
PENGARUH PENAMBAHAN NILON MURNI PADA NILON DAUR ULANG TERHADAP PENYERAPAN AIR BASIS GIGI TIRUAN NILON TERMOPLASTIK

Angeline*, Haslinda Tamin*

*Bagian Prostodonti, FKG Universitas Sumatera Utara, Medan

KATA KUNCI

Nilon termoplastik, daur ulang, penyerapan air

ABSTRAK

Manipulasi basis gigi tiruan nilon termo plastic dengan teknik *injection moulding* akan menghasilkan nilon sisa (spru) dan nilon sisa dapat dimanfaatkan kembali dengan cara daur ulang dikarenakan ikatan linear dari nilon sehingga material ini dapat dipanaskan kembali. Namun, daur ulang pada nilon sisa akan menyebabkan penyerapan air semakin bertambah dan hal ini akan berdampak pada nilon sebagai basis gigi tiruan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nilon murni pada nilon daur ulang terhadap penyerapan air basis gigi tiruan nilon termoplastik. Rancangan penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Sampel pada penelitian ini adalah nilon termoplastik berbentuk silindris berukuran diameter 15 ± 1 mm dan ketebalan $0,5 \pm 0,1$ mm dengan jumlah sebanyak 27 sampel untuk 3 kelompok. Hasil uji nilai penyerapan air di analisis dengan uji ANOVA serta uji LSD. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara nilon murni dengan nilon daur ulang ($p = 0,001$) dan juga antara nilon daur ulang dengan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang ($p = 0,004$), tetapi tidak ada perbedaan antara nilon murni dengan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang dengan nilai ($p = 0,629$). Sebagai kesimpulan, penambahan 60% nilon murni pada 40% nilon daur ulang menghasilkan nilai penyerapan air yang sama baiknya dengan nilai penyerapan air pada nilon murni.

PENDAHULUAN

Resin termoplastik merupakan material yang telah digunakan pada kedokteran gigi selama lebih dari 50 tahun. Material ini dapat secara berulang dilelehkan melalui pemanasan dan diubah menjadi keadaan *solid* melalui pendinginan tanpa mengalami perubahan pada struktur kimianya.¹ Pada beberapa tahun belakangan ini, nilon termoplastik telah menarik perhatian sebagai bahan basis gigi tiruan.² Nilon adalah nama generik pada tipe termoplastik polimer yang tergolong dalam kelas poliamida.¹ Nilon dibentuk dari reaksi

antara *diamine* $\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-NH}_2$ dan asam *dicarboxylic* $\text{CO}_2\text{H-(CH}_2\text{)}_4\text{-COOH}$.^{1,2}

Nilon memiliki keuntungan seperti sifat elastisitas dan kekuatan mekanis yang tinggi, tidak menghasilkan monomer sisa, ringan, dan estetik. Namun, kerugian utama dari nilon adalah penyerapan air yang tinggi. Pada basis gigi tiruan polimer, nilai penyerapan air tidak boleh melewati $32\mu\text{g/mm}^3$ (ISO Standard 1567, 1999). tiruan.^{3,4} Ukuran molekul air yang kecil yaitu kurang dari 0,28 nm dan lebih kecil dibandingkan jarak antar polimer menyebabkan jarak antar rantai

menjadi jauh sehingga terjadi ekspansi serta dapat mempengaruhi kekuatan mekanis, perubahan warna dan stabilitas dimensi yang pada akhirnya menyebabkan fraktur dan kegagalan pada basis gigi tiruan.^{3,5}

Teknik manipulasi nilon termoplastik adalah dengan *injection moulding*.⁶ Sesuai dengan hasil observasi beberapa kasus di Unit Uji Laboratorium Dental FKG USU, persentase nilon sisa yang dibuang pada hasil polimerisasi basis gigi tiruan nilon termoplastik adalah sebesar 19,5%. Gonzalez L (2000) menyatakan daur ulang pada nilon sisa adalah suatu keharusan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan nilon sisa, tetapi proses daur ulang pada nilon sisa dapat berdampak pada degradasi sifat fisis, kimia, dan mekanis nilon.^{7,8} Nilon daur ulang mengalami degradasi polimer karena ikatan antar C-C terpotong sehingga menyebabkan rantai kimianya menjadi pendek.⁹ Terpotongnya rantai kimia karena proses daur ulang akan berpengaruh pada ukuran dan derajat kristalisasi nilon.¹⁰ Derajat dan ukuran kristalisasi ini akan berpengaruh pada sifat penyerapan air pada nilon karena semakin kecil derajat kristalisasinya, maka penyerapan air pada nilon semakin tinggi.¹¹

Penelitian menunjukkan kombinasi nilon murni dengan nilon daur ulang dapat menciptakan struktur yang lebih baik karena menghasilkan reaksi *chain extension* atau pemanjangan rantai kimia.^{12,13,14} Namun, persentase nilon daur ulang yang

ditambahkan pada nilon murni juga akan berpengaruh pada karakteristik nilon. T.Fattahi (2010) mengkombinasikan nilon murni dengan nilon daur ulang yaitu dengan persentase nilon daur ulang sebesar 25 %, 50%, dan 75%. Analisis *densicalorimetry* (DSC) menunjukkan semakin besar persentase nilon daur ulang yang ditambahkan pada nilon murni, maka terjadi penurunan pada *glass transition temperature* (Tg).⁷ Penurunan Tg ini membuktikan bahwa terjadi penyerapan air pada nilon karena substansi dengan berat molekul yang rendah seperti air memiliki efek untuk menurunkan nilai Tg ketika ditambahkan ke polimer sehingga perlu ditentukan berapa besar persentase nilon daur ulang yang dapat ditambahkan pada nilon murni tanpa mengurangi kekuatan dan struktur pada nilon.^{15,16}

Kombinasi nilon murni dengan nilon daur ulang bertujuan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik. Namun, persentase nilon daur ulang yang ditambahkan pada nilon murni juga akan berpengaruh pada karakteristik nilon karena persentase nilon daur ulang yang melebihi nilon murni akan menurunkan struktur nilon yang dihasilkan.¹²

Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti memilih kombinasi 60 % nilon murni dan 40% nilon daur ulang dengan harapan dapat memanfaatkan lebih banyak nilon sisa. Persentase nilon daur ulang harus di bawah

nilon murni agar karakteristik dan kualitas nilon yang dihasilkan baik.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Sampel pada penelitian ini adalah nilon termoplastik yang terdiri dari tiga kelompok yaitu nilon murni (kelompok A), nilon daur ulang (kelompok B), dan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang (kelompok C) dengan model induk dari logam berbentuk silindris berukuran diameter 15 ± 1 mm dan ketebalan $0,5 \pm 0,1$ mm (*International Organization For Standardization 4049*).⁵ Besar sampel ditentukan dengan rumus Federer dan didapat 9 sampel untuk masing-masing kelompok sehingga total sampel untuk tiga kelompok adalah sebesar 27 sampel.

Nilon sisa pada kelompok nilon daur ulang dan nilon kombinasi akan diproses secara *mechanical recycling* sebelum dipanaskan dalam *furnace*. *Furnace* sebelumnya dipanaskan selama 20 menit kemudian nilon dimasukkan kedalam *cartridge* dan dipanaskan dalam *furnace* selama 11 menit. Suhu pemanasan nilon murni adalah 220°C , sementara nilon daur ulang dan nilon kombinasi sebesar 215°C . Setelah nilon meleleh, nilon diinjeksikan ke dalam kuvet kemudian dilanjutkan dengan pemolesan. Sampel yang telah dipoles disimpan dalam desikator pada suhu $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam dan penurunan berat sampel tidak boleh melebihi 0,5 mg dalam periode 24 jam dan

sampel kemudian ditimbang (M1). Setelah ditimbang, sampel direndam dalam inkubator yang berisi *aquades* pada suhu $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 7 hari. Setelah direndam selama 7 hari, sampel dikeluarkan, dilap dengan kain bersih dan dibiarkan di udara terbuka selama 15 detik dan ditimbang kembali (M2) setelah 1 menit dikeluarkan dari air. Setelah itu, sampel dimasukkan kembali dalam desikator untuk mencapai berat yang konstan dan ditimbang kembali (M3) kemudian dilakukan pengukuran nilai penyerapan air.

Nilai rerata dan standar deviasi dianalisis dengan uji univarian. Perbedaan nilai penyerapan air ketiga kelompok dianalisis dengan uji ANOVA dan untuk melihat pasangan mana yang bermakna antar kelompok digunakan uji LSD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan nilai penyerapan air yang terkecil pada kelompok A adalah $6,794 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan nilai yang terbesar adalah $16,985 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi sebesar 3,019. Nilai penyerapan air yang terkecil pada kelompok B adalah $10,191 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan nilai yang terbesar adalah $23,779 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi sebesar 5,086. Nilai penyerapan air yang terkecil pada kelompok C adalah $10,191 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan nilai yang terbesar adalah $19,249 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi sebesar 2,941 (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai penyerapan air pada nilon murni, nilon daur ulang, dan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang

No.	Penyerapan Air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)		
	Kelompok A	Kelompok B	Kelompok C
1	11,323	21,514	11,323
2	7,926	16,985	10,191
3	10,191	14,720	11,323
4	13,588	19,249	19,249*
5	6,794**	23,779*	10,191**
6	16,985*	22,646	10,191
7	10,191	10,191	13,588
8	12,455	20,238	12,455
9	11,323	10,191**	10,191
	$\bar{X}= 11,197$ SD=3,019	$\bar{X}= 17,723$ SD= 5,086	$\bar{X}= 12,078$ SD=2,941

Keterangan : * nilai terbesar
** nilai terkecil

Hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan nilai penyerapan air antara nilon murni, nilon daur ulang, dan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang dengan nilai $p = 0,003$ ($p < 0,05$) (Tabel 2). Hal ini berarti terdapat perbedaan nilai penyerapan air secara bermakna minimal pada dua kelompok perlakuan yang diuji.

Tabel 2. Perbedaan nilai penyerapan air antara nilon murni, nilon daur ulang, dan kombinasi 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang

Kelompok	Penyerapan Air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)		
	n	$\bar{X} \pm \text{SD}$	p
A	9	$11,197 \pm 3,019$	0,003*
B	9	$17,723 \pm 5,086$	
C	9	$12,078 \pm 2,941$	

Keterangan : * signifikan

Berdasarkan hasil uji LSD terlihat perbedaan yang bermakna terdapat pada kelompok A dengan kelompok B dengan nilai $p = 0,001$

($p < 0,05$) serta kelompok B dan C dengan nilai $p = 0,004$ ($p < 0,05$) tetapi tidak ada perbedaan antara kelompok A dan kelompok C dengan nilai $p = 0,629$ ($p > 0,05$) (Tabel 3). Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan nilai penyerapan air pada kelompok A dan kelompok C. Di sisi lain, nilai penyerapan air kelompok C lebih kecil dibandingkan dengan kelompok B. Berdasarkan hal tersebut, kelompok C memiliki penyerapan air yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok B. Hal ini menunjukkan ada pengaruh penambahan 60% nilon murni pada 40% nilon daur ulang terhadap penyerapan air basis gigi tiruan nilon termoplastik.

Tabel 3. Pengaruh penambahan 60% nilon murni pada 40% nilon daur ulang terhadap penyerapan air basis gigi tiruan nilon termoplastik

	Kelompok A	Kelompok B	Kelompok C
Kelompok A	-	$p = 0,001^*$	$p = 0,629$
Kelompok B	$p = 0,001^*$	-	$p = ,004^*$
Kelompok C	$p = 0,629$	$p = 0,004^*$	-

Keterangan : * signifikan

Pada tabel 1 didapatkan nilai penyerapan air yang bervariasi pada setiap sampel dalam kelompok A, B, dan C. Hal ini dapat disebabkan oleh *microporosity* yang tidak terlihat pada saat proses injeksi nilon. *Microporosity* terbentuk ketika proses *injection moulding* karena masuknya udara selama prosedur pemanasan. Porositas yang terbentuk akan menyebabkan daerah yang

kosong pada nilon sehingga air akan mengisi daerah tersebut. Selain itu, persentase dari nilon daur ulang yang digunakan sebagai sampel pada kelompok B dan C juga dapat menyebabkan nilai penyerapan air yang bervariasi. Persentase nilon daur ulang pada kelompok B adalah sebesar 100%, sementara pada kelompok C adalah sebesar 40%. Perbedaan persentase nilon daur ulang ini yang mempengaruhi nilai penyerapan air karena semakin besar persentase nilon daur ulang yang ditambahkan ke dalam nilon murni, nilai penyerapan air akan semakin tinggi.⁷

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, nilon daur ulang memiliki nilai penyerapan air yang lebih besar karena struktur nilon yang telah mengalami degradasi, tetapi pada kelompok B terdapat nilai penyerapan air yang lebih kecil dan sama dengan kelompok A (Tabel 1). Hal ini dapat disebabkan karena kesulitan saat memegang dan menekan sampel pada alat *rotary grinder* ketika pemolesan sehingga ukuran sampel menjadi berbeda. Kemungkinan tebal sampel yang bervariasi pada penelitian ini akan mempengaruhi nilai penyerapan air pada setiap kelompok sampel walaupun ketebalan tiap sampel masih dalam batas ukuran yang ditentukan ($0,5 \pm 0,1$ mm). Hasil uji nilai penyerapan air pada tabel 1 menunjukkan nilai penyerapan air yang terkecil terdapat pada kelompok A dan nilai penyerapan air yang terbesar terdapat pada kelompok B. Ini menunjukkan nilai

penyerapan air pada kelompok A lebih baik dibandingkan dengan kelompok B dan C. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh T.Fattahi (2010). Analisis *densicalorimetry* (DSC) menunjukkan nilon murni memiliki penyerapan air yang terkecil karena memiliki nilai Tg yang paling tinggi yaitu 76°C, sementara pada nilon kombinasi dengan persentase 25% nilon daur ulang dan 75% nilon murni memiliki Tg sebesar 75,85 °C, dan nilai Tg yang paling rendah terdapat pada nilon daur ulang yaitu sebesar 67,79°C.⁷ Tg yang turun pada nilon daur ulang membuktikan bahwa terjadi penyerapan air pada nilon karena substansi dengan berat molekul yang rendah seperti air memiliki efek untuk menurunkan nilai Tg ketika ditambahkan ke polimer.¹⁶

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 2, terlihat bahwa ada perbedaan bermakna minimal pada dua kelompok karena diperoleh signifikansi $p = 0,003$ ($p < 0,05$). Daur ulang akan mengakibatkan ikatan C-C pada nilon terpotong dan pemotongan rantai C-C ini akan berdampak pada sifat mekanis dan fisis nilon. Pada penelitian ini, rantai kimia yang terpotong diakibatkan ketika proses pencucian dan pemanasan pada nilon. Nilon yang menyerap air akan menyebabkan proses hidrolisis sehingga terjadi pemotongan rantai. Achilias (2012) menyatakan rantai kimia terpotong diakibatkan oleh air yang berpenetrasi ke dalam nilon.^{8,9,17,18} Nilon yang telah dicuci

akan tetap mengikat air walaupun telah dikeringkan.

Dutta (2008) menyatakan pemotongan rantai kimia diakibatkan karena polimer mengikat air dan air akan tetap berikatan dengan rantai kimianya walaupun telah dikeringkan.¹⁸ Di samping itu, proses pemanasan akan menghasilkan uap air sehingga meningkatkan atom H yang berikatan dengan nilon. Molekul air yaitu H₂O memiliki atom H pada unsur kimianya. Atom H akan masuk ke dalam rantai dan berikatan dengan atom C pada nilon sehingga ikatan yang awalnya panjang yaitu CH₂-CH₂-CH₂ akan terpotong menjadi CH₂ dan CH₃-CH₃ sehingga jumlah CH₃ lebih banyak dari CH₂.^{9,18} Soja J meneliti efek yang ditimbulkan dari *mechanical recycling* pada nilon sisa. Hasil pada FTIR menunjukkan *ratiomethyl* (CH₃) meningkat, sementara *methylene* (CH₂) menurun akibat terjadi pemotongan rantai kimia.⁹ Rantai kimia yang terpotong akan menjadi pendek dan menyebabkan ikatan kimianya menjadi tidak teratur. Hal ini akan berpengaruh pada derajat dan ukuran kristalisasi pada nilon karena semakin kecil derajat kristalisasinya, maka penyerapan air pada nilon semakin tinggi.^{7,10,11} Rantai kimia yang pendek juga akan menyebabkan berat molekul nilon menjadi rendah sehingga viskositas nilon menurun.¹⁹

T.Fattahi (2010) membandingkan viskositas pada nilon murni dengan nilon daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan viskositas pada nilon murni turun sebesar 5,59%

sementara viskositas pada nilon daur ulang turun lebih banyak yaitu sebesar 7,73%.⁷

Begitu juga dengan hasil penelitian Goitisololo (2008) yang menunjukkan viskositas nilon daur ulang menurun akibat berat molekul yang rendah. Pada penelitiannya, tahapan daur ulang pada nilon dilakukan sebanyak lima kali dan hasil penelitian menunjukkan viskositas pada nilon daur ulang yang pertama lebih besar dibandingkan dengan daur ulang kedua sampai dengan kelima.^{8,12} Menurunnya nilai viskositas menunjukkan penyerapan air pada nilon yang semakin bertambah besar.²¹ Selain menurunkan nilai viskositas, rantai kimia yang terpotong juga akan mendukung mobilitas rantai sehingga meningkatkan kecepatan kristalisasi nilon.²⁰ Kristalisasi yang terjadi dengan cepat ini akan menghasilkan ukuran dan derajat kristal yang kecil dan tidak sempurna sehingga meningkatkan penyerapan air.¹⁹

Dari uji statistik pada tabel 3, terlihat pada kelompok C yaitu kelompok nilon kombinasi dengan perbandingan *ratio* 60% pada nilon murni dan 40% nilon daur ulang memiliki nilai penyerapan air yang sama baiknya dengan kelompok A yaitu kelompok nilon murni.

Kombinasi nilon murni dengan nilon daur ulang akan menghasilkan struktur nilon yang lebih baik.⁸ Ini diakibatkan oleh reaksi *chain extension* atau pemanjangan rantai kimia ketika nilon murni ditambahkan pada nilon daur ulang. Nilon murni yang bertindak sebagai *chain extenders* akan meningkatkan

berat molekul dengan melipat gandakan ikatan kimia yang mengalami degradasi ketika proses daur ulang berlangsung sehingga berat molekul nilon meningkat.^{13,14,19,21}

Buccella (2012) menyatakan penambahan nilon murni pada nilon daur ulang akan menghasilkan struktur nilon yang lebih baik. Pada analisis *terminal group*, terlihat peningkatan berat molekul ketika nilon murni ditambahkan pada nilon daur ulang dan reaksi kimia terjadi antara *chain extender* dengan ikatan amida.¹⁴ Analisis *rheological test* juga menunjukkan viskositas yang meningkat dengan adanya penambahan nilon murni akibat bertambahnya berat molekul.¹⁴ Maspoch (2003) membandingkan viskositas pada nilon murni, nilon daur ulang dan nilon kombinasi dengan persentase 50% pada nilon murni dan 50% nilon daur ulang. Hasil yang diperoleh melalui *Viscometery* menunjukkan viskositas nilon daur ulang adalah sebesar 63 , sementara pada nilon kombinasi memiliki viskositas yang lebih baik yaitu sebesar 77 .²² Meningkatnya viskositas pada nilon menunjukkan penyerapan air yang turun akibat proses *chain extension* yang terjadi ketika nilon murni ditambahkan pada nilon daur ulang.^{14,21} Ketika mengkombinasikan nilon murni pada nilon daur ulang, persentase nilon daur ulang harus di bawah nilon murni.²¹

Maspoch (2003) menyatakan persentase nilon daur ulang harus di bawah nilon murni dan menilai bahwa kombinasi 30% nilon

daur ulang dengan 70% nilon murni merupakan kombinasi yang paling baik.²² Peneliti memilih persentase 60% nilon murni dengan 40% nilon daur ulang dengan harapan dapat memanfaatkan lebih banyak nilon sisa dan menghasilkan struktur yang hampir atau sama baiknya dengan nilon murni.

SIMPULAN

Pada basis gigi tiruan nilon termoplastik, nilai penyerapan air tidak boleh melewati 32 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ (ISO Standard 1567, 1999). Pada penelitian ini terlihat bahwa nilai rerata penyerapan air pada kelompok A,B, dan C masih dibawah nilai yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai basis gigi tiruan nilon termoplastik.

SARAN

Saran dari penelitian ini adalah perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut dalam mengatasi sifat fisis basis gigi tiruan termoplastik yang terbuat dari nilon daur ulang yaitu penyerapan air, dicari cara untuk memegang sampel agar ukuran setiap sampel yang dihasilkan tidak berbeda, dan cara pemotongan nilon daur ulang untuk mendapatkan ukuran yang sama atau mendekati ukuran nilon murni.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kohli S, Bhatia S. Polyamides in dentistry. Int J of Scientific Study 2013; 1(1): 20-5.

2. Vojdani M, Giti R. Polyamide as a denture base material: A Literature Review. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2015; 16 (1): 1-9.
3. Jang DE, Lee Jy, Jang HS, Son Mk. Color stability, water sorption and cytotoxicity of thermoplastic acrylic resin for non metal clasp denture. *J AdvProsthodont* 2015; 7: 278-87.
4. Herman F Mark. *Encyclopedia of polymer science and technology*. John Wiley & Sons Inc 2014: 307-28.
5. Ariyani, Tamin H, Indra M. Pengaruh penambahan fiber glass reinforced terhadap penyerapan air dan stabilitas warna bahan basis gigi tiruan nilon termoplastik. *Dentika dent J* 2013; 17(3): 239-45.
6. Sharma A, Shashidhara HS. A review: flexible removable partial dentures. *J of Dental and Medical Sciences* 2014; 13(12): 58-62.
7. T. FattahiMeyabadi, M.R. Mohaddes Mojtahedi, S.A Mousavi Shoushtari. Melt spinning of reused nylon 6: structure and physical properties of as-spun, drawn, and textured filaments. *The J of The Textile Institute* 2010; 101(6): 527-537.
8. Goitisolo I, Jose´ I, Eguiaza´ bal, Jon Naza´ bal. Effects of reprocessing on the structure and properties of polyamide 6 nanocomposites. *Journal Elseiver*2008 :1752.
9. Soja J, Miskolczi N. Degradation of reinforced and unreinforced waste polyamides during mechanical recycling. *Hungarian J of Industry and Chemistry Veszreem* 2013; 41(2) : 131-6.
10. Su KH, Lin JH, Lin CC. Influence of reprocessing on the mechanical properties and structure of polyamide 6. *J of Materials Processing Technology* 2007. 192-193: 532-538.
11. Harper CA. *Handbook of plastics, elastomers, and composites*. 4th ed. The McGraw-Hill Companies. 2004: 22-4.
12. Hamad K, Kaseem M, Deri F. Recycling of waste from polymer materials: An overview of the recent works. *Journal Elseiver*2013: 2801,2810.
13. Goodship V. *Management, recycling, and reuse waste of composites*. Woodhead Publishing Limited: Oxford, 2010 : 258-260.
14. M. Buccella, A. Dorigato, E. Pasqualini. Thermo-mechanical properties of Polyamide 6 chemically modified by chain extension with Polyamide/ Polycarbonate blend' *J Polym Res*. 2012: 1.
15. Goitisolo I, Jose´ I, Eguiaza´ bal, Jon Naza´ bal. Effects of reprocessing on the structure and properties of polyamide 6 nanocomposites. *Journal Elseiver*2008 :1752.
16. Noort RV. *Dental Materials*. 3th ed. Elseiver: Philadelphia, 2007: 37-40.
17. Achilias DS. Recent advances in the chemical recycling of polymers (PP, PS, LDPE, HDPE, PVC, PC, Nylon, PMMA). *Laboratory of Organic Chemical Technology, Department Of Chemistry, Aristotle University Of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece*. 2012: 3-4.
18. Dutta SS. Water absorption and dielectric properties of Epoxy insulation. *Norwegian University of Science and Technology Department of Electrical Power Engineering*. 2008: 21.
19. Crespo JE ,Parres F, Peydró MA, dkk. Study of rheological, thermal and mechanical behavior of reprocesses polyamide 6. *53(4): 1-3, 10-15*.
20. Lem P, Bates P, Baylin B, dkk. Crystallization behaviour of post-industrial waste nylon composites. *Society of Plastic Engineers* 2012: 1.
21. BASF The Chemical Compamy. Upgrading of recycled plastic by additives. *Symposium: Plastic Forever Delft, November 2, 2012: 6-7*.
22. Maspoch ML, Ferrando HE, Velasco JI. Characterisation of filled and recycled PA6. *Macromol. Symp* 2003. 301-2