

**PEMANFAATAN CANGKANG KEMIRI DENGAN UKURAN SERBUK  $D < 250 \mu\text{m}$   
SEBAGAI BAHAN PENGUAT PADA KOMPOSIT RESIN EPOKSI.****USAGE OF CANDLE NUT SHELL WITH POWDER SIZE OF  $D < 250 \mu\text{m}$  AS FILLER  
STUFF IN EPOXI COMPOSITE RESIN****Yovial\*, Wenny Marthiana, Duskiardi dan Habibi**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta  
Jl. Gajah Mada 19, Padang, Indonesia.\*E-mail: ([jmahyoedin@yahoo.com](mailto:jmahyoedin@yahoo.com))**ABSTRACT**

*Recently around 60% of the hazelnut shell has the potential to become wasted material. The purpose of this research is to exploit waste hazelnut shell by examining the mechanical properties of composite from the powder of hazelnut shell. Epoxy resin acts as a matrix mixed with a hazelnut shell powder as a filler with a composition of 20%, 30% and 40% wt. Both materials are mixed using a mechanical mixer with varying speed and stirring times. The resulting composite material is then tested by tensile, impact and hardness testing. The Taguchi method is used to optimize forming process parameters of the epoxy-powder hazelnut shell composite. Research shows that the forming process parameters give different effects for each different mechanical property. Research found out maximum tensile strength of composite material at 30% wt of powder hazelnut shell. Overall, the result of taguchi optimization for the forming process parameters in this study was  $43.68 \text{ N/mm}^2$  for tensile strength,  $0.074 \cdot 10^6 \text{ J/mm}^2$  for impact strength and 98.57 SHN for hardness.*

**Keywords:** hazelnut powder, tensile strength, impact strength, hardness, taguchi method.

**ABSTRAK**

Perkembangan terakhir menunjukkan sekitar 60% cangkang kulit kemiri berpotensi menjadi limbah. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah cangkang kemiri dengan cara mengamati sifat-sifat mekanik komposit dari serbuk cangkang kemiri. Resin epoksi digunakan sebagai matriks yang dicampur dengan serbuk cangkang kemiri sebagai bahan pengisi dengan komposisi 20%, 30%, dan 40% berat. Kedua bahan diaduk dengan menggunakan pengadun mekanik dengan variasi kecepatan dan waktu (lama) pengadukan. Material komposit yang dihasilkankemudian diuji dengan pengujian tegangan tarik, impak dan kekerasan. Metode Taguchi digunakan untuk mengoptimasi parameter proses pembentukan komposit epoxy-serbuk cangkang kemiri. Penelitian menunjukkan parameter proses pembentukan memberikan pengaruh berbeda terhadap masing-masing sifat mekanik. Penelitian mendapatkan tegangan tarik optimum bahan komposit berada pada 30% berat serbuk cangkang kemiri. Secara keseluruhan, optimasi Taguchi terhadap parameter proses pembentukan memberikan hasil kekuatan tarik sebesar  $43.68 \text{ N/mm}^2$ , kekuatan impak  $0.074 \cdot 10^6 \text{ J/mm}^2$  dan kekerasan 98.57 SHN.

**Kata kunci:** serbuk kemiri, kekuatan tarik, kekuatan impak, kekerasan, metode taguchi

## PENDAHULUAN

Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild), salah satu komoditas Hasil Hutan Non Kayu (HHNK) penting, biasa digunakan sebagai bahan dasar cat, pernis, tinta, sabun, pengawetkayu, minyak rambut, bahan pembatik, dan bumbu masak (Krisnawati dkk, 2011; Heyne, 1987). Produksi kemiri Sumatera Barat pada tahun 2016 mencapai 9041 ton (Anonymus, 2017) dengan potensi limbah cangkang sekitar 65-75% (6780,75 ton) (Sunanto, 1994). Limbah cangkang kemiri umumnya digunakan sebagai bahan bakar sedangkan abunya digunakan sebagai pupuk (Sudrajat, 2005). Limbah cangkang kemiri belum begitu banyak dimanfaatkan, terutama dalam bidang teknologi bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan limbah cangkang kemiri dengan mengkaji sifat mekanik komposit dari serbuk cangkang kemiri.

Komposit adalah kombinasi dari satu atau lebih material yang menghasilkan sifat lebih baik dari material penyusunnya. Komposit dihasilkan dari pencampuran dalam sejumlah fase yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu matriks (sebagai pelindung filler) dan *filler* (sebagai penguat dari matriks). *Particulate Composites* merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguat dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya (Gibson, 2011).

Hingga saat ini, matriks yang paling banyak dipakai adalah polimer. Epoxy termosets termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit. Epoxy termosets sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti automotif, aerospace, perkapalan, dan peralatan elektronik (Firmansyah dan Astuti, 2013). Epoxy resin dibentuk lewat reaksi kimia secara *in situ*, dimana resin

dan *hardener* atauresin dengan katalis dicampur dalam satu tempat kemudian proses pengerasan terjadi (polimerisasi). Sekali terjadi pengerasan, epoxy ini tidak bisa mencair lagi sekalipun dilakukan pemanasan sehingga resin ini memiliki karakteristik mekanik yang bagus, daya penyusut yang rendah, perekat yang bagus untuk banyak bahan logam, dan tahan terhadap kelembaban udaraserta tahan terhadap tekanan.

Sifat mekanik bahan merupakan respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Sifat mekanik antara lain kekuatan, elastisitas, kekerasandan keuletan. Pengujian mekanik dari bahan komposit dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana material pendukung pada proses fabrikasi komposit bisa memberikan kontribusi terhadap kekuatan dari komposit yang akan digunakan untuk berbagai macam kegunaan pada kondisi operasi yang dikehendaki.

Pamungkas (2011) telah mengamati pengaruh serbuk kaolin pada epoxy resin terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan retak pada komposit epoxy-kaolin. Hasil yang didapatkan pada pengujian tarik terjadi kenaikan tegangan tarik pada penambahan 5% berat kaolin yaitu sebesar 16,5% atau 53,453 MPa, dan pada penambahan fraksi berat kaolin selanjutnya tegangan tarik menurun (Pamungkas, 2011). Hadiyawardman dkk (2008) meneliti tentang fabrikasi material nanokomposit epoxy-SiO<sub>2</sub>. Hasil yang didapatkan yaitu semakin banyak jumlah SiO<sub>2</sub> yang dimasukkan, kekuatan tekan dari material nanokomposit juga bertambah. Tapi peningkatan sifat mekanik (sebagai efek dari penambahan SiO<sub>2</sub>) ini tidak terjadi terus-menerus. Kekuatan mekanik material akan sampai pada titik kritisnya kemudian turun (Hadiyawardman dkk,

2008). Selain itu, Wazzan (2006) meneliti tentang pengaruh partikel  $\text{TiO}_2$  dalam ukuran submikron terhadap kekuatan mekanik epoxy resin. Kekuatan tekan dan kekuatan tarik epoxy resin yang diperoleh menunjukkan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah  $\text{TiO}_2$  yang diberikan. Peningkatan maksimum diperoleh pada penambahan 4wt% $\text{TiO}_2$ . Namun kekuatan tarik dan tekan tersebut menurun setelah penambahan lebih dari 4wt% $\text{TiO}_2$  (Wazzan, 2006).

Metode Taguchi adalah metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan agar produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah. Metode Taguchi merupakan metode desain yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Alat ukur pada metode Taguchi adalah Fungsi Kerugian Mutu dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) (Yovial dkk 2015).

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk cangkang kemiri dengan ukuran serbuk  $250 < D < 500 \mu\text{m}$  dan resin epoxy dan *hardener* yang disuplai dari PT. Brataco. Preparasi dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu proses pengolahan serbuk dari cangkang kemiri (*crusher*, *sieve shaker* dan pengeringan), proses pencampuran serbuk dengan resin epoxy+*hardener*, dan proses pencetakan spesimen.



Gambar 1. Serbuk cangkang kemiri

Penelitian ini hanya meninjau faktor proses pembentukan komposit (spesimen), yaitu proses pencampuran bahan epoxy + *hardener* dengan serbuk cangkang kemiri dengan komposisi tertentu (20, 30 dan 40 % wt). Pencampuran menggunakan *mechanical mixer* dengan kecepatan dan waktu yang ditentukan. Campuran kemudian dituang ke dalam cetakan yang mengikuti bentuk standar spesimen pengujian. Pengujian terhadap spesimen meliputi uji tarik, uji impak dan uji kekerasan. Spesimen yang diuji mengikuti standar ASTM D 3039 untuk pengujian tarik dan ASTM D265 untuk pengujian impak. Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji shore yang memberi nilai kekerasan SHN.



Gambar 2. Mechanical mixer

Pengujian menggunakan 4 faktor dengan rancangan 3 level. Dari jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks orthogonal yaitu 9, yang menunjukkan jumlah percobaan sebanyak 9 run. Run ini direplikasi sebanyak 3 kali sehingga total eksperimen sejumlah 27 eksperimen dilakukan untuk setiap pengujian. Faktor dan level dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Level Taguchi

| No | Faktor                      | Level |     |     |
|----|-----------------------------|-------|-----|-----|
|    |                             | 1     | 2   | 3   |
| A  | Jumlah serbuk (%wt)         | 20    | 30  | 40  |
| B  | Kec. <i>mixing</i> (rpm)    | 70    | 100 | 150 |
| C  | Waktu <i>mixing</i> (menit) | 1     | 2   | 3   |
| D  | <i>Hardener</i> (ml)        | 5     | 6   | 7   |

Dari hasil percobaan dapat dihitung rata-rata, standard deviasi serta SNR. SNR adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas produk bahan komposit yang dihasilkan dari pencampuran epoxy dan serbuk cangkang kemiri. Dalam penelitian ini digunakan SNR jenis *Larger the better* karena jenis karakteristik mutu untuk sifat mekanik adalah semakin besar makin baik, yang mengikuti persamaan:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

Selanjutnya, respon taguchi dari hasil pengujian dihitung dengan menggunakan *software* Mini Tab 17.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap seluruh spesimen, diperoleh data yang selanjutnya dianalisis sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan pada bagian metodologi penelitian sehingga diperoleh hasil pengujian seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data rata-rata hasil pengujian

| run | Faktor |   |   |   | <i>Tensile</i>    | Impak                             | keras |
|-----|--------|---|---|---|-------------------|-----------------------------------|-------|
|     | A      | B | C | D | N/mm <sup>2</sup> | 10 <sup>6</sup> J/mm <sup>2</sup> | SHN   |
| 1   | 1      | 1 | 1 | 1 | 37.60             | 0.078                             | 91.72 |
| 2   | 1      | 2 | 2 | 2 | 39.76             | 0.056                             | 93.52 |
| 3   | 1      | 3 | 3 | 3 | 39.56             | 0.071                             | 94.12 |
| 4   | 2      | 1 | 2 | 3 | 40.41             | 0.065                             | 93.56 |
| 5   | 2      | 2 | 3 | 1 | 37.60             | 0.056                             | 93.72 |
| 6   | 2      | 3 | 1 | 2 | 39.89             | 0.064                             | 94.2  |
| 7   | 3      | 1 | 3 | 2 | 37.93             | 0.068                             | 93.64 |
| 8   | 3      | 2 | 1 | 3 | 39.99             | 0.064                             | 94.22 |
| 9   | 3      | 3 | 2 | 1 | 29.95             | 0.065                             | 94    |

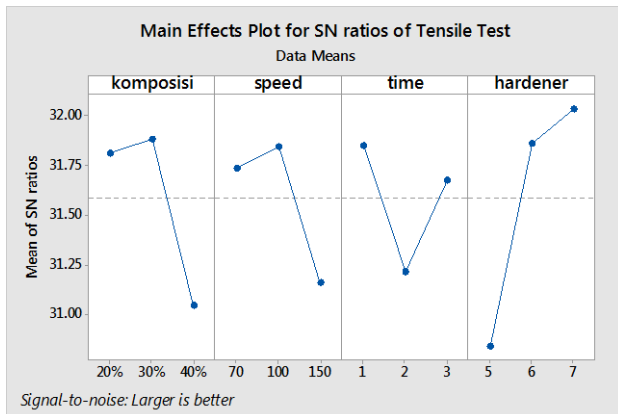
Respon Taguchi semua pengujian diberikan pada gambar 3, 4 dan 5 masing-masing untuk pengujian tarik (*tensile*), pengujian impak dan pengujian kekerasan.

#### a. Pengujian tarik

Dari gambar 3, respon taguchi pada pengujian *tensile* menunjukkan faktor yang secara signifikan mempengaruhi kekuatan bahan komposit epoxy-serbuk kemiri. Secara umum, kandungan

serbuk memberikan kontribusi besar pada kekuatan bahan, seperti yang dilaporkan oleh banyak peneliti. Namun dalam pengujian ini, seperti ditunjukkan pada table 3, faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan bahan dalam proses pembuatan adalah *hardener*, diikuti oleh komposisi (kandungan serbuk), kecepatan *mixing* (*speed*) dan waktu *mixing*. *Hardener* sebagai katalis, berperan dalam proses

pengerasan resin epoxy, makin banyak *hardener* yang ditambahkan, makin cepat resin mengeras.



Gambar 3. Respon taguchi untuk *tensile test*

Table 3. Rank faktor pengujian *tensile*

|      | komposisi | speed | time | hardener |
|------|-----------|-------|------|----------|
| rank | 2         | 3     | 4    | 1        |

Dari gambar 3 diperoleh rancangan usulanyang memberikan hasil optimal terhadap kekuatan bahan komposit epoxy-serbuk kemiri dengan komposisi 30%wt, kecepatan *mixing* 100 rpm, waktu *mixing* 1 menit dan jumlah *hardener* 7 ml.

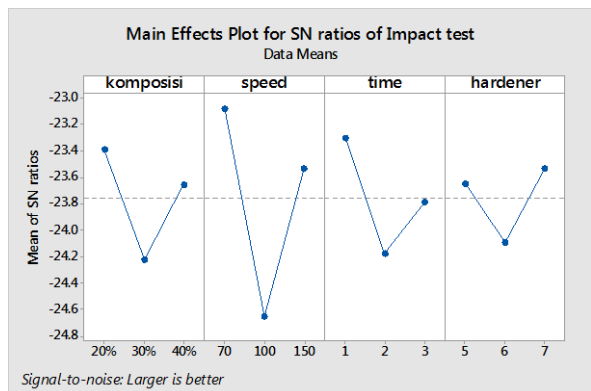
### b. Pengujian impact

Hasil yang berbeda diperoleh dari pengujian impact. Table 4 menunjukkan rank efek tiap-tiap faktor mulai yang berpengaruh besar sampai yang berpengaruh kecil terhadap harga impact bahan komposit epoxy-serbuk kemiri. Dapat dilihat bahwa kecepatan pengadukan memiliki peranan paling signifikan pada harga impact bahan. Kecepatan pengadukan berperan dalam distribusi serbuk di dalam matrik. Pada komposit ini terlihat bahwa kecepatan pengadukan yang rendah lebih signifikan untuk menghasilkan nilai impact bahan yang tinggi.

Table 4. Rank faktor pada pengujian impact

|      | komposisi | speed | time | hardener |
|------|-----------|-------|------|----------|
| rank | 3         | 1     | 2    | 4        |

Dari gambar 4 diperoleh rancangan usulanyang memberikan hasil optimal terhadap harga impact bahan komposit epoxy-serbuk kemiri dengan komposisi 20%wt, kecepatan *mixing* 70 rpm, waktu *mixing* 1 menit dan jumlah *hardener* 7 ml. Dari jumlah kandungan serbuk cangkang kemiri yang rendah (20% wt) menunjukkan bahwa penambahan kandungan serbuk cenderung meningkatkan kegetasan bahan komposit.

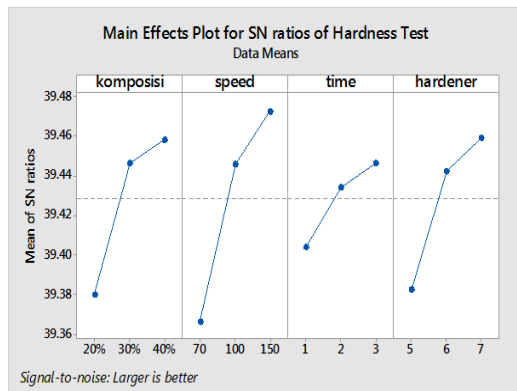


Gambar 4. Respon taguchi untuk *impact test*

Dari kedua hasil pengujian di atas terlihat bahwa kekuatan tarik dan impact bahan komposit memberikan efek optimal yang sama untuk waktu *mixing* dan jumlah *hardener*, yaitu masing-masing 1 menit dan 7ml.

### c. Pengujian kekerasan

Sementara itu, untuk pengujian kekerasan diperoleh rancangan usulanyang memberikan hasil optimal terhadap kekerasan bahan komposit epoxy-serbuk kemiri dengan komposisi 40%wt, kecepatan *mixing* 200 rpm, waktu *mixing* 3 menit dan jumlah *hardener* 7 ml, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Respon taguchi untuk *hardness test*

Namun, faktor yang paling berpengaruh terhadap kekerasan bahan dalam proses pembuatan adalah *speed*, diikuti oleh komposisi (kandungan serbuk), *hardener* dan waktu *mixing*, seperti pada table

5. Sama seperti harga impact, kecepatan pengadukan memiliki peranan paling signifikan pada nilai kekerasan. Kecepatan pengadukan berperan dalam distribusi serbuk di dalam matrik. Pada komposit ini terlihat bahwa kecepatan pengadukan yang rendah lebih signifikan untuk menghasilkan nilai kekerasan bahan yang tinggi.

Table 5. Rank faktor pada pengujian *tensile*

|      | komposisi | speed | time | hardener |
|------|-----------|-------|------|----------|
| rank | 2         | 1     | 4    | 3        |

#### d. Uji Verifikasi

Setelah rancangan optimal diketahui, maka perlu dilakukan pengujian verifikasi untuk menguji prediksi respon dari rancangan optimal tersebut. Spesimen bahan komposit epoxy-serbuk dengan rancangan optimal seperti yang disarankan taguchi dibuat dan diuji untuk verifikasi. Hasil masing-masing pengujian verifikasi diberikan pada table 6.

Table 6. Nilai pengujian verifikasi optimasi taguchi

|  | Nilai                                  |                                                |                          |
|--|----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
|  | <i>Tensile</i><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Impact<br>(10 <sup>6</sup> J/mm <sup>2</sup> ) | <i>Hardness</i><br>(SHN) |
|  | 43.68                                  | 0.074                                          | 96.57                    |

Tabel 6. menunjukkan bahwa rancangan taguchi sesuai prediksi untuk pengujian *tensile* dan impact. Nilai yang tidak memenuhi prediksi didapatkan pada pengujian verifikasi kekerasan, dimana harga yang diperoleh lebih kecil dari pengujian awal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter proses pembentukan komposit epoxy-serbuk kemiri berpengaruh terhadap kekuatan tarik, impact dan kekerasan bahan. tekan maupun kuat tarik. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa parameter proses pembentukan yang paling signifikan berbeda untuk tiap-tiap sifat mekanik yang berbeda.

Adapun untuk memperbaiki hasil penelitian dapat dilakukan percobaan lanjutan yaitu dengan mengatur kembali level serta menambahkan faktor lain yang masih dapat dikendalikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2017. Data Pembangunan Provinsi Sumatera Barat: Elemen Perkebunan 2017. [http://sdp2d.sumbarprov.go.id/data\\_profil/html2print/204/0/2/2013-2017](http://sdp2d.sumbarprov.go.id/data_profil/html2print/204/0/2/2013-2017).
- Firmansyah dan Astuti. 2013. *Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Nanokomposit Epoxy- Titanium Dioksida*. Jurnal Fisika Unand 2 (2): 2301-8491

Gibson R. F. 2011. *Principles of Composite Material Mechanics*,<sup>rd3</sup> Third Edition. CRC Press.

- Hadiyawarman, A. Rijal, B.W. Nuryadin, M. Abdullah, dan Khairurrijal. 2008. *Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, 1(1): 14-21.
- Heyne, K. 1987 *Tumbuhan berguna Indonesia (translated from De Nuttige Planten van Indonesia, 1950)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta, Indonesia
- Krisnawati, K., M. Kallio, and M. Kanninen. 2011. *Aleurites moluccana (L.) Willd. Ecology, silviculture and productivity*. Center for International Forestry Research (CIFOR). ISBN 978-602-8693-40-0. Bogor. Indonesia
- Pamungkas, A. 2011. *Studi Sifat Mekanik dengan Pengujian Tarik dan Ketangguhan Retak pada Komposit Epoxy-Kaolin*, MeTriK Polban, 5(1): 1-5

# L o n d

- Sudrajat R. 2005. *Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Biji Jarak Pagar*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 23(2):143-162. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor
- Sunanto, H. 1994. *Budidaya Kemiri Komoditas Ekspor*. Kanisius, Yogyakarta
- Wazzan. 2006. *Influence of Submicron TiO2 Particles on the Mechanical Properties and Fracture Characteristics of Cured Epoxy Resin*, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 45: 1155-1161
- Yovial, Duskiardi, Rhadinos. 2015. *Kajian Penggunaan Metode Taguchi pada Proses Pembentukan Komposit Terhadap Sifat Mekanik Bahan*. Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV. Banjarmasin.