

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Penelitian mengenai perbedaan kekuatan fleksural bahan *thermoplastic nylon* pada berbagai ketebalan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penelitian menggunakan sampel yang berjumlah 16 sampel bahan *thermoplastic nylon* yang dikelompokkan menjadi empat kelompok ketebalan, yaitu ketebalan 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, dan 2.5 mm.

Penelitian ini diawali dengan pengukuran panjang, lebar, dan tebal sampel menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter. Penelitian dilanjutkan dengan pengujian kekuatan fleksural. Pengujian menghasilkan data berupa gaya maksimum (F_{max}) dalam satuan Newton (N). Gaya maksimum merupakan gaya yang didapat hingga sampel patah atau terdapat perubahan pada sampel. Hasil-hasil pengukuran tersebut kemudian akan dimasukkan dalam rumus kekuatan fleksural ($3PL/2bd^2$) untuk mendapatkan nilai kekuatan fleksural bahan dalam satuan Mega Pascal (MPa).

Tabel 1. Hasil Uji Kekuatan Fleksural

TEBAL	SAMPEL	GAYA (N)	MEAN (N)	KEKUATAN (MPa)	MEAN (MPa)	SD
1 mm	TN.B.1.1	38.90	37.95	66.06	55.55	7.11
	TN.B.1.2	34.20		52.23		
	TN.B.1.3	46.20		53.40		
	TN.B.1.4	32.50		50.49		
1.5 mm	TN.B.1.5.1	29.20	27.76	47.87	45.76	1.87
	TN.B.1.5.2	32.10		45.39		
	TN.B.1.5.3	28.00		46.42		
	TN.B.1.5.4	27.80		43.42		
2 mm	TN.B.2.1	50.60	44.63	49.26	47.24	2.19
	TN.B.2.2	38.60		45.88		
	TN.B.2.3	42.50		44.87		
	TN.B.2.4	46.80		48.93		
2.5 mm	TN.B.2.5.1	49.00	47.10	44.77	45.36	3.41
	TN.B.2.5.2	50.50		50.13		
	TN.B.2.5.3	44.80		42.05		
	TN.B.2.5.4	44.10		44.47		

Tabel 1 menunjukkan gaya fleksural, rata-rata gaya fleksural, kekuatan fleksural beserta rata-rata kekuatan fleksural dan standar deviasi dari masing-masing sampel. Rata-rata gaya fleksural dari kelompok ketebalan 1 mm adalah 37.95 N. Rata-rata gaya fleksural dari kelompok ketebalan 1.5 mm adalah 27.76 N. Rata-rata gaya fleksural dari kelompok ketebalan 2 mm adalah 44.63 N. Rata-rata gaya fleksural dari kelompok ketebalan 2.5 mm adalah 47.10 N. Rata-rata gaya fleksural terendah ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 1.5 mm dengan rerata 27.76 N. Rata-rata gaya fleksural tertinggi ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 2.5 mm dengan rerata 47.10 N. Gaya fleksural terendah ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 1.5 mm sampel ke 4 dengan gaya 27.80 N. Gaya fleksural tertinggi ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 2 mm sampel ke 1 dengan gaya 50.60 N.

Rata-rata kekuatan fleksural dari kelompok ketebalan 1 mm adalah 55.55 MPa (SD 7.11). Rata-rata kekuatan fleksural dari kelompok ketebalan 1.5 mm adalah 45.76 MPa (SD 1.87). Rata-rata kekuatan fleksural dari kelompok ketebalan 2 mm adalah 47.24 MPa (SD 2.19). Rata-rata kekuatan fleksural dari kelompok ketebalan 2.5 mm adalah 45.36 MPa (SD 3.41). Rata-rata kekuatan fleksural terendah ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 2.5 mm dengan rerata 45.36 MPa (SD 3.41). Rata-rata kekuatan fleksural tertinggi ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 1 mm dengan rerata 55.55 MPa (SD 7.11). Kekuatan fleksural terendah ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 2.5 mm sampel ke 3 dengan 42.05 MPa. Kekuatan fleksural tertinggi ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 1 mm sampel ke 1 dengan 66.06 MPa.

Hasil penelitian kemudian diuji normalitas datanya menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Hasil uji normalitas data, menunjukkan bahwa persebaran data kekuatan fleksural normal ($p > 0.05$). Hasil penelitian juga diuji dengan uji *Levene Statistic* untuk menguji variansi data, hingga didapatkan hasil variansi data kekuatan fleksural seragam ($p > 0.05$). Uji hipotesis dilakukan menggunakan uji *One-Way Anova*, dan didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna terhadap ketebalan *thermoplastic nylon* ($p < 0.05$). Setelah diuji *Post Hoc* menggunakan uji *LSD*, didapatkan hasil bahwa beda kekuatan fleksural paling signifikan terjadi pada kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 1.5 mm; kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 2 mm; dan pada kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 2.5 mm ($p < 0.05$).

B. PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kekuatan fleksural bahan *thermoplastic nylon* pada berbagai ketebalan. Terdapat 16 sampel untuk menguji kekuatan fleksural yang dibagi menjadi 4 kelompok ketebalan. Variabel ketebalan yang digunakan adalah ketebalan 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, dan 2.5 mm.

Kekuatan fleksural adalah salah satu pengujian kekuatan mekanis suatu material basis gigi tiruan, yang salah satunya dengan sistem *three point bending*, yaitu dengan memberikan beban pada bagian tengah sebuah plat dan plat tersebut didukung oleh dua buah penyangga pada kedua ujungnya. Selama batang ditekan maka beban akan meningkat secara beraturan dan berhenti

ketika batang uji patah. Besar beban yang diperoleh hingga sebelum batang patah dimasukkan dalam rumus kekuatan fleksural.

Kekuatan fleksural juga merupakan kombinasi dari kekuatan tarik dan kekuatan geser. Uji kekuatan fleksural sering dilakukan untuk mengukur sifat mekanis dari suatu basis gigi tiruan karena cukup mewakili tipe-tipe gaya yang terjadi selama proses pengunyahan (Abhay, 2013). Fraktur pada gigi tiruan atas sering terjadi pada daerah *midline* akibat melentur/melengkung. Basis gigi tiruan harus memiliki kekuatan fleksural yang cukup baik untuk tahan terhadap fraktur (McCabe, 2008).

Berdasarkan penelitian mengenai kekuatan fleksural yang telah dilaksanakan, didapatkan hasil bahwa kekuatan fleksural dengan rata-rata terendah ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 2.5 mm dengan rerata 45.36 (SD 3.41). Kekuatan fleksural tertinggi ditunjukkan oleh kelompok ketebalan 1 mm dengan rerata 55.55 (SD 7.11). Uji hipotesis yang dilakukan menggunakan uji *One-Way Anova* menunjukkan hasil bahwa terdapat perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna terhadap ketebalan *thermoplastic nylon* ($p < 0.05$). Beda kekuatan fleksural paling signifikan terjadi pada pada kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 1.5 mm; kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 2 mm; dan pada kelompok ketebalan 1 mm terhadap ketebalan 2.5 mm ($p < 0.05$).

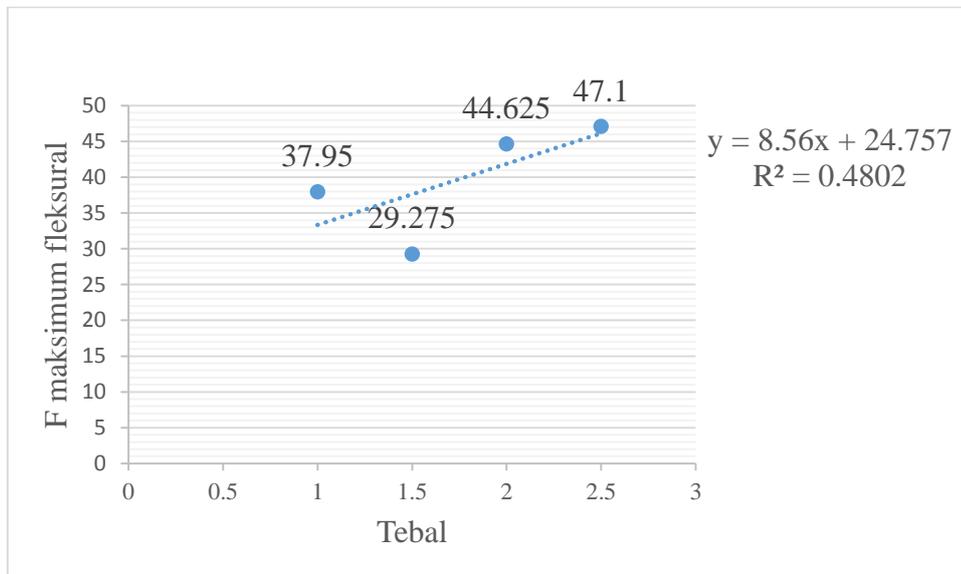
Mengacu pada hasil penelitian yang telah dilaksanakan, hasil pengujian kekuatan fleksural *thermoplastic nylon* berkisar antara 42.05 Mpa hingga 66.06 Mpa. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Yota, T pada

tahun 2010. Yota,T menguji kekuatan fleksural beberapa bahan basis gigi tiruan, seperti Valplast[®], Lucitone FRS[®], Flexite supreme[®], reigning[®], Jet Carbo Resin[®], EstheShot[®], dan Acron[®]. Hasil pengujian kekuatan fleksural bahan basis gigi tiruan *thermoplastic nylon* (Valplast[®], Lucitone FRS[®], Flexite supreme[®]) menunjukkan hasil di kisaran 38 Mpa hingga 74 Mpa.

Berdasarkan ISO 20795-1, kekuatan fleksural basis gigi tiruan yang dibutuhkan adalah minimal sebesar 65 MPa. Pada penelitian ini, kekuatan fleksural yang memenuhi standar tersebut adalah pada kelompok ketebalan 1 mm dengan kekuatan sebesar 66.06 MPa. Akan tetapi, apabila diambil rata-ratanya, maka tidak ada yang memenuhi standar tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Putri,I pada tahun 2014 yang juga meneliti perbedaan kekuatan fleksural beberapa basis gigi tiruan padan berbagai ketebalan, yang menunjukkan bahwa kekuatan fleksural bahan *thermoplastic nylon* kurang dari yang distandardisasi oleh ISO 20795-1. Hal tersebut didukung oleh penelitian Yota,T pada tahun 2010 mengenai sifat-sifat gigi tiruan resin termoplastik untuk pada cengkeram non-logam. Yota,T juga menyatakan bahwa, hal tersebut dapat terjadi dikarenakan *thermoplastic nylon* tidak memiliki rantai aromatik yang dapat mempengaruhi kekuatan fleksuralnya. Selain itu, dari penelitian tersebut, Yota,T juga mengungkapkan bahwa, meski kekakuan *thermoplastic nylon* rendah, akan tetapi, sangat tangguh bila dibandingkan dengan resin akrilik. Hal ini dibuktikan dengan, sampel penelitian yang tidak patah sama sekali.

Putri,I pada tahun 2014 meneliti perbandingan kekuatan transversa dari tiga jenis resin basis gigitiruan pada beberapa ketebalan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan pada ketebalan *thermoplastic nylon* 2 mm, rata-rata gaya fleksuralnya sebesar 87.5 N dan rata-rata kekuatan fleksuralnya sebesar 39.36 MPa. Pada ketebalan *thermoplastic nylon* 3 mm, rata-rata gaya fleksuralnya sebesar 167.5 N dan rata-rata kekuatan fleksuralnya sebesar 50.25 MPa. Sedangkan, pada penelitian ini, pada ketebalan *thermoplastic nylon* 2 mm, rata-rata gaya fleksuralnya sebesar 44.65 N dan rata-rata kekuatan fleksuralnya sebesar 47.24 MPa. Pada ketebalan *thermoplastic nylon* 2.5 mm, rata-rata gaya fleksuralnya sebesar 47.10 N dan rata-rata kekuatan fleksuralnya sebesar 45.36 MPa. Hal ini dapat disebabkan beberapa hal, diantaranya, merek *thermoplastic nylon* yang digunakan dan ketebalan yang diuji. Pada penelitiannya, Putri,I menggunakan *thermoplastic nylon* dengan merek Lucitore FRS[®], sedangkan penelitian ini menggunakan merek Bio-Plast Resin[®] (Denken-Highdental Co.,Ltd.,Japan). Menurut Abhay,P, perbedaan hasil kekuatan fleksural pada bahan yang berbeda dapat terjadi dikarenakan perbedaan konsentrasi nilon dari setiap produk yang dihasilkan pabrik yang berbeda. Faktor lain yang mempengaruhi hasil penelitian adalah, ketebalan yang digunakan, pada penelitiannya Putri,I menggunakan ketebalan 2 mm dan 3 mm, sedangkan, pada penelitian ini, ketebalan yang digunakan adalah 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, dan 2.5 mm.

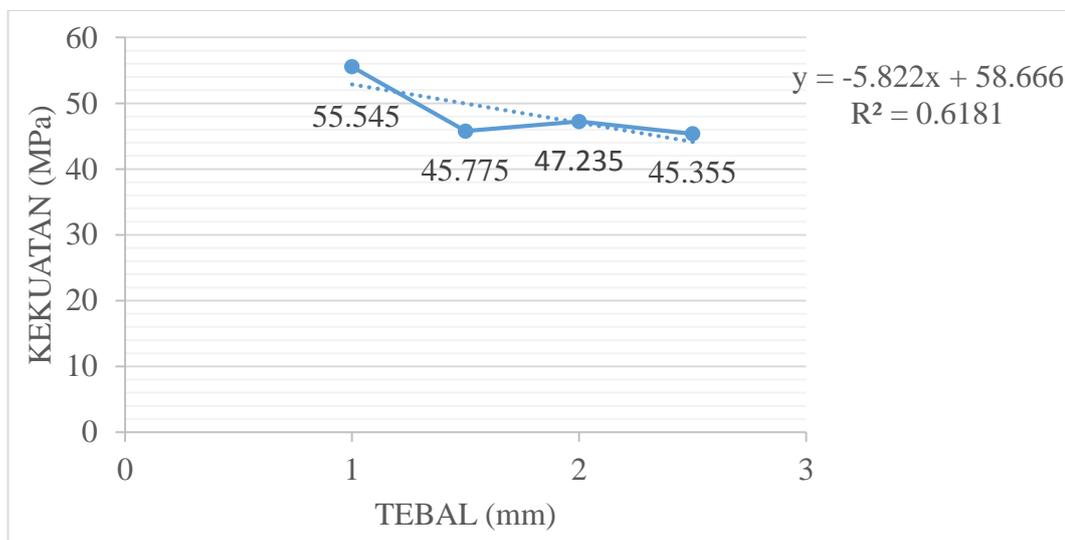
Putri,I mengungkapkan bahwa, kekuatan fleksural bahan *thermoplastic nylon* lebih rendah dari *compression heat polymer* dapat disebabkan karena berat molekul polimer yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan basis gigi tiruan lainnya, dimana rantai linear poliamida yang terdapat pada *thermoplastic nylon* dapat mengurangi kekuatan dan rigiditas bahan, sehingga kekuatan fleksural berkurang. Berdasarkan penelitian tersebut, menunjukkan bahwa kekuatan fleksural dipengaruhi oleh besar atau tingginya berat molekul linear yang menyusun bahan tersebut.



Gambar 8. Grafik gaya fleksural

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, semakin tebal basis gigi tiruan, maka, gaya fleksuralnya cenderung meningkat. Akan tetapi, semakin tebal basis gigi tiruan, maka, kekuatan fleksuralnya cenderung menurun. Berdasarkan gambar 8, merupakan grafik gaya fleksural. Grafik tersebut memperlihatkan titik dan garis putus-putus. Titik biru menunjukkan rata-rata gaya fleksural pada setiap ketebalan. Garis biru putus-putus menunjukkan

grafik gaya fleksural yang apabila semakin tebal sampel, cenderung semakin meningkat gaya fleksuralnya. Akan tetapi, semakin tebal plat *thermoplastic nylon*, maka semakin besar pula dimensinya (lebar dikali dengan tebal sampel). Sehingga, ketika dimasukkan dalam rumus perhitungan kekuatan fleksural ($S = 3pl / 2bd^2$), maka semakin tebal plat, akan semakin rendah kekuatan fleksuralnya.



Gambar 9. Grafik Kekuatan Fleksural

Gambar 9 merupakan grafik kekuatan fleksural. Grafik tersebut memperlihatkan dua buah garis, garis biru yang saling terhubung dan garis biru putus-putus. Garis biru yang saling terhubung, menghubungkan rata-rata kekuatan fleksural pada setiap ketebalan. Garis biru putus-putus menunjukkan grafik kekuatan fleksural yang apabila semakin tebal sampel, cenderung semakin turun besar kekuatan fleksuralnya.

Kekuatan fleksural tertinggi didapat pada kelompok ketebalan 1 mm, hal ini sesuai dengan ketebalan yang direkomendasikan Hidekazu, dkk, yaitu 1 mm sampai 1.5 mm. Sependapat pula dengan Dottox yang juga merekomendasikan ketebalan basis gigi tiruan *thermoplastic nylon* setebal 0.6 mm – 1.8 mm. Penelitian ini juga didukung oleh penelitian Singh,K dan Gupta,N pada tahun 2012, yang berkesimpulan bahwa fleksibilitas gigi tiruan tergantung dari ketebalan basis yang sebaiknya kurang dari 2 mm.