



Pengaruh Penambahan Nilon Thermoplastik Daur Ulang pada Nilon Thermoplastik Murni terhadap Modulus Elastisitas Basis Gigi Tiruan

Magfira¹, Isma Suprapti², Sri Irmayana³

^{1,2,3}Prodi D-III Teknik Gigi, Universitas Megarezky, Makassar, Indonesia

Email: ¹firmagfiradrg@unimerz.ac.id, ²isma.suprapti07@unimerz.ac.id,

³sriirmayana530@gmail.com

Abstract

The use of thermoplastic nylon denture bases produces waste that causes environmental pollution. To overcome this environmental pollution, the remaining nylon can be recycled into denture bases. The purpose of this study was to determine the effect of adding recycled thermoplastic nylon to pure thermoplastic nylon on the modulus of elasticity of denture bases. The laboratory experiment research method was carried out in the laboratory of the Dental Engineering Study Program D III, Universitas Megarezky, Makassar and the Mechanical Laboratory of the Ujung Pandang State Polytechnic. This study used Thermoplastic Nylon material, in this case using Thermoset material which was divided into 4 sample groups, namely: pure Thermoplastic Nylon (Sample A), a combination of 75% pure Thermoplastic Nylon with 25% recycled Thermoplastic Nylon (Sample B), a combination of 50% pure Thermoplastic Nylon with 50% recycled Thermoplastic Nylon (Sample C), 100% recycled Thermoplastic Nylon (Sample D). The results of the study showed that the modulus of elasticity with an average value for the pure Thermoplastic Nylon group was 832.97 MPa, the 75% pure Thermoplastic Nylon 25% Recycled Thermoplastic Nylon group was 831.29 MPa, the 50% pure Thermoplastic Nylon 50% Recycled Thermoplastic Nylon group was 830.11 Mpa and the highest was the 100% Recycled Thermoplastic Nylon group, which was 851.44 MPa. In conclusion, the addition of recycled thermoplastic nylon to pure thermoplastic nylon can cause changes in the modulus of elasticity in the form of a lack of flexibility of the denture base.

Keywords: Denture Base, Thermosens, Modulus of Elasticity, Pure Thermoplastic Nylon.

Abstrak

Penggunaan basis gigi tiruan nilon termoplastik menghasilkan limbah yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Mengatasi pencemaran lingkungan tersebut adalah mendaur ulang nilon sisa menjadi basis gigi tiruan kembali. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan nilon termoplastik daur ulang pada nilon termoplastik murni terhadap modulus elastisitas basis gigi tiruan. Metode penelitian eksperimen laboratorium yang dilaksanakan di laboratorium Prodi D III Teknik Gigi Universitas Megarezky Makassar dan Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian ini menggunakan bahan Nilon Thermoplastik dalam hal ini menggunakan bahan Thermoset yang terbagi dalam 4 kelompok sampel, yaitu: Nilon

Thermoplastik murni (Sampel A), kombinasi 75% Nilon Thermoplastik murni dengan 25% Nilon Thermoplastik daur ulang (Sampel B), kombinasi 50% Nilon Thermoplastik murni dengan 50% Nilon Thermoplastik daur ulang (Sampel C), 100% Nilon Thermoplastik daur ulang (Sampel D). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas dengan nilai rata-rata untuk kelompok Nilon Thermoplastik murni 832.97 Mpa, kelompok 75% Nilon Thermoplastik murni 25% Nilon Thermoplastik Daurlang sebesar 831.29 Mpa, kelompok 50% Nilon Thermoplastik murni 50% Nilon Thermoplastik Daurlang sebesar 830.11 Mpa dan yang tertinggi adalah kelompok 100% Nilon Thermoplastik Daurlang sebesar 851.44 Mpa. Sebagai Kesimpulan bahwa dengan penambahan nilon termoplastik daur ulang pada nilon termoplastik murni dapat menyebabkan perubahan pada modulus elastisitas berupa kurangnya fleksibilitas basis gigi tiruan.

Kata Kunci: Basis Gigi Tiruan, Themosent, Modulus Elastisitas, Nilon Thermoplastik Murni.

PENDAHULUAN

Kehilangan gigi secara langsung akan berdampak memberikan dampak pada fungsi pengunyahan, fisik, psikologi, sosial dan kesehatan umum (Hutauruk & Tarigan, 2022; Rosmaladewi Talli & Ana Aulia Ilmi, 2022). Terganggunya fungsi perngunyahan akan kembali pulih dengan pernggunaan gigi tiruan (Wowor & Mintjelungan, 2019). Basis merupakan bagian dari gigi tiruan yang bersandar pada jaringan lunak didalam rongga mulut yang berfungsi untuk menggantikan tulang alveolar yang hilang, menerima gaya fungsional dari proses pengunyahan dan mendistribusikannya ke jaringan pendukung struktur rongga mulut serta mendukung anasir gigi tiruan (Putri et al., 2015).

Karena sektor kedokteran gigi menghasilkan limbah plastik dalam jumlah besar, daur ulang lion thermoplastik sangat penting karena dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Menurut penelitian yang diterbitkan dalam Journal of Dentistry, setiap prosedur kedokteran gigi menghasilkan rata-rata 354 gram limbah plastik sekali pakai, juga dikenal sebagai limbah plastik sekali pakai. Sekitar 21 item plastik digunakan dalam setiap prosedur klinis (Martin et al., 2022). Selain itu, sebagian besar polimer kedokteran gigi tidak dapat terurai secara alami. Akibatnya, penggunaan plastik dalam pelayanan kesehatan gigi terus meningkat dan menimbulkan masalah lingkungan global, menurut penelitian RSC Sustainability. Sisa spru nilon termoplastik biasanya dibuang saat membuat basis gigi tiruan dengan teknik injection molding, tetapi masih dapat didaur ulang (Ong et al., 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan kembali nilon termoplastik yang didaur ulang adalah cara kreatif untuk mengurangi limbah polimer, mendukung gagasan dentistry hijau, dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat.

Beberapa tahun terakhir, nilon termoplastik mulai menarik perhatian sebagai bahan basis gigi tiruan. Resin poliamida diusulkan sebagai bahan dasar gigi tiruan pada tahun 1950-an. Nilon adalah nama generik dari jenis polimer termoplastik tertentu yang termasuk dalam kelas yang dikenal sebagai poliamida. Nilon adalah polimer kristalin dan efek kristalin ini menyebabkan kurangnya kelarutan nilon dalam zaT pelarut, serta memiliki ketahanan terhadp panas yang tinggi dan kekuatan yang tinggi (Srinivasan & Dhanraj, 2017; Naji, 2020). Nilon termoplastik memiliki beberapa kelebihan yaitu nilai estetisnya jauh lebih baik dari resin akrilik polimerisasi panas, bahannya elastis sehingga beban mastikasi yang tinggi akan diantisipasi oleh fleksibilitas bahan, tidak toksik, tidak menyebabkan reaksi alergi terhadap monomer sisa dan memiliki kekuatan yang cukup untuk dijadikan sebagai bahan basis gigi tiruan (Jannah & Zulkarnain, 2022).

Nilon Thermoplastik merupakan bahan basis gigi tiruan yang bebas monomer, bersifat hipoalergenik sehingga dapat menjadi alternatif yang berguna bagi pasien yang sensitif terhadap resin akrilik konvensional, nikel atau kobalt (Setyowati & Wahyuni, 2019). Tampilannya yang transparan menunjang estetika gigi tiruan terlihat lebih natural dan senada dengan warna gusi (Myke & Arsanti, 2023). Bahan ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dan modulus elastisitas yang rendah sehingga tahan terhadap fraktur. Elastisitas basis gigi tiruan Nilon Thermoplastik diperlukan agar mampu menahan beban yang timbul pada saat berfungsi tanpa menyebabkan perubahan bentuk secara permanen (Rizani & Nasution, 2019).

Modulus elastisitas merupakan kekerasan atau kekakuan relatif dari suatu bahan. Karakteristik modulus elastisitas suatu bahan dipengaruhi oleh gaya tarik menarik interatomik atau intermolekul. Semakin besar gaya tarik menarik intermolekul maka nilai modulus elastisitas akan semakin besar dan bahan tersebut semakin kaku atau elastisitasnya rendah. Nilai modulus elastisitas berbanding terbalik dengan elastisitas bahan (Priskila et al., 2018).

Nilon Thermoplastik mempunyai modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan resin akrilik sehingga bersifat lebih fleksibel. Modulus elastisitas pada gigi tiruan berdasarkan standar ISO adalah 2000 MPa. Semakin tinggi modulusnya, semakin kaku bahan tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Song (2019) menunjukkan nilai modulus elastisitas bahan basis gigi tiruan poliamida sebesar 1209,95 MPa (Safina & Wahyuni, 2020).

Nilon termoplastik dimanipulasi dengan menggunakan teknik injeksi ke dalam mold menggunakan injektor yang biasa disebut sebagai teknik *Injection Molding*. Teknik manipulasi dengan *injection molding* menghasilkan basis gigi tiruan yang lebih stabil, tetapi kerugian dari teknik ini adalah biaya yang lebih mahal dan adanya pembuangan spru (nilon sisa) hasil injeksi basis gigi tiruan (Putri et al., 2015).

Penggunaan basis gigi tiruan Nilon Thermoplastik menghasilkan limbah berupa sisa bahan yang tidak terpakai yang bisa berdampak pada pencemaran lingkungan. Mengatasi hal tersebut salah satu cara adalah mendaur ulang nilon sisa menjadi basis gigi tiruan kembali. Metode daur ulang mekanis paling banyak digunakan karena lebih ekonomis dan efisien dibandingkan dengan metode yang lain. Pada proses ini limbah bahan akan dibentuk dengan cara dipotong, dicacah, atau dicuci menjadi butiran, serpihan, atau pelet kemudian dilelehkan untuk membuat produk baru (Grigore, 2017). Pada proses daur ulang akan terjadi perubahan sifat mekanis akibat pemanasan, maka dibutuhkan penambahan nilon murni pada nilon daur ulang untuk melihat apakah kombinasi nilon murni dengan nilon daur ulang memiliki pengaruh terhadap modulus elastisitas basis gigi tiruan (Safina & Wahyuni, 2020).

Dengan memanfaatkan kembali sisa bahan *injection molding* yang sebelumnya dibuang menjadi limbah, daur ulang nilon termoplastik mendukung konsep Circular Economy dalam pengelolaan limbah alat kesehatan. Metode ini penting karena setiap prosedur kedokteran gigi menghasilkan rata-rata 354 gram limbah plastik per operasi. Dengan mendaur ulang nilon termoplastik, volume limbah polimer dapat dikurangi, penggunaan bahan baku baru dapat ditekan, dan praktik green dapat lebih disukai. Pendekatan ini penting karena setiap prosedur kedokteran gigi menghasilkan sekitar 354 gram limbah plastik sekali pakai (Martin et al., 2022). Dengan mendaur ulang nilon termoplastik, kita dapat mengurangi volume limbah polimer, mengurangi penggunaan bahan baku baru, dan mendukung praktik dental hijau yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Nilon termoplastik telah diakui sebagai bahan dasar gigi tiruan karena keunggulannya dalam hal estetika, fleksibilitas, dan biokompatibilitas, dan Nilon termoplastik memiliki modulus elastisitas yang rendah (Z Tamin et al., 2019) . Namun, masalah limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan injeksi masih belum banyak ditangani secara ilmiah, terutama dalam hal penggunaan kembali. Studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada sifat mekanik nilon termoplastik murni. Di sisi lain, penelitian tentang penggunaan nilon daur ulang, terutama dalam kombinasi dengan bahan murni, masih terbatas dan belum menunjukkan hasil yang konsisten, terutama dalam hal perubahan modulus elastisitas. Selain itu, ada kemungkinan bahwa proses daur ulang

menyebabkan kerusakan struktur polimer, yang mengakibatkan penurunan sifat mekanik. Namun, belum ada batas komposisi ideal yang dapat mempertahankan kekakuan bahan yang diperlukan secara klinis. Oleh karena itu, tidak banyak penelitian yang mempelajari secara menyeluruh bagaimana penambahan nilon termoplastik daur ulang atau nilon termoplastik murni memengaruhi modulus elastisitas basis gigi tiruan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan formulasi material yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memenuhi standar mekanik yang diperlukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan nilon termoplastik daur ulang pada nilon termoplastik murni terhadap modulus elastisitas basis gigi tiruan.

METODE

Rancangan penelitian yang di gunakan adalah eskperimental laboratoris. Penelitian dilakukan di laboratorium Prodi D III teknik Gigi Universitas Megarezky Makassar dan Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sampel dalam penelitian ini menggunakan 4 kelompok bahan Nilon Thermoplastik, yaitu Nilon Thermoplastik murni (Sampel A), kombinasi 75% Nilon Thermoplastik murni dengan 25% Nilon Thermoplastik daur ulang (Sampel B), kombinasi 50% Nilon Thermoplastik murni dengan Nilon Thermoplastik 50% daur ulang (Sampel C), 100% Nilon Thermoplastik daur Ulang (Sampel D). Adapun ukuran sampel yang di gunakan yaitu sampel dengan ukuran 65 mm x 10 mm x 2,5 mm, Masing - masing kelompok terdiri dari 4 sampel. Pembuatan sampel dilakukan dengan teknik *injection molding* yaitu dengan cara bahan dilelehkan dan diinjeksikan ke dalam kuvet di bawah tekanan. Pengujian modulus elastisitas dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*.

Pengolahan sisa injek bahan Nilon Thermoplastik dibersihkan menggunakan air yang mengalir dqn dikeringkan, kemudian di potong kecil-kecil menggunakan *disk* menjadi serpihan atau menjadi bagian-bagian yang kecil, kemudian dicampur dengan bahan Nilon Thermoplastik murni sesuai dengan takaran pada Tabel 1.

Tabel 1. Takaran bahan yang digunakan

Sampel	Thermosent Murni	%	Thermosent Daur Ulang	%	Total
A	20gram	100	-	-	20gram
B	15gram	75	5gram	25	20gram
C	10gram	50	10gram	50	20gram
D	-	-	20gram	100	20gram

Catridge diisi dengan bahan sesuai dengan kelompok masing-masing menggunakan timbangan digital yaitu, Nilon Thermoplastik murni (20 gram), kelompok 75% Nilon Thermoplastik murni (15 gram) 25% Nilon Thermoplastik daur ulang (5

gram), kelompok 50% *Nilon Thermoplastik* murni (10 gram) 50% *Nilon Thermoplastik* daur ulang (10 gram) dan kelompok 100% *Nilon Thermoplastik* daur ulang (20 gram) lalu di tutup rapat menggunakan pelipat *catridge*.

Pembuatan sampel dilakukan sesuai dengan tahapan prosedur mulai dari pembuatan sampel model wax, penanaman model sampel dan sprue dalam kuvet , boiling out dalam air mendidih selama 15 menit untuk membuang pola model wax dan sprue , dilanjutkan dengan *heating*. dan injeksi bahan. *Catridge* tempatkan dalam *furnace* untuk melunakkan bahan nilon termoplastik pada suhu 280° C selama 18 menit. Setelah bahan nilon termoplastik meleleh seluruhnya, *catridge* berisi bahan nilon termoplastik yang telah dipanaskan dipasang di atas kuvet dan kuvet dipasang pada alat injeksi. Bahan nilon termoplastik diinjeksikan ke dalam kuvet dengan tekanan 7,5 bar, dan didiamkan selama 30 menit hingga mengeras. Penyelesaian akhir dilanjutkan pada tahapan finishing dan polishing pada masing - masing sampel.

Pengujian Modulus Elastisitas pada penelitian ini mengacu pada standar ISO 20795-1 tentang *Dentistry—Base Polymers*, yang mengatur spesifikasi serta metode pengujian sifat mekanik bahan basis gigi tiruan, termasuk dimensi spesimen dan prosedur uji fleksural/modulus elastisitas.

Analisis Statistik: Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan dalam nilai modulus elastisitas antara kelompok perlakuan (A, B, C, dan D), data hasil pengujian harus dianalisis menggunakan statistik inferensial One-Way ANOVA. Jika nilai signifikansi $p < 0.05$, maka kelompok yang memiliki perbedaan signifikan tertentu akan diidentifikasi dengan uji Post-Hoc Least Significant Difference (LSD).

Etika dan Keselamatan Penelitian: Meskipun ini adalah penelitian eksperimental laboratoris, prosedurnya dilakukan sesuai dengan standar keselamatan kerja laboratorium, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD), pengendalian suhu saat bahan dipanaskan, dan pengendalian limbah material sesuai dengan prosedur keselamatan dan pengelolaan limbah laboratorium.

HASIL

Pengujian dilakukan setelah sampel selesai dilakukan *finishing* dan *polishing*. Pengujian modulus elastisitas dilakukan dengan menggunakan alat Universal Testing Machine, dengan cara memberi nomor pada setiap kelompok sampel pada bagian ujungnya, kemudian mesin diatur dengan jarak tumpuan sebesar 50 mm, setelah itu sampel dipasang pada alat . Lalu sampel ditekan mulai dari angka nol sampai mencapai nilai maksimum.



Gambar 1. Pengujian Modulus Elastisitas

Untuk menguji modulus elastisitas pada spesimen bahan basis gigi tiruan, alat uji mekanik digunakan. Sampel diletakkan pada dua penyangga dan dibebani hingga mengalami pembengkokan atau deformasi di bagian tengahnya, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Untuk menentukan tingkat kekakuan bahan, pengujian ini mengukur besarnya defleksi yang terjadi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui reaksi material terhadap gaya yang diberikan. Nilai modulus elastisitas seseorang berkorelasi positif dengan jumlah perubahan bentuk yang terjadi karena beban. Ini menunjukkan bahwa material tersebut lebih kaku dan memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mempertahankan bentuknya saat digunakan untuk pengunyahan.

Tabel 2. Hasil uji modulus elastisitas menggunakan alat Universal Testing Machine

Perlakuan	No.Sampel	Lebar Sampel	Tebal Sampel	Panjang Sampel	Jarak Tumpuan	Mpa
Thermosent	1	10	2.5	65	50	830.84
Murni	2	10	2.5	65	50	835.70
	3	10	2.5	65	50	832.38
		Rata-rata				832.97
Thermosen	1	10	2.5	65	50	829.96
t Murni	2	10	2.5	65	50	831.81
75%,	3	10	2.5	65	50	832.10
Thermosen						
t Daur						
Ulang						
25%						
Rata-rata						831.29
Thermosen	1	10	2.5	65	50	830.92
t Murni	2	10	2.5	65	50	831.10
50%,	3	10	2.5	65	50	828.31
Thermosen						
t Daur						
Ulang						
50%						
Rata-rata						830.11
100%	1	10	2.5	65	50	851.31
Thermosent	2	10	2.5	65	50	847.92
Daur Ulang	3	10	2.5	65	50	855.10
Rata-rata						851,44

Tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa semua spesimen memiliki dimensi yang seragam, seperti yang ditunjukkan dalam tabel hasil pengujian: lebar 10 mm, tebal 2,5 mm, panjang 65 mm, dan jarak tumpuan 50 mm. Oleh karena itu, komposisi bahan Thermosent yang digunakan terutama berkontribusi pada perbedaan nilai modulus elastisitas yang diperoleh. Nilai modulus elastisitas rata-rata untuk kelompok Thermosent murni sebesar 832,97 MPa turun sedikit menjadi 831,29 MPa untuk kelompok campuran 75 persen Thermosent murni dan 25 persen daur ulang, dan kembali turun menjadi 830,11 MPa untuk kelompok campuran 50 persen. Sifat mekanik bahan masih seperti bahan murni, karena penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan bahan daur ulang cenderung mengurangi kekakuan material. Di sisi lain, kelompok thermoset 100% daur ulang menunjukkan modulus elastisitas yang cukup tinggi, 851,44 MPa, yang menunjukkan bahwa material menjadi lebih kaku dan tidak elastis. Kondisi ini tampaknya

disebabkan oleh degradasi termal yang terjadi selama proses daur ulang, yang disebabkan oleh pemanasan berulang yang memengaruhi struktur polimer dan mengurangi fleksibilitas rantai molekul. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa komposisi campuran bahan memengaruhi sifat mekanik basis gigi tiruan. Jika bahan daur ulang digunakan dalam jumlah yang sangat kecil, mereka masih dapat mempertahankan sifat yang mirip dengan bahan murni, sementara jika bahan daur ulang digunakan sepenuhnya, mereka cenderung meningkatkan kekakuan material secara signifikan.

PEMBAHASAN

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental laboratoris, yaitu bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nilon termoplastik daur ulang pada nilon termoplastik murni terhadap modulus elastisitas pada basis gigi tiruan dengan cara memberi perlakuan kepada satu atau lebih kelompok eksperimen, kemudian hasil dari kelompok yang diberi perlakuan dibandingkan dengan kelompok nilon termoplastik murni. Nilon Thermoplastik telah dijadikan alternatif bahan basis gigi tiruan selain penggunaan Resin Akrilik. Nilon termoplastik memiliki kelebihan dibandingkan dengan resin akrilik dari segi elastisitasnya. Akan tetapi, bahan ini juga memiliki kekurangan, di antaranya pada prosedur manipulasinya yang membutuhkan alat khusus dengan teknik *injection moulding*.

Hasil penelitian menunjukkan, sampel A dan B memiliki tekstur dan warna yang hampir sama,. Hal ini disebabkan oleh sampel B, yang memiliki kandungan nilon termoplastik murni sebesar 75 % dibandingkan dengan nilon termoplastik daur ulang, yaitu sebesar 75%. Terjadinya perubahan warna pada sampel yang di campur dengan Nilon Thermoplastik daur ulang diakibatkan adanya perlakuan pemanasan yang berulang. Kelompok sampel C yang mengandung 50% Nilon Thermoplastik murni dan 50% Nilon Thermoplastik daur ulang menghasilkan warna yang pink keabu-abuan. Sedangkan sampel D yang mengandung Nilon Thermoplastik 100% daur ulang menghasilkan warna yang coklat atau paling pekat dibandingkan sampel lainnya. Bila dinilai dari estetika, maka sampel C dan D tidak dapat dijadikan sebagai basis gigi. Pada sampel D, perubahan warna menjadi coklat dapat menyebabkan pasien kurang puas karena estetika gigi tiruan sangat memengaruhi kepercayaan diri dan kenyamanan sosial. Dalam perspektif psikologi kesehatan masyarakat, warna basis gigi yang tidak menyerupai gigi alami dapat menyebabkan kualitas hidup terkait kesehatan mulut yang lebih buruk dan pasien menjadi kurang percaya diri saat berinteraksi secara sosial.

Pada penelitian ini, modulus elastisitas yang diperoleh masih jauh dari nilai standar yang telah ditetapkan. Penelitian yang dilakukan oleh (Song et al., 2019), menunjukkan nilai modulus elastisitas bahan basis gigi tiruan nilon termoplastik sebesar 1209,95 Mpa. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh (Safina & Wahyuni, 2020). Bervariasinya nilai yang diperoleh dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya adalah porositas yang tidak terlihat pada saat proses injeksi dan ukuran nilon daur ulang yang digunakan. Porositas ini akan menyebabkan terbentuknya rongga sehingga terdapat ruang kosong pada sampel. Porositas ini akan menyebabkan berkurangnya kepadatan suatu bahan yang akan berdampak pada terjadinya penurunan sifat mekanis dari bahan (Alfahdawi, 2025). Persentase nilon daur ulang yang digunakan juga dapat menyebabkan nilai sampel yang diperoleh bervariasi. Selaian itu ukuran dari sampel juga turut memberi pengaruh dari hasil. Kelompok nilon termoplastik 100% daur ulang (Sampel D) memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 851,44 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang besar pada modulus elastisitas sampel A,B, dan C, yaitu dengan nilai modulus elastisitas sampel A 832,97 Mpa, sampel B 831,29 MPa, dan sampel C 830,11 Mpa. Hasil ini disebabkan oleh adanya

perlakuan pemanasan yang berulang kali sehingga mengakibatkan nilon pada bahan tersebut menurun, menyebabkan bahan yang 100% daur ulang lebih kaku daripada hasil dari bahan yang mengandung nilon termoplastik murni. Proses daur ulang dengan mengombinasikan nilon daur ulang dengan nilon termoplastik murni. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar persentase nilon daur ulang yang ditambahkan, semakin tinggi pola penurunan pada transition glass temperature (Tg). Tg yang mengalami penurunan akan menyebabkan ikatan hidrogen melemah sehingga ruang amorphous meningkat dan kristalin menurun, sehingga menyebabkan penurunan sifat mekanis bahan. Jika bahan daur ulang lebih kaku, basis gigi tiruan menjadi tidak fleksibel, sehingga material tidak dapat menyerap dan mendistribusikan tekanan kunyah secara merata. Ini dapat meningkatkan tekanan pada mukosa mulut, menyebabkan ketidaknyamanan, iritasi, atau bahkan trauma jaringan lunak. Selain itu, bahan yang terlalu kaku cenderung lebih rapuh dan tidak dapat diubah, sehingga kemungkinan patah atau retak pada basis gigi tiruan saat menerima beban mastikasi meningkat.

Novelty penelitian ini adalah penggunaan pendekatan integratif. Ini tidak hanya melihat bagaimana penambahan nilon termoplastik daur ulang atau nilon termoplastik murni memengaruhi modulus elastisitas, tetapi juga melihat bagaimana perubahan struktur material dan fitur estetika yang disebabkan oleh proses daur ulang dalam praktik klinis. Penelitian ini secara sistematis membandingkan beberapa komposisi campuran (75%, 50%, dan 100% daur ulang) untuk menemukan batas terbaik antara penghentian material dan kinerja mekanik. Ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang biasanya berfokus pada karakteristik bahan murni atau sekadar daur ulang. Selain itu, penelitian ini menemukan fenomena luar biasa di mana kekakuan bahan yang didaur ulang sepenuhnya meningkat, menunjukkan perubahan mikrostruktur yang disebabkan oleh pemanasan berulang. Studi ini juga menekankan keseimbangan antara sifat mekanik dan estetika yang belum banyak dibahas dalam literatur. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam pengembangan material kedokteran gigi berbasis daur ulang yang mempertimbangkan aspek mekanik dan kelayakan klinis serta ekosistem lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran 75% Thermosent murni dan 25% Thermosent daur ulang dapat dianggap sebagai standar emas untuk pembuatan basis gigi tiruan berbasis bahan daur ulang. Komposisi ini dapat mempertahankan nilai modulus elastisitas dan karakteristik warna yang hampir sama dengan bahan murni, sehingga tetap memenuhi aspek mekanik dan estetika yang diperlukan untuk penggunaan klinis. Selain itu, polimer yang digunakan sebagian dapat mengurangi jumlah polimer yang dibuang. Dengan mempertahankan nilai modulus elastisitas dan karakteristik warna yang sebanding dengan bahan asli, komposisi ini tetap memenuhi syarat mekanik dan estetika untuk penggunaan klinis. Penggunaan bahan daur ulang juga dapat menurunkan limbah polimer dari pembuatan injeksi, mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru, dan meningkatkan efisiensi biaya produksi. Akibatnya, komposisi ini dapat membantu kebijakan kedokteran gigi hijau dan pelaksanaan ekonomi sirkular untuk mengelola limbah bahan kedokteran gigi secara lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Studi ini menemukan bahwa menggunakan lion termoplastik daur ulang tanpa dicampur dengan bahan asli meningkatkan nilai modulus elastisitas. Sebaliknya, nilai modulus elastisitas menurun, yang membuat bahan menjadi lebih kaku. Kondisi ini dapat terjadi karena perubahan struktur polimer yang disebabkan oleh pemanasan berulang, yang mempengaruhi ikatan intermolekul dan distribusi fase kristalin-amorf. Selain itu, perubahan warna yang signifikan yang terjadi pada bahan yang didaur ulang sepenuhnya

menunjukkan bahwa bahan tersebut mengalami degradasi termal, yang berdampak buruk pada kualitas estetika. Akibatnya, dalam praktik klinis, bahan ini tidak disarankan untuk digunakan sebagai dasar gigi tiruan. Sebaliknya, ketika 25% bahan daur ulang ditambahkan ke dalam 75% bahan termoplastik murni, nilai modulus elastisitas yang diperoleh masih relatif sama dengan bahan murni, yang menunjukkan bahwa sifat mekaniknya masih berada dalam rentang yang dapat diterima. Perubahan warna pada komposisi ini tidak terlalu mencolok secara visual, sehingga tetap memenuhi unsur estetika. Oleh karena itu, alternatif yang lebih berkelanjutan yang terdiri dari campuran 75% bahan murni dan 25% bahan daur ulang dapat disarankan. Ini melakukannya tanpa mengorbankan kualitas mekanik dan penampilan basis gigi tiruan secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfahdawi, I. H. (2025). Polymeric additions effect on mechanical properties of heat-polymerized denture base resin: An in vitro study. *Discover Materials*, 5(1), 97. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00279-7>
- Grigore, E. (2017). Methods of Recycling , Properties and Applications of Recycled Thermoplastic Polymers. *Recycling*, 2(24), 1–11. <https://doi.org/10.3390/recycling2040024>
- Hutauruk, N., & Tarigan, S. (2022). Pengaruh Lama Perendaman Bahan Basis Gigi Nilon Termoplastik Dalam Ekstrak Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia) Terhadap Perubahan Dimensi. *Cakradonya Dent J*, 14(1), 41–47.
- Jannah, M. K., & Zulkarnain, M. (2022). Pengaruh perendaman cuka sari apel terhadap stabilitas warna dan kekuatan fleksural basis gigi tiruan nilon termoplastik. <https://doi.org/10.24198/pjdrs.v6i1.33156>
- Martin, N., Mulligan, S., Fuzesi, P., & Hatton, P. V. (2022). Quantification of single use plastics waste generated in clinical dental practice and hospital settings. *Journal of Dentistry*, 118, 103948. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.103948>
- Myke, D., & Arsanti, M. (2023). Analisis Material Dasar Komponen Gigi Tiruan Lepas Yang Biokompatibel Dengan Jaringan Oral Gigi. *ResearchGate*.
- Naji, G. A.-H. (2020). Influence of Various Chemical Surface Treatments, Repair Materials, and Techniques on Transverse Strength of Thermoplastic Nylon Denture Base. *International Journal of Dentistry*, 2020, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2020/8432143>
- Ong, A., Teo, J. Y. Q., Watts, D. C., Silikas, N., Lim, J. Y. C., & Rosa, V. (2024). The global burden of plastics in oral health: Prospects for circularity, sustainable materials development and practice. *RSC Sustainability*, 2(4), 881–902. <https://doi.org/10.1039/D3SU00364G>
- Priskila, R., Warinussy, L., Kristiana, D., & Soesetijo, F. X. A. (2018). Pengaruh Perendaman Nilon Termoplastik Dalam Berbagai Konsentrasi Ekstrak Bunga Cengkeh Terhadap Modulus Elastisitas (The Effect of Thermoplastic Nylon Immersion In Various Con- centration of Clove Flower Extract to the Modulus Elasticity). *E-Journal Pustaka Kesehatan*, 6(1), 179–185.

- Putri, A. C., Wahyuni, S., Alumni, J., Kampus, N., Medan, U. S. U., & Kunci, K. (2015). Pengaruh Penambahan Serat Kaca Pada Nilon Termoplastik Daur Ulang Terhadap Kekeuatan Impak. *B-Dent: Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 7(1), 27–37.
- Rizani, M., & Nasution, H. (2019). Kekuatan Ikat Geser Gigi Artifisial Akrilik dan Porselen Pada Tiga Macam Basis Gigi Tiruan Nilon Termoplastik. *J Ked Gi Unpad*, 1(31), 8–14. <https://doi.org/10.24198/jkg.v31i1.19025>
- Rosmaladewi Talli & Ana Aulia Ilmi. (2022). Prosedur Pembuatan Jacket Crown Berbahan IPS E-Max Press Pada Gigi Incisivus Centralis Regio Maxilla Sinistra. *Inhealth: Indonesian Health Journal*, 1(1), 35–47. <https://doi.org/10.56314/inhealth.v1i1.22>
- Safina, H., & Wahyuni, S. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Kaca Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Nilon Termoplastik Daur Ulang Terhadap Kekuatan Transversal dan Modulus Elastisitas. *B-Dent: Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 7(1), 38–47.
- Setyowati, O., & Wahyuni, S. (2019). Pattern Of Demand For Making Dentures at Dental Laboratory in Surabaya City, Indonesia. *Journal of V*, 03, 1–5. <https://doi.org/10.20473/jvhs.V3I1.2019.1-5>
- Song, S., Kim, K., Lee, J., & Shin, S. (2019). *Physical properties and color stability of injection-molded thermoplastic denture base resins*. 32–40.
- Srinivasan, N., & Dhanraj. (2017). Polyamide As A Denture Base Material-A Review. *International Journal of Current Advanced Research*, 6(4), 3272–3274. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2017.3274.0244>
- Wowor, V. N. S., & Mintjelungan, C. N. (2019). Efektivitas Penggunaan Gigi Tiruan Sebagian Lepas terhadap Fungsi Pengunyahan pada Masyarakat Desa Pinasungkulan Kecamatan Modinding. *Jurnal E-Gigi (eG)*, 293, 81–86.
- Z Tamin, H., Wahyuni, S., & Nasution, I. D. (2019). Utilization of Recycled Thermoplastic Nylon Combined with Virgin Nylon and the Effect on its Mechanical Properties as a Denture Base Material. *Dental Research and Management*, 51–55. <https://doi.org/10.33805/2572-6978.128>