

PENGARUH *MOISTURE CONTENT* TERHADAP SIFAT KEKERASAN DAN SIFAT LENTUR *POLYAMIDE 6*

Hermawan Budi Siswoyo^a, Cahyo Budiyanoro^b, Aris Widyo Nugroho^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^ahermawanbudixi@gmail.com, ^bcahyo_budi@umy.ac.id, ^cariswidyo@umy.ac.id

INTISARI

Moisture content merupakan kadar air yang terkandung pada sebuah material, secara umum orang menyebut *moisture content* sebagai kadar air yang ada pada sebuah material dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%). Salah satu material yang bisa digunakan untuk proses *moisture content* yaitu *polyamide 6*. *polyamide 6* digunakan karena mempunyai sifat *higroskopis* atau sensitive terhadap kelembaban, bahan yang kuat, dan tahan abrasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *moisture content* terhadap sifat kekerasan dan ketahanan *bending* material *polyamide 6*.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat spesimen *multipurpose* sesuai standar ISO 294-1 dari bahan resin *polyamide 6* murni yang dibuat menggunakan mesin *injection molding*. Proses *moisture content* dilakukan menggunakan variasi kering 0,2%, udara terbuka 0,98%, uap 4,4%, dan rebus 4,8%. Pengujian spesimen yang dilakukan yaitu uji kekerasan dengan menggunakan *shore D* dan uji *bending* (ISO 178).

Hasil penelitian ini memperoleh nilai kekerasan pada *polyamide 6* dengan variasi *treatment* kering 0,2% sebesar 76,67 *shore D*, *treatment* udara terbuka sebesar 70,17 *shore D*, *treatment* uap sebesar 66,33 *shore D*, dan *treatment* rebus sebesar 66,83 *shore D*. Nilai tegangan lentur variasi *treatment* kering sebesar 90,52 MPa, *treatment* udara terbuka sebesar 66,1 MPa, *treatment* uap sebesar 26,025 MPa, *treatment* rebus sebesar 25,7 MPa. Berdasarkan hasil yang diperoleh diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *moisture content* dalam *polyamide 6* maka semakin rendah kekuatannya namun akan semakin ulet (tidak mudah patah).

Kata kunci: *Moisture content, polyamide 6, Kekerasan, Uji bending.*

Abstract

Moisture content is the water content contained in an ingredient, in general people mention the water content as the water content in a material and is usually expressed in units of percent (%). One material that can be used for the water content process is polyamide 6. polyamide 6 is used because it has hygroscopic properties or is sensitive to moisture, a strong material, and abrasion resistant. This research was conducted to determine the effect of water content on the flexural properties and resistance of polyamide 6 flexural material.

This research was conducted by making multipurpose specimens according to ISO 294-1 standard from pure polyamide 6 resin material made using an injection molding machine. The process of water content is carried out using a dry variation of 0.2%, open air 0.98%, steam 4.4%, and boiled 4.8%. Specimen testing is performed using a shore D test and bending test (ISO 178).

The results of this study obtained a trial value on polyamide 6 with a dry treatment variation of 0.2% at 76.67 shore D, open air treatment at 70.17 shore D, steam treatment at 66.33 shore D, and boiled treatment at 66.83 shore D. The value of the flexural stress variation of dry treatment is 90.52 MPa, open air treatment is 66.1 MPa, steam treatment is 26.025 MPa, boiling treatment is 25.7 MPa. Based on the results obtained are higher than the water content of polyamide 6, the lower the strength, the more resilient (not easily broken).

Keywords: *Moisture content, polyamide 6, Hardness, Bending test*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam dunia industri pada khususnya pada bidang manufaktur dalam persaingan untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan dengan bahan atau material yang bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Salah satu material yang banyak dikembangkan pada industri manufaktur, industri otomotif, dan kesehatan adalah material plastik/polimer.

Plastik secara garis besar terbagi menjadi dua golongan, yaitu: termoplastik dan termoset. Termoplastik merupakan plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak ulang dengan proses pemanasan ulang, dan plastik termoset yaitu jenis plastik yang tidak dapat didaur ulang, karena pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan pada molekulnya. Material plastik banyak digunakan karena mempunyai sifat – sifat yang menguntungkan bagi manusia, dan banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan material lain seperti logam, karena material plastik memiliki sifat yang kuat, bobot yang lebih ringan, tahan terhadap bahan kimia, konduktivitas thermal yang rendah, dan mempunyai sifat isolasi yang baik seperti PA-6 / *poliamide* 6. Tapi semua *poliamide* adalah *higroskopis* (sensitif terhadap kelembaban) (Kagan V.A, 2004).

Parodi (2017) menjelaskan *Poliamida* banyak digunakan sebagai polimer rekayasa, dengan banyak aplikasi seperti serat untuk pakaian, tali, komponen struktural mekanik, ban, dan perekat. Karena sifatnya yang sangat baik, *poliamida* mencakup sebagian besar pasar polimer rekayasa dunia. Pengguna utama adalah industri manufaktur transportasi, yang mencakup 35% dari konsumsi *poliamida* (PA).

Pierre-Yves Le Gac, dkk. (2017) *Poliamida* 6 banyak digunakan karena sifat intrinsiknya seperti kemampuan proses, perbaikan, dan biaya rendah. Meskipun penggunaan yang luas ini, *poliamida* 6 (PA6) mengalami berbagai jenis degradasi yang mengarah pada modifikasi besar pada sifat mekaniknya. PA dapat menjadi rapuh karena oksidasi. Mengingat lingkungan yang sekarang lembab, dua jenis utama degradasi dapat terjadi; pertama, plastisasi polimer terjadi karena difusi air dari lingkungan luar ke dalam polimer. Degradasi fisik ini menginduksi penurunan besar dalam sifat mekanik seperti tegangan atau modulus. Mekanisme kedua adalah hidrolisis dari tulang punggung molekul di PA. Degradasi kimia ini menyebabkan pemotongan rantai pada polimer dan juga menghasilkan perubahan signifikan dalam sifat mekaniknya.

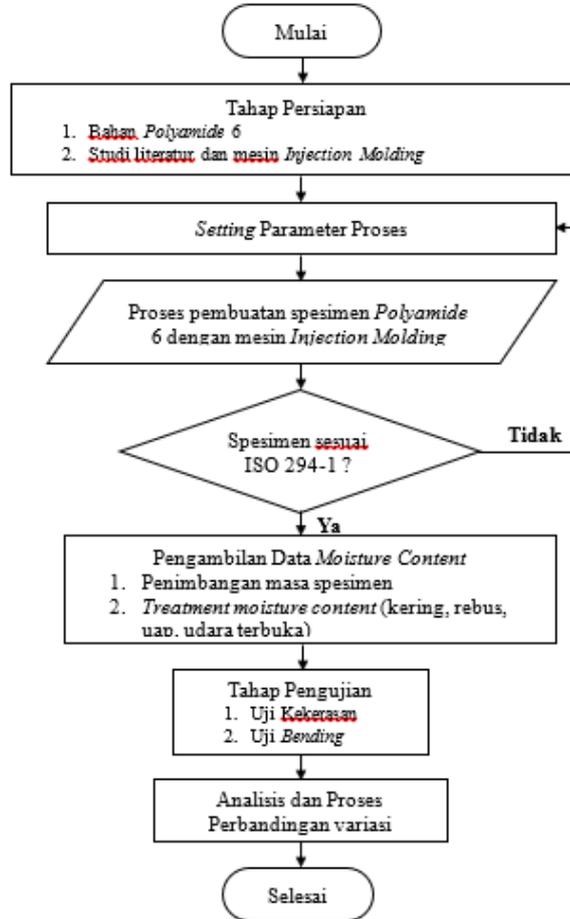
Reis, dkk, (2019) *Poliamide* 6 (PA6) adalah termoplastik semikristalin dengan sifat fisik dan mekanik yang menarik, harga yang relatif murah, mudah penanganan, dan daur ulang yang sangat baik. Oleh karena itu *Poliamide* 6 banyak digunakan di komposit berbasis termoplastik yang telah banyak digunakan untuk struktur energi angin seperti pembuatan bilah turbin angin, industri kelautan, bejana tekan bawah air, industri manufaktur, tekstil, roda gigi, bantalan, otomotif, dan kesehatan atau aplikasi biomedis.

Rajeesh, dkk, (2010) Penyerapan air mengurangi kekuatan tarik dan modulus dan meningkatkan keuletan *poliamida* 6 nanokomposit. Meskipun keberadaan air meningkatkan kristalinitas, kekuatan luluh tarik dan modulus berkurang karena efek plastisasi, yang melampaui kontribusi kristalinitas. Morfologi fraktur juga dipengaruhi oleh penyerapan air.

Berdasarkan penelitian diatas *moisture content* berpengaruh terhadap sifat mekanis dan kekerasan *poliamide* 6. Semakin tinggi nilai *moisture content* menyebabkan material bersifat ulet, pemilihan variasi *steam* karena belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini spesimen yang sudah dicetak dengan mesin *injeksi molding* kemudian di oven dengan suhu 100°C selama 7 jam untuk mengeringkan spesimen, selanjutnya spesimen yang sudah kering diberikan perlakuan kelembaban dengan cara di rebus, uap, dan dibiarkan diudara terbuka sampai berat dari spesimen bertambah untuk mendapatkan variasi *moisture content* 0,1%, 4,4%, 4,8%, dan 0,9%. Selanjutnya dilakukan uji lengkung (*bending*) dan kekerasan pada spesimen yang sudah diberikan perlakuan kelembaban. Sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh *moisture content* terhadap kekuatan material. Setelah dilakukan pengujian dapat diketahui kelebihan dan kekurangan *polyamide* 6 yang telah diberikan perlakuan *moisture content*, maka setelah itu dapat dilakukan pengembangan untuk digunakan pada bidang industri manufaktur, otomotif, tekstil, dan dunia kesehatan.

2. METODE PENELITIAN

Langkah - langkah utama dalam proses *moisture content* dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram alir penelitian.

Injection Molding merupakan salah satu alat yang menggunakan metode dalam pengolahan plastik dengan teknik memanaskan plastik kemudian disuntikan kedalam cetakan (*Mold*). Produk yang dihasilkan menyesuaikan dengan disain cetakan yang dibuat dan dipakai pada mesin *Injection Molding*. Material yang digunakan pada *injection moulding* berupa bijih-bijih plastik, cacahan plastik atau bisa juga campuran cacahan plastic dengan serat. Sebelum masuk kedalam proses injeksi, material harus dipanaskan terlebih dahulu dalam *barrel*. Pemanasan material ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bijih plastik, melelehkan material plastic, dan mengeringkan material dari uap air yang diserap. Pada gambar 2 merupakan mesin *injection molding* yang digunakan untuk membuat spesimen *multipurpose polyamide 6*.



Gambar 2.2 Mesin *injection molding*.

Pada penelitian ini material yang digunakan yaitu butiran *polyamide 6* yang ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Butiran *polyamide 6*.

2.1 Pengujian Bending

Uji *bending* merupakan salah satu pengujian dari sifat mekanis suatu material. Uji *bending* atau lentur adalah pengujian untuk mengetahui seberapa besar kekuatan lentur suatu material. Pengujian *bending* merupakan uji pembebanan dari suatu bahan yang di bebani pada titik tengahnya dan ditahan diatas dua tumpuan. Pada penelitian ini spesimen diuji *bending* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan standar ISO 178.

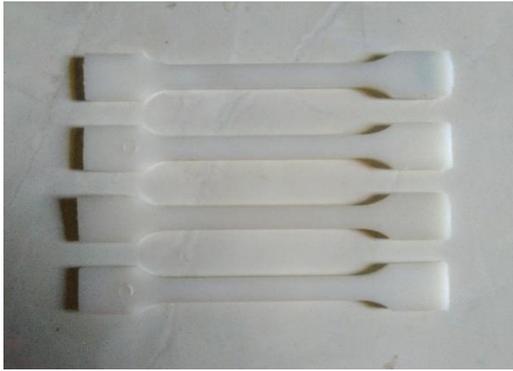
2.2 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan (*Hardness Test*) merupakan salah satu pengujian sifat mekanis yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan ketahanan sebuah material terhadap perubahan bentuk (*deformasi*) saat menahan beban atau penekanan yang terlokalisasi. Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk uji kekerasan menggunakan alat Shore D Durometer..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen *multipurpose* sudah memenuhi standar ISO 527-2 yang di produksi menggunakan mesin *injection molding*.



Gambar 3.1 Spesimen *multipurpose*.



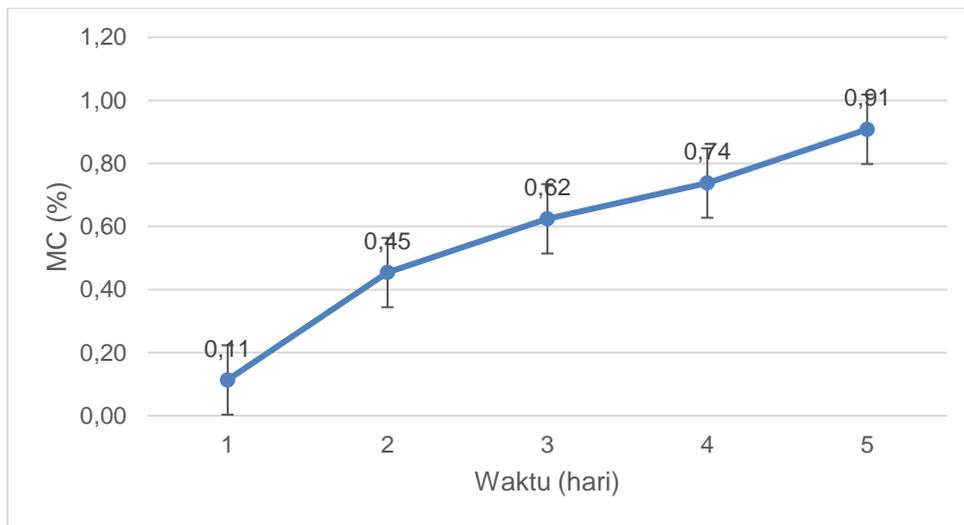
Gambar 3.2 Spesimen *multipurpose* setelah di *treatment*.

3.2 Moisture content

a. Treatment udara terbuka

Tabel 3.1 Hasil *treatment* udara terbuka material *polyamide 6*.

<i>poliamide 6</i>							
No.	berat awal	kering	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5
1	8,9	8,73	8,74	8,78	8,79	8,8	8,81
2	8,95	8,89	8,9	8,92	8,94	8,95	8,97
rata-rata	8,93	8,81	8,82	8,85	8,87	8,88	8,89
STDEV	0,04	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
MC (%)			0,11	0,45	0,62	0,74	0,91



Gambar 3.3 Grafik MC udara terbuka *Polyamide 6*.

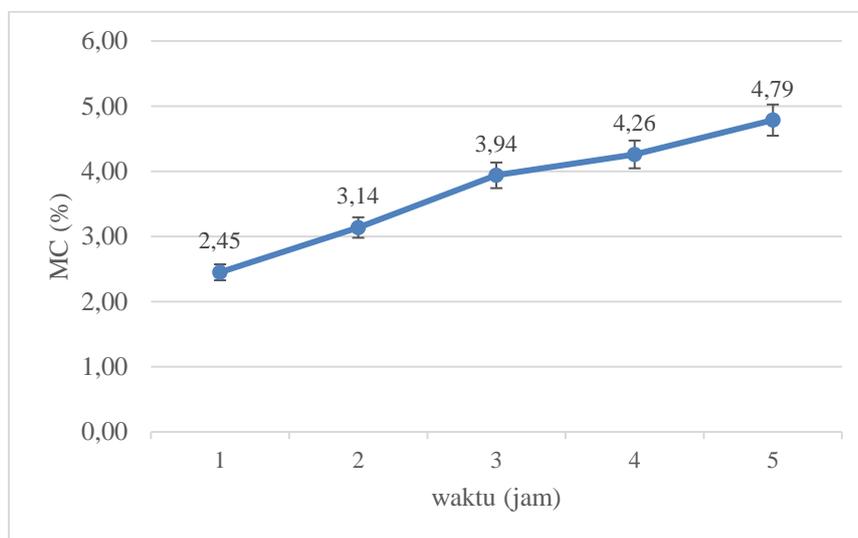
Analisa :

Berdasarkan tabel 3.1 dapat disimpulkan bahwa pengondisian sepesimen pada udara terbuka dengan suhu ruang 23°C selama 5 hari spesimen dapat menyerap kelembaban sebesar 0,91 %. Dapat dilihat peningkatan kelembapan pada gambar 3.3

b. *Treatment rebus*

Tabel 3.2 Hasil *treatment rebus* material *polyamide 6*.

<i>Poliamide 6</i>							
No	berat awal	kering	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5
1	8,92	8,72	8,95	9,02	9,1	9,11	9,16
2	8,95	8,74	8,96	9,01	9,08	9,11	9,12
3	8,93	8,7	8,89	8,95	9,01	9,05	9,1
4	8,97	8,75	8,96	9,02	9,1	9,12	9,18
5	8,96	8,76	8,98	9,04	9,1	9,14	9,2
Rata rata	8,95	8,73	8,95	9,01	9,08	9,11	9,15
STD	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
MC (%)			2,45	3,14	3,94	4,26	4,79



Gambar 3.4 Grafik MC *treatment rebus*

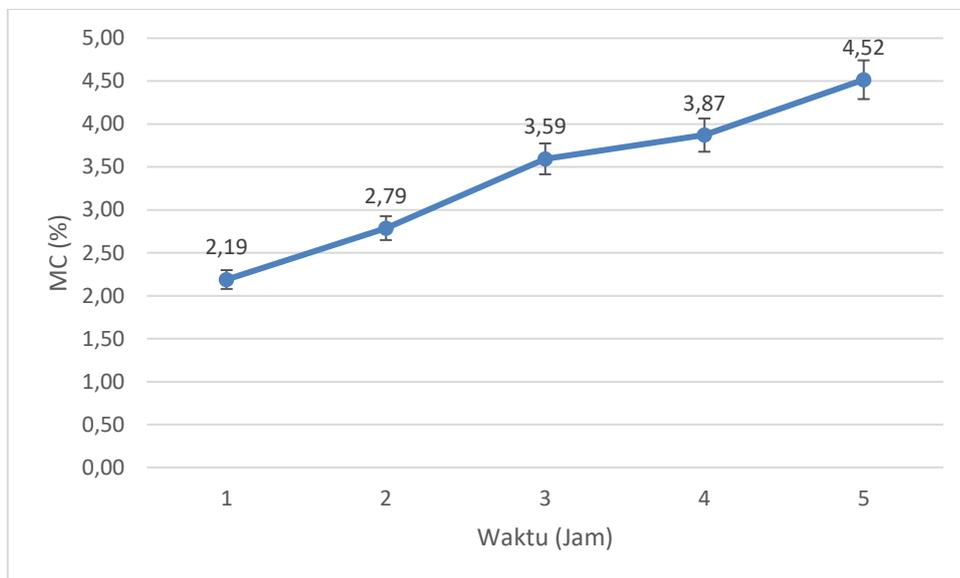
Analisa :

Berdasarkan gambar 3.4 dapat disimpulkan bahwa pengondisian spesimen pada perebusan didalam air bersuhu 94°C - 97°C selama 5 jam ke 5 spesimen dapat menyerap kelembaban sebesar 4,79 % kadar kelembaban. Pada penelitian sebelumnya oleh Kagan. V.A (2004) menunjukkan penambahan kelembaban pada *polyamide 6* dengan metode perebusan dengan suhu 100°C selama 10 jam dapat meningkatkan kelembaban sebesar 9% dalam waktu 11 jam, dan pada udara terbuka sebesar 2% selama 1200 jam.

c. *Treatment uap*

Tabel 3.3 Hasil *treatment uap* material *polyamide 6*.

Polimide 6							
No	Berat awal	kering	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5
1	8,96	8,75	8,96	9	9,09	9,1	9,16
2	8,9	8,69	8,86	8,92	8,97	9	9,06
3	8,95	8,73	8,9	8,96	9,03	9,06	9,11
4	8,71	8,53	8,74	8,79	8,86	8,89	8,94
5	8,91	8,7	8,89	8,94	9,01	9,03	9,09
Rata rata	8,89	8,68	8,87	8,92	8,99	9,02	9,07
STD	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
MC (%)			2,19	2,79	3,59	3,87	4,52

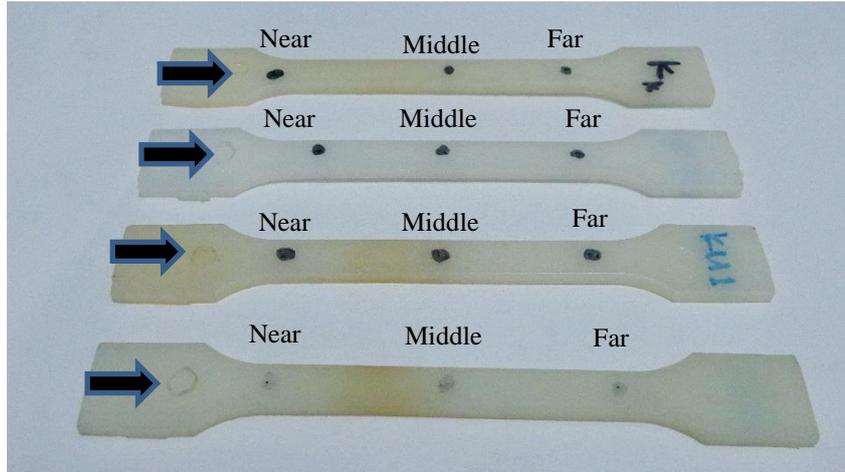


Gambar 3.5 Grafik MC *treatment uap*.

Analisa :

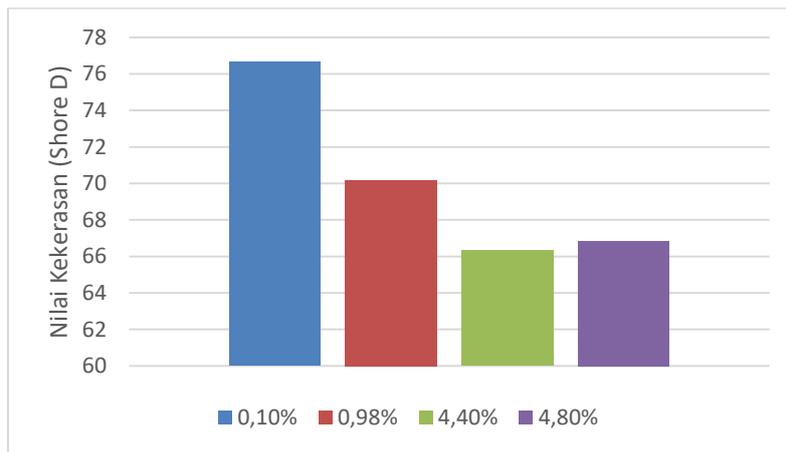
Berdasarkan gambar 3.5 dapat disimpulkan bahwa pengondisian spesimen dengan penguapan menggunakan uap jenuh selama 5 jam ke 5 spesimen dapat menyerap kelembaban sebesar 4,52 %.

3.3 Hasil uji kekerasan



Gambar 3.6 Hasil uji kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan *polyamide 6* dengan spesimen 4 variasi yaitu kering, rebus, uap, dan udara terbuka. Dari pengujian kekerasan ini diambil 3 titik yaitu pada daerah *near gate*, *middle*, *far gate* bervariasi dan diambil nilai rata – rata seperti yang ditunjukkan pada gambar

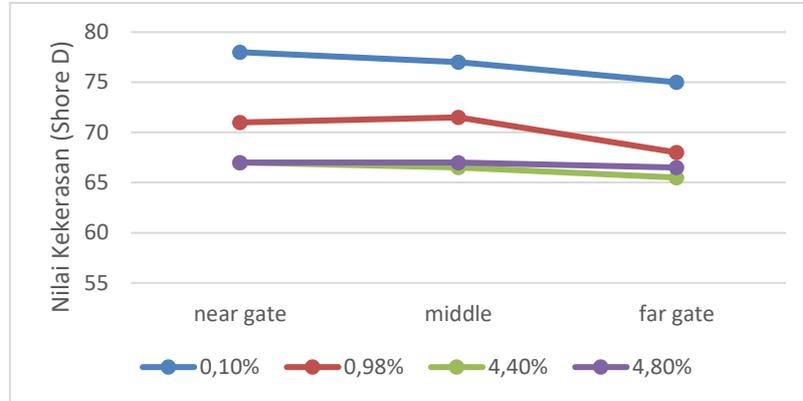


Gambar 3.7 Hasil uji kekerasan

Analisa :

Pada gambar 3.7 menjelaskan hasil kekerasan dari spesimen *polyamide 6* dengan variasi uap, rebus, udara terbuka dan kering dapat dianalisa bahwa semakin tinggi kadar kelembaban maka semakin turun nilai kekerasannya, dan semakin sedikit kadar kelembaban akan semakin keras, ini ditunjukkan dengan nilai kekerasan pada spesimen variasi kering dengan nilai kekerasan paling tinggi yaitu 76,67 *Shore D*, dan udara terbuka sebesar 70,17 *Shore D*. Sedangkan dengan spesimen variasi uap dan rebus nilai kekerasan menurun dengan nilai 66,33 *Shore D* untuk uap, dan 66,83 *Shore D* untuk rebus karena banyak kadar air yang terserap yang dapat menurunkan nilai kekerasan.

a. Hasil kekerasan variasi *moisture content*



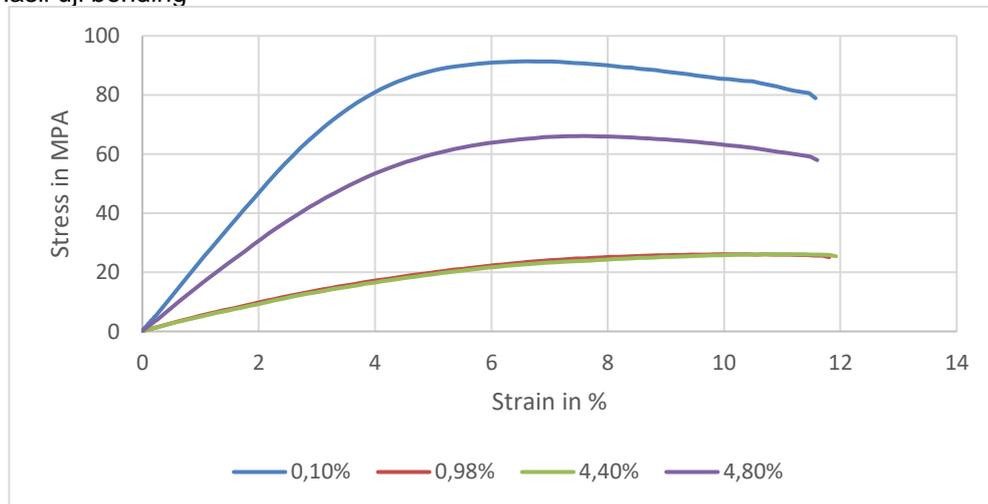
Gambar 3.8 Hasil uji kekerasan variasi *moisture content*

Analisa :

Gambar 4.10 dapat menjelaskan bahwa nilai kekerasan pada titik *near gate*, *middle*, dan *far gate* berbeda – beda. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik *near gate* pada variasi kering yaitu sebesar 78 *Shore D*, 71 *Shore D* pada variasi udara terbuka, 66,5 *Shore D* pada variasi rebus, dan terendah pada variasi uap sebesar 65,5 *Shore D*.

K.R Rajeeesh, dkk. (2009) dalam penelitiannya peningkatan kelembaban dapat mengurangi sifat kekerasan dan modulus. Semakin banyak mengandung kadar air maka semakin menurunkan nilai kekerasannya karena adanya peningkatan mobilitas makromolekul yang berlebihan.

b. Hasil uji bending



Gambar 3.8 Hubungan *tegangan dan regangan* bending PA6 dengan variasi kadar air

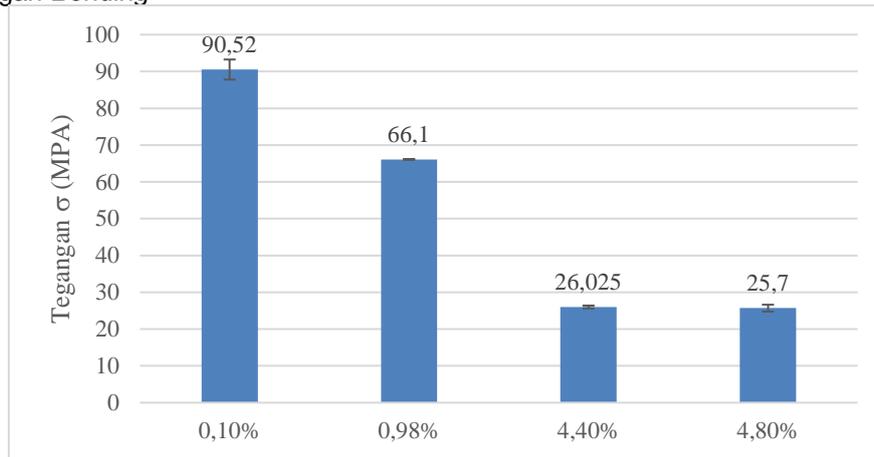
Analisa :

Gambar 4.11 menjelaskan bahwa dari 4 variasi kelembaban variasi kering adalah yang paling besar tegangannya yaitu sebesar 91,4 MPa, variasi udara terbuka pada posisi kedua yaitu sebesar 66,1 MPa, dan pada variasi uap dan rebus tegangannya hampir sama yaitu 26,2 MPa untuk variasi rebus dan 26,1 untuk variasi uap.

Untuk regangannya dapat dijelaskan bahwa dari 4 spesimen paling tinggi regangannya adalah variasi rebus sebesar 11%, uap 10%, udara terbuka 7,7% dan paling rendah pada variasi kering sebesar 6,8%. Semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam spesimen akan membentuk grafik yang agak tegak keatas karena mempunyai tegangan yang tinggi, dan semakin banyak mengandung kadar air maka grafiknya cenderung datar dikarenakan tegangannya kecil namun regangannya besar.

K.R. Rajeesh, dkk (2010) menjelaskan bahwa penyerapan air mengurangi modulus dan meningkatkan keuletan pada *poliamide 6*. Keberadaan kadar air dapat meningkatkan kristalinitas, kekuatan luluh, dan modulus yang berkurang karena efek plastisasi yang melebihi kontribusi kristalinitas.

C. Tegangan *Bending*

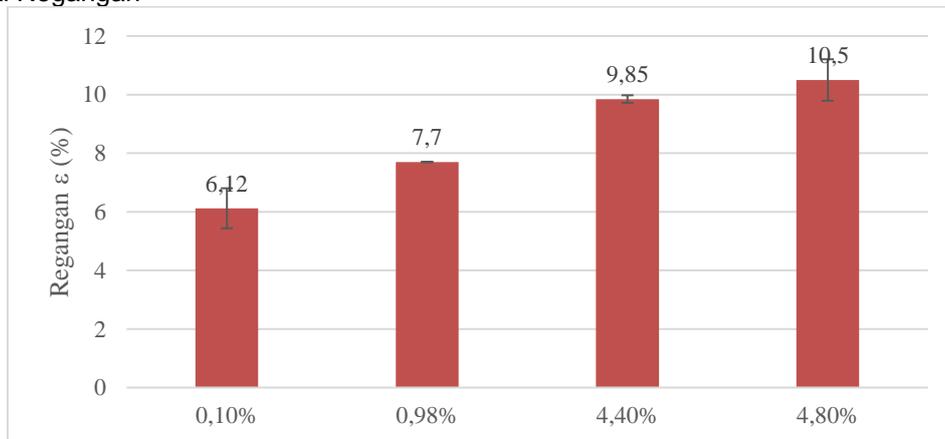


Gambar 3.9 Grafik tegangan bending PA6 dengan variasi kadar air

Analisa :

Gambar 3.9 dapat menjelaskan hasil pengujian *bending* pada spesimen dengan 4 variasi kelembaban dapat dianalisa bahwa semakin banyak mengandung kelembaban maka tegangan *bending* semakin menurun. Nilai terendah yaitu pada variasi rebus sebesar 25,7 MPA dan tertinggi pada variasi kering sebesar 90,52 MPA. Pada penelitian sebelumnya oleh Kagan. V.A (2004) menyebutkan variasi dengan nilai kelembaban 1% mempunyai nilai tegangan 80 MPA dan pada kadar kelembaban 9% hanya mempunyai nilai tegangan 15 MPA. Menurut Gutiérrez (2019) semakin tinggi nilai *moisture content* dalam *polyamide 6* yang diperkuat serat gelas akan menyebabkan semakin rendah nilai tegangannya.

d. Nilai Regangan

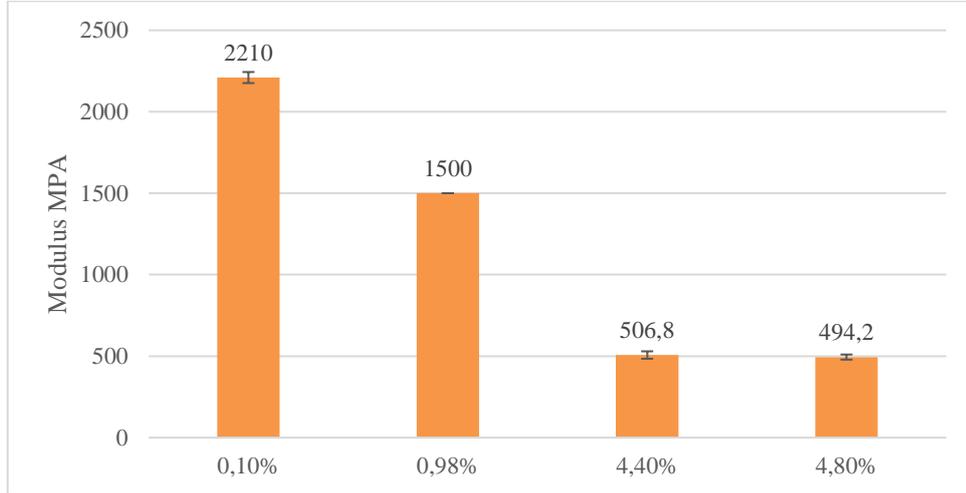


Gambar 3.10 Grafik regangan *bending* PA6 dengan variasi kadar air

Analisa :

Gambar 4.13 dapat menjelaskan hasil pengujian *bending* pada spesimen dengan 4 variasi kelembaban dapat dianalisa bahwa semakin banyak mengandung kelembaban maka nilai regangannya semakin tinggi dan semakin sedikit kadar kelembaban maka semakin kecil regangannya. Nilai tertinggi terdapat pada variasi rebus sebesar 10,5% dan terkecil pada variasi kering sebesar 6,12%.

e. Nilai Modulus



Gambar 3. 11 Grafik modulus elastisitas PA6 dengan variasi kadar air

Analisa :

Gambar 4.14 dapat menjelaskan hasil dari pengujian *bending* pada spesimen dengan 4 variasi kelembaban dapat disimpulkan nilai modulus elastisitas yang paling tinggi terdapat di variasi kering sebesar 2210 MPA dan terendah pada variasi rebus sebesar 494,2 MPA. Dapat dianalisa bahwa semakin tinggi nilai kelembaban maka semakin tinggi juga nilai modulus elastisitasnya. Kagan. V.A (2004) dalam penelitiannya dengan kandungan nilai kelembaban sebesar 9% dapat nilai modulus sebesar 1700 MPA.

f. Gambar hasil uji *Bending*



Gambar 3.6 Hasil uji tarik variasi 0,1%.



Gambar 3.7 Hasil uji tarik variasi 0,98%.



Gambar 3.8 Hasil uji tarik variasi 4,4%.



Gambar 3.9 Hasil uji tarik variasi 4,80%.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan mengkaji hasil penelitian berdasarkan hasil pengujian kekerasan dan *bending* terhadap efek *moisture content* pada material *poliamide 6* dengan menggunakan variasi *moisture content* 0,1%, 4,476 %, 4,786%, 0,908% dengan perlakuan pengeringan, uap, rebus, dan udara terbuka. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perlakuan penambahan kadar air (*moisture content*) yang paling banyak menyerap kelembaban adalah dengan cara di rebus pada air mendidih dengan suhu 94°C - 97°C selama 5 jam dapat menambah kadar air sebesar 4,786%.
2. Pada pengujian kekerasan didapatkan hasil yang paling tinggi yaitu pada variasi kering 0,1% sebesar 76,67 Shore D, dan berbanding terbalik dengan variasi rebus 4,8% sebesar 66,83 Shore D dan variasi uap 4,4% sebesar 66,33 Shore D.
3. Pada pengujian *bending* material *poliamide 6* menunjukkan bahwa efek *moisture content* sangat berpengaruh terhadap tegangan dan regangannya. Pada perbandingan nilai tegangan maksimalnya terbesar pada variasi *moisture content* 0,1% sebesar 90,52 MPa dan terendah pada variasi *moisture content* 4,8% sebesar 25,7 MPa. Untuk nilai tegangannya terbesar yaitu 10,5% pada variasi *moisture content* 4,8%, dan terendah pada *moisture content* 0,1% sebesar 6,12%.
4. *Moisture content* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik kekerasan maupun *bending*. Semakin kering kadar airnya maka tegangannya semakin besar, regangannya kecil, dan sifatnya getas. Sedangkan jika kadar airnya banyak regangannya besar, tegangannya kecil, dan sifatnya sangat lentur.

5. Daftar pustaka

- Gac, I.P.Y., M. Arhant., M. L. Gall., P. Davies 2017. Yield stress changes induced by water in polyamide 6: Characterization and modelling. *Polymer Degradation and Stability* : 272-280.
- Kagan. V.A., N. Jia., H.A. Frankel. 2004. Effects of Moisture Conditioning Methods on Mechanical Properties of Injection Molded Nylon 6. *Journal of Reinforced Plastic and Composites*, Vol. 23, No. 7.
- Parodi, E. 2017. *Structure properties relations for polyamide 6*. Technische Universiteis Endoven.

- Rajeesh, K.R, R. Gnanamoorthy, R. Vermurugan. 2010. Effect of humidity on the indentation hardness and flexural fatigue behavior of polyamide 6 nanocomposite. *Materials Science and Engineering A* : 2826-2830.
- Reis, J.P., M.F.S.F. de Moura., F.G.A. Silva. 2019. Mixed mode I+II interlaminar fracture characterization of carbon-fibre reinforced polyamide composite using the Single-Leg Bending test. *Materials Today Communications*.