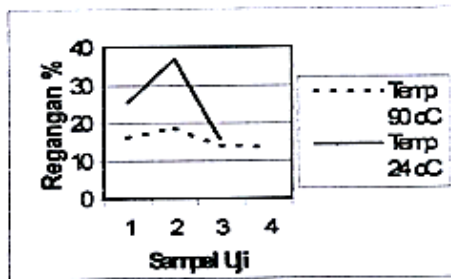
No	Bno	b mm	a mm	E GPa	“Y MPa	“Y %	“M MPa	“M %	Fmax N	“B %	“B MPa	Com ment
1	Ppf90	5.950	2.018	0.573	34.15	20.43	34.15	20.43	410.0	25.56	5.080	
2	Ppf90	5.950	2.018	0.522	35.33	20.60	35.33	20.60	424.3	36.88	6.850	
4	Ppf90	5.950	2.160	0.577	32.50	14.76	32.50	14.76	417.8	15.60	14.18	
Mean		5,950	2,065	0,557	33,99	18,60	33,99	18,60	417,4	26,01	8,703	
Minimum		5,590	2,018	0,522	32,50	14,67	32,50	14,76	410,0	15,60	5,080	
Maximum		5,590	2,160	0,577	35,33	20,60	35,33	20,60	424,3	36,88	14,18	
Std dev		0,000	0,082	0,031	1,421	3,324	1,421	3,324	7,160	10,65	4,825	
W(0,95) %		0,000	9,862	13,67	10,39	44,40	10,39	44,40	4,262	101,7	137,7	
Values		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Tabel 2. Hasil uji tarik (temperature 24<sup>0</sup> C)

No	Bno	b mm	a mm	E GPa	“Y MPa	“Y %	“M MPa	“M %	Fmax N	“B %	“B MPa	Co mm ent
1	Ppf-05	5.950	2.120	0.658	33.26	14.88	33.26	14.88	419.5	15.89	10.54	
2	Ppf-06	6.000	2.150	0.654	32.29	16.44	32.29	16.44	416.5	18.60	7.461	
3	Ppf-07	5.950	2.160	0.416	31.26	13.46	31.26	13.46	401.5	13.78	11.32	
4	Ppf-08	5.970	2.140	0.421	32.42	13.27	32.42	13.27	414.3	13.62	10.37	
Mean		5.967	2.143	0.537	32.31	14.51	32.31	14.51	413.0	15.47	9.923	
Minimum		5.950	2.120	0.416	31.26	13.27	31.26	13.27	401.8	13.26	7.461	
Maximum		6.000	2.160	0.658	33.26	16.44	33.26	16.44	419.5	18.30	11.32	
Std dev		0.024	0.017	0.137	0.826	1.472	0.820	1.472	7.78	2.328	1.692	
W(0,95) %		0.630	1.268	40.61	4.038	16.14	4.038	16.14	2.997	23.93	27.14	
Values		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	



Gambar 12. Grafik Perbandingan Kuat Tarik  
Spesimen Uji (temperatur 24<sup>0</sup> C dan 90<sup>0</sup> C)



Gambar 13. Grafik Perbandingan regangan

Spesimen Uji (temperatur 24<sup>0</sup> C dan 90<sup>0</sup> C)  
 Terlihat dari uji tarik pada kipas radiator dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur sample uji, maka kuat tarik rata-rata semakin tinggi, yaitu 32,9 MPa pada temperatur 24<sup>0</sup> C dan 33,9 MPa pada temperatur 90<sup>0</sup> C. ini berarti bahwa bahan akan sedikit lebih ulet.

Dilihat dari hasil pengujian bahan *polipropilen* murni pada umumnya memiliki elongation sekitar 600 %, tetapi pada pengujian bahan kipas radiator ini memiliki *elongation* yang kecil (pendek), tidak lebih dari 100%. Ini dimungkinkan terdapat bahan tambahan (*filler*) untuk menambah fungsi dari kipas radiator tersebut (kekuatan).

Mengenai bahan tambahan (*filler*) dan pengaruhnya tidak dibahas dalam penelitian ini, karena memerlukan uji lanjutan untuk mengetahui bahan tambahan (*filler*) pada bahan kipas radiator ini. Yaitu dengan menguapkan bahan radiator ini dengan *furnace* hingga temperatur 800<sup>0</sup> C, dan yang tersisa adalah bahan tambahan (*filler*). Yang selanjutnya akan diidentifikasi bahan tambahan (*filler*) tersebut.

**Uji Impak**

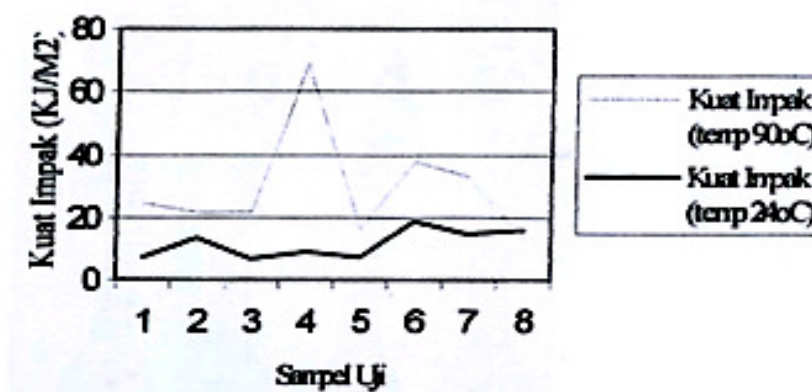
Tabel 3. Data Hasil Uji Impak (temperatur 90<sup>0</sup> C)

No	Width (mm)	Thickness (mm)	Impak Energy (joule)	Corrected energy (joule)	Impak Charpy Strength (KJ/m)	Type of failure
1	11,11	4,32	1,190	1,181	24,607	C
2	10,77	4,31	0,998	0,989	21,306	C
3	11,30	4,23	1,032	1,023	21,402	C
4	10,91	4,15	3,125	3,116	68,822	C
5	11,17	4,09	0,768	0,759	16,614	C
6	10,61	4,38	1,744	1,735	37,334	C
7	11,53	4,15	1,573	1,564	32,686	C
8	11,33	4,32	0,623	0,614	12,545	C
Mean	11,09	4,24	1,381	1,247	29,414	
stdv	0,308	0,104	0,798	0,812	17,840	

Tabel 4. Data Hasil Uji Impak (temperatur 24<sup>0</sup> C)

No	Width (mm)	Thickness (mm)	Impak Energy (joule)	Corrected energy (joule)	Impak Charpy Strength (KJ/m)	Type of failure
1	11,39	4,29	0,373	0,365	7,470	C
2	10,59	4,54	0,670	0,662	13,769	C
3	11,09	4,54	0,341	0,333	6,614	C
4	11,19	4,22	0,446	0,438	9,275	C
5	11,16	4,47	0,390	0,382	7,658	C

6	10,72	4,21	0,855	0,847	10,768	C
7	10,68	4,32	0,707	0,699	14,899	C
8	11,55	4,31	0,810	0,802	16,111	C
Mean	11,07	4,36	0,574	0,566	11,820	
stdv	0,33	0,13	0,209	0,209	4,626	



Gambar 14. Grafik Perbandingan Kuat Impak (temperatur 24<sup>0</sup> C dan 90<sup>0</sup> C)



Gambar 15. Hasil Uji Temperatur 24<sup>0</sup> C



Gambar 16. Hasil Uji Temperatur 90<sup>0</sup> C

Sama halnya dengan hasil uji tarik, hasil uji impak memperhatikan semakin tinggi temperature yang diberikan pada sample uji maka kuat impak rata-rata bertambah tinggi, yaitu 11,8 KJ/m pada temperatur 24<sup>0</sup> C dan 29,4 KJ/m pada temperatur 90<sup>0</sup> C.

Tipe dari patahan adalah tipe C, yaitu patahan terbagi menjadi 2. Pada permukaan patahan pada sample uji 90<sup>0</sup> C terlihat perbedaan warna yang jelas (lebih putih) seperti bahan memiliki kerapatan yang lebih tinggi, tidak halnya dengan bahan pada temperatur 24<sup>0</sup> C, permukaan patahan terlihat seperti bahan yang getas.

**Uji Struktur Molekul (Fourier Transform Infra Red/FTIR)**

Hasil identifikasi dengan metode FTIR untuk *specimen* kipas radiator dapat terlihat pada spektra 1 yang memperhatikan beberapa puncak khusus yaitu pada bilangan gelombang:

- 2940 dan 1470 cm-1 menandakan adanya gugus fungsi *metilen* untuk *polipropilen*.
- 1380 cm-1 untuk gugus *etilen* dari *polipropilen*
- Dengan demikian material polimer dari kipas radiator adalah *polipropilen*.

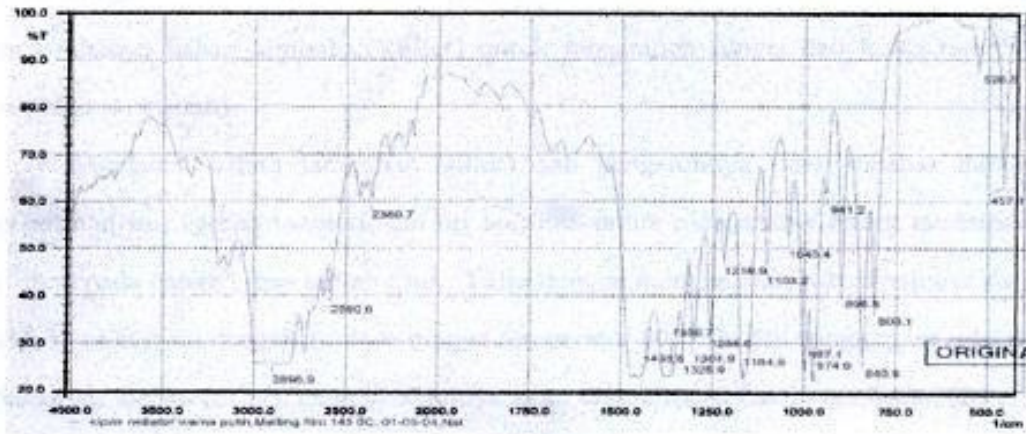
Dari Gambar 17:

1. Dengan menggunakan standar bilangan gelombang, kita mencari bilangan gelombang yang memiliki bilangan gelombang yang sama dari hasil uji FTIR (dalam bentuk grafik garis) dengan standar bilangan gelombang (dalam bentuk grafik garis). Namun dari hasil uji terdapat

- kesamaan, yaitu bilangan yang menunjukkan bahan *polipropilen*, berdasarkan peak (puncak) yang terdapat pada hasil uji dan juga bilangan gelombang yang ada.
2. Dengan menggunakan tabel korelasi (*correlation chart*). Hampir sama halnya dengan cara diatas, yaitu kita mencari bilangan yang memiliki bilangan gelombang yang sama, dari hasil uji dengan tabel korelasi tersebut, yaitu bilangan gelombang disekitar kurang dari 3000  $\text{cm}^{-1}$ . maka jenis

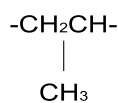
polimer dari hasil uji tersebut adalah *polipropilen*.

3. Dengan menggunakan frekwensi grup, yaitu pada bilangan gelombang: kurang dari 3000  $\text{cm}^{-1}$ , 1470-1440  $\text{cm}^{-1}$ , 1300-1200  $\text{cm}^{-1}$  dan sekitar 720  $\text{cm}^{-1}$  maka bilangan gelombang tersebut menunjukkan gugus *etilen* ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ), dan apabila terdapat bilangan gelombang 1380  $\text{cm}^{-1}$  maka bilangan tersebut menunjukkan gugus *metilen* ( $\text{CH}_3 = \text{CH}_3$ ).



Gambar 17. Grafik Struktur Polimer pada Uji Struktur Molekul

Terlihat dari hasil uji struktur molekul, bahan polimer dari kipas radiator adalah *polipropilen*, dengan ditemukannya gugus *etilen* ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) dan *metilen* ( $\text{CH}_3 = \text{CH}_3$ ). Struktur *monomer* dari *polipropilen* adalah  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  dan unit ulangnya (mer) adalah:



Bentuk struktur polipropile adalah linier, termasuk dalam jenis polimer thermoplastik, yaitu bahan yang dapat didaur ulang. Polimer *polipropilen* mempunyai sifat-sifat serupa dengan polietlen, Termasuk kelompok bahan yang ringan diantara bahan polimer, dapat terbakar kalau dinyalakan. Sifat ringan berguna untuk mengurangi berat kendaraan, yang selanjutnya akan mengurangi penggunaan bahan bakar dan juga emisi gas buang. *Polipropilen* mempunyai sifat mampu cetak yang baik seperti halnya polietilen, mempunyai faktor penyusutan cetakan yang lebih kecil dibandingkan

*polietilen*. Massa jenis *polipropilen* rendah (0,90-0,92).

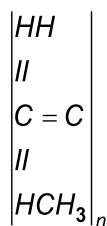
### KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Angka rata-rata pengujian Tarik adalah:
  - Kuat Tarik pada temperatur 24  $^{\circ}\text{C}$  = 32,3 MPa
  - Kuat Tarik pada temperatur 90  $^{\circ}\text{C}$  = 33,9 MPa
  - Regangan patah pada temperatur 24  $^{\circ}\text{C}$  = 15,47 %
  - Regangan patah pada temperatur 90  $^{\circ}\text{C}$  = 26,01 %
2. Angka rata-rata pengujian Impak adalah:
  - Pada temperatur 24  $^{\circ}\text{C}$  = 11,8  $\text{KJ/m}^2$
  - Pada temperatur 90  $^{\circ}\text{C}$  = 29,4  $\text{KJ/m}^2$

3. Dari hasil identifikasi dengan metode FTIR terlihat pada spektra I. Dengan memeperlihatkan puncak bilangan gelombang pada 2940 cm<sup>-1</sup> untuk gugus *metilen* (CH<sub>3</sub>=CH<sub>3</sub>) dan 1380 cm<sup>-1</sup> gugus *etilen* (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>), maka bahan polimer dari kipas radiator ISUZU PANTHER adalah *polipropilen* (CH<sub>3</sub> CH = CH<sub>2</sub>)

4. *Polipropilen* termasuk dalam polimer thermoplastik, bentuk struktur molekulnya adalah linier. Struktur molekul (mer) adalah:



“*Buletin*” Sentra Teknologi Polimer (STP) puspitek Serpong, volume: 3 nomor: 13, edisi Januari-Maret 2004

“*Isuzu Mechanic Course*” basic SatuModul praktek “*Metalurgi Fisik*” Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Jakarta.

“*Modul Pelatihan*” Sentral Teknologi Polimer (STP) Puspitek Serpong tahun 2003

Fessenden Ralf, Fessenden JoanS, “*Kimia Organik*” jilid satu, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1991

Hartono Anton J “*Penuntun Analisis Polimer Aktual*” edisi pertama, Andi Offset, Yogyakarta, 1995

Malcolm P. Steven, “*Kimia Polimer*”, cetakan pertama, Pradnya Paramita, Jakarta, 2001

Van Vlack, Lawrence H “*Ilmu dan Teknologi Bahan*”, edisi kelima, Erlangga, Jakarta, 1995

#### DAFTAR PUSTAKA