

Analisis uji tarik komposit serat bambu resin poliester dengan *filler* serabut kelapa menggunakan metode taguchi

Robert Napitupulu¹, Shanty Dwi Krisnaningsih¹, Efata Anugrah Harita¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Jl. Timah Raya Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung 33211
Email korespondensi: rnapitupulu77@gmail.com

Abstrak

Pengembangan komposit tidak hanya komposit sintesis yang diproduksi tetapi juga mendorong komposit serat alam karena sifatnya yang luar biasa yang dapat digunakan kembali. Dalam kajian ini serat alam yang digunakan untuk dikembangkan adalah serat dari bambu dengan filler serabut kelapa. Tujuan kajian ini untuk mengetahui komposisi campuran serat bambu resin polyester dengan filler serabut kelapa dalam analisis uji tarik untuk mencari kekuatan yang maksimal dan mengetahui besar persentase kontribusi dari variabel yang berpengaruh pada rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, persentase alkali dan panjang serabut kelapa pada kekuatan tarik material serat komposit. Proses pembuatan komposit menggunakan metode hand lay-up yang dikombinasikan menggunakan Metode Taguchi dengan rancangan percobaan matriks orthogonal $L_4(2^3)$, karena ada tiga parameter proses yang memiliki 2 level. Pengulangan dilakukan sebanyak 5 kali. Parameter proses rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, konsentrasi alkali dan panjang serabut kelapa. Hasil kajian ini menunjukkan setting variabel parameter yang tepat untuk mendapatkan kekuatan tarik yang maksimal yaitu pada komposisi rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60%:20%, konsentrasi alkali 5% dan panjang serabut kelapa 30 mm dengan nilai uji tarik sebesar 54,34 MPa, persentase kontribusi parameter yang berpengaruh pada kekuatan tarik adalah panjang serabut kelapa sebesar 42,560 %.

Kata kunci: serat alam, serat bambu, serabut kelapa, metode hand lay-up, taguchi, setting variabel.

Abstract

The development of composites is not only synthetic composites produced but also encourages natural fiber composites due to their outstanding reusability. In this study, the natural fiber used to be developed was fiber from bamboo with coconut fiber as a filler. The purpose of this study was to determine the composition of a mixture of bamboo resin polyester fiber with coconut fiber filler in a tensile test analysis to find the maximum strength and determine the percentage contribution of the variables that affect the ratio of matrix volume and coconut fiber volume, alkali percentage and coconut fiber length on strength. tensile composite fiber material. The process of making composites uses the hand lay-up method combined using the Taguchi method with the $L_4(2^3)$ orthogonal matrix experimental design, because there are three process parameters that have 2 levels. Repetition is done 5 times. Process parameter ratio of matrix volume and coconut fiber volume, alkali concentration and coconut fiber length. The results of this study indicate the appropriate parameter setting variable to obtain maximum tensile strength, namely the composition ratio of the matrix volume and coconut fiber volume 60%:20%, alkali concentration 5% and coconut fiber length 30 mm with a tensile test value of 54.34 MPa, the percentage contribution of the parameters that affect the tensile strength is the length of the coconut fiber by 42.560%.

Keywords: natural fiber, bamboo fiber, coconut fiber, hand lay-up method, taguchi, variable setting.

1. Pendahuluan

Pengembangan komposit tidak hanya komposit sintesis yang diproduksi, tetapi juga mendorong komposit serat alam karena sifatnya yang luar biasa yang dapat digunakan kembali (berkelanjutan) atau tidak habis-habisnya, sehingga mengurangi penggunaan petrokimia maupun pencemaran lingkungan. Komposit dengan serat alam mempunyai keunggulan yang berbeda bila dibandingkan dengan komposit sintesis yang diproduksi. Komposit serat alam lebih aman dan tidak berbahaya bagi ekosistem dan dapat terurai atau terdegradasi secara alami dan biaya serat alam juga lebih murah dari pada serat

sintesis. Sedangkan serat sintesis selain harganya mahal, serat sintesis yang diproduksi juga dapat menghasilkan gas CO dan partikel residu yang tidak aman untuk kesehatan jika digunakan kembali, jadi ada persyaratan untuk bahan elektif untuk menggantikan serat sintesis yang direkayasa ini. Salah satu inovasi barang pengganti serat sintesis yang diproduksi adalah perpaduan bahan kayu dengan bahan yang berbeda, biasanya dikenal sebagai papan mineral. Papan mineral meskipun tidak membutuhkan bahan mentah yang dicampur tetapi membutuhkan karakteristik umum, seperti perlindungan dari serangan zat organik berbahaya, kelembaban dan iklim, serta cukup tahan terhadap api [1].

Di antara kajian yang memanfaatkan serat alam dilakukan oleh Nurudin, dkk [2], yang telah mengarahkan eksplorasi pada kemajuan yang diharapkan dari komposit yang dibuat dengan memanfaatkan kulit hibiscus (*Hibiscus tiliaceus*) yang dilapisi secara konsisten sebagai bahan pengganti untuk *fiberglass* dalam produksi rangka perahu. Hasil kajian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh NaOH 5% terhadap kekakuan dan kekuatan puntir. Spesimen komposit yang dibuat dengan serat kulit waru dengan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Kajian dengan memanfaatkan serat alam lainnya dilakukan oleh Diharjo, dkk [3], meneliti pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik komposit dengan menggunakan serat rami sebagai penguat, dengan matriks *polyester*. Perendaman serat dengan NaOH 5% selama 0, 2, 4 dan 6 jam. Spesimen dibuat dengan standar ASTM D-638. Hasil kajian menunjukkan bahwa elastisitas dan regangan memiliki kualitas yang ideal untuk perlakuan serat 2 jam, yaitu 190,27 MPa dan 0,44%. Komposit yang didukung serat yang mendapat perlakuan selama 6 jam dan memiliki kekuatan tarik yang paling rendah. Herwandi, dkk [4] melakukan kajian menggunakan serat resam dengan perlakuan NaOH 5%. Serat dicetak dalam tiga ukuran panjang yaitu 20 mm, 40 mm, dan 60 mm. Persentase serat 25%, 30% dan 35%, dengan orientasi serat acak. Nilai tertinggi yang didapat dari uji tarik sebesar 19,002 MPa dan modulus elastisitasnya 1903,13 MPa dan regangan 0,315%. (pada variabel panjang serat resam 20 mm dan persentase volume serat 25%), sedangkan nilai paling tinggi uji *impact* adalah 132 kJ/m² (pada ukuran panjang serat resam 20 mm dan persentase volume serat 25%).

Dari kajian-kajian yang sudah dilakukan di atas, penggunaan berbagai macam serat alam telah menjadi alternatif guna perkembangan kemajuan di bidang industri. Sehingga untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang pemanfaatan serat alam. Salah satu tanaman yang dimungkinkan untuk dijadikan serat alam adalah bambu dan kelapa. Di Indonesia, bambu banyak dimanfaatkan untuk berbagai komponen bangunan, seperti balok, tiang, pagar, maupun struktur atap. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu, antara lain mempunyai kekuatan dan kelenturan yang tinggi pada umur yang sangat singkat (3-5 tahun), mudah ditanam dan dapat berkembang di berbagai jenis tanah tanpa memerlukan pertimbangan khusus. Kajian Morisco [5] menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari jenis bambu tertentu dapat melampaui kekuatan tarik baja lunak, misalnya kekuatan tarik bambu Ori yang dapat mencapai 291 MPa. Pertimbangan dalam memilih serat sabut kelapa sebagai bahan campuran pembuatan serat komposit dalam kajian ini adalah bahan serat mudah didapatkan serta serat ini juga memiliki sifat yang kuat. Kajian mengenai penggunaan serat sabut kelapa sebagai pengisi komposit telah banyak dilakukan. Salah satu

riset yang dibuat oleh University of Delf, di mana komposit polipropilena berpengisi serabut kelapa menghasilkan *flexural strength* 29-49 MPa dan *flexural stiffness* 2,91-2,99 GPa [6]. Dari beberapa kajian di atas akan dilakukan kajian pemanfaatan serat alam dengan pemanfaatan serat bambu dan *filler* serabut kelapa sebagai bahan pembuatan komposit pada kajian ini.

2. Metode

Sebelum melakukan percobaan dilakukan persiapan-persiapan terhadap bahan benda kerja, serat, resin *unsaturated polyester*, katalis, mesin uji tarik (*Zwick Roell*), timbangan digital, cetakan ASTM-D638, gelas ukur dan peralatan bantu lainnya. Serat yang digunakan berfungsi sebagai penguat pada komposit, yang di mana kedua serat tersebut akan dicampur/dipadukan untuk mencari kekuatan tarik dari pencampuran kedua serat tersebut. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu ampel. Bambu yang digunakan adalah bambu yang usianya tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda. Serabut kelapa yang digunakan pada kajian ini adalah dari kelapa yang sudah matang dan serabut kelapanya masih berwarna coklat muda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Resin *unsaturated polyester* yang digunakan berfungsi sebagai matriks dalam komposit. Jenis resin yang digunakan adalah Resin *Yukalac 157 BQTN*. Tipe resin ini mengandung *thixotropic*, serta sudah berpromotor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Katalis yang digunakan dalam kajian ini adalah *Methyle Ethyl Keton Peroxide (MEKPO)* berfungsi mempercepat pengerasan pada komposit. Jenis katalis yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Mesin uji tarik (*Zwick Roell*) Mesin Uji Tarik Universal Testing Machine dengan standar pengujian ASTM D-638 digunakan untuk mendapatkan sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Tempat di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat resin dan serat yang dicampurkan sesuai dengan rasio volumenya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Cetakan ASTM-D638 digunakan untuk pembuatan spesimen komposit. Cetakan yang digunakan dalam kajian ini adalah cetakan uji tarik yang berstandar ASTM-638. Ukuran cetakan ASTM-638 seperti berikut, panjang keseluruhan (165 mm), panjang *narrow grips* (115 mm), panjang *narrow section* (57 mm), *gage length* (50 mm), *gage width* (13 mm), lebar keseluruhan (19 mm), ketebalan (3,2 mm), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Gelas ukur berfungsi untuk menakar matriks sesuai dengan hasil perhitungan. Dalam kajian ini, digunakan gelas ukur dengan ukuran 2 liter, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Peralatan bantu Mistar baja, pisau *cutter*, dan spidol yang

digunakan untuk mengukur panjang dan penandaan pada serat saat proses pembuatan spesimen uji tarik.



(a)



(b)

Gambar 1. Serat yang digunakan (a) bambu, dan (b) kelapa.



Gambar 2. Resin unsaturated polyester.



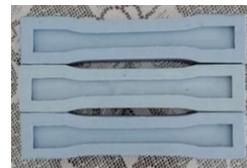
Gambar 3. Katalis.



Gambar 4. Mesin uji tarik (Zwick Roell).



Gambar 5. Timbangan digital.



Gambar 6. Cetakan ASTM-D638.



Gambar 7. Gelas ukur.

Pemilihan Level dari Parameter Proses

Langkah awal yang dilakukan sebelum memilih level adalah menentukan level dari parameter dengan jenis mesin uji tarik (*Zwick Roell*) tipe Z020 tahun 2007 yang akan digunakan dalam kajian. Penentuan jumlah level dan *setting* parameter disesuaikan dengan kebutuhan.

Setting Parameter Proses

Penentuan *setting* parameter proses pada mesin uji tarik dilakukan berdasarkan *manual book*. Ada dua macam *setting* parameter proses yang digunakan, yaitu parameter konstan dan parameter proses yang dapat diubah. *Setting* parameter konstan hanya dilakukan satu kali untuk seluruh rangkaian kajian, sedangkan parameter proses dilakukan sebanyak dua kali untuk menghindari terjadinya gangguan (*noise*). *Setting* parameter konstan tersebut ditunjukkan pada

Tabel 1 dan *setting* parameter proses yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Setting parameter konstan.

No	Variabel Konstan	Jenis/Nilai
1	Volume bambu	20%
2	Lama perendaman alkali	2 jam
3	Perbandingan resin dan katalis	1:100
4	Panjang serat bambu	60 mm
5	Arah orientasi serat	Acak
6	Volume bambu	20%

Tabel 2. Parameter proses dan level.

Parameter Proses	Level 1	Level 2
Rasio volume serabut kelapa dan resin	10% : 70%	20% : 60%
Konsentrasi Alkali	2 %	5 %
Panjang serabut kelapa	30 mm	60 mm

Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan derajat kebebasan pada matriks ortogonal harus bernilai sama atau lebih besar daripada total derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan. Berdasarkan banyaknya parameter bebas dan jumlah level yang ditunjukkan pada Tabel 2, maka dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan matriks ortogonal yang digunakan. Rancangan eksperimen berupa matriks orthogonal L4 (2³) ditunjukkan pada Tabel 3. Replikasi dilakukan sebanyak lima kali untuk mengatasi variabel gangguan (*noise*) yang terjadi selama proses pemotongan berlangsung.

Tabel 3. Matriks ortogonal L4 (2³) dan respon.

No	Parameter Proses			Parameter Respon
	A (%)	B (%)	C (mm)	Hasil Uji Tarik
1	10% : 70%	2 %	30 mm	Y ₁₁₁
2	10% : 70%	5 %	60 mm	Y ₁₂₁
3	20% : 60%	2 %	60 mm	Y ₂₁₁
4	20% : 60%	5 %	30 mm	Y ₂₂₁

3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data eksperimen dilakukan dengan mengombinasikan variabel-variabel yang terdapat pada mesin uji tarik yang diduga memiliki pengaruh terhadap respon uji tarik. Faktor-faktor tersebut adalah rasio volume serat, konsentrasi alkali dan panjang serabut kelapa. Pengambilan data variabel respon dalam percobaan ini adalah hasil kekuatan uji tarik yang paling optimal. Tabel 4 berikut hasil pengujian dan pengambilan data.

Tabel 4. Hasil pengujian dan pengambilan data.

No	Parameter Proses			Parameter Respon
	A (%)	B (%)	C (mm)	Hasil Uji Tarik
1	10% : 70%	2 %	30 mm	53,00
2	10% : 70%	5 %	60 mm	44,00
3	20% : 60%	2 %	60 mm	37,10
4	20% : 60%	5 %	30 mm	54,34

Setelah data dinormalisasi, selanjutnya dilakukan analisis varian (ANOVA). Adapun maksud dan tujuannya adalah untuk menentukan apakah secara nilai dari dua atau lebih sampel berbeda secara signifikan. Tabel 5 Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata.

Tabel 5. Perhitungan rata-rata respon.

Sumber	V	SS	MS	F- rasio
A	2	7,7284	7,7284	2,391
B	2	16,9744	16,9744	5,253
C	2	30,731	30,731	9,511
Error	2	3,231	3,231	
Total	8	64,614		

Untuk mengetahui seberapa besar persentase kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, maka perlu dilakukan perhitungan persentase kontribusi setiap faktor antara suhu dan waktu. Hasil perhitungan persentase kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 6 berikut.

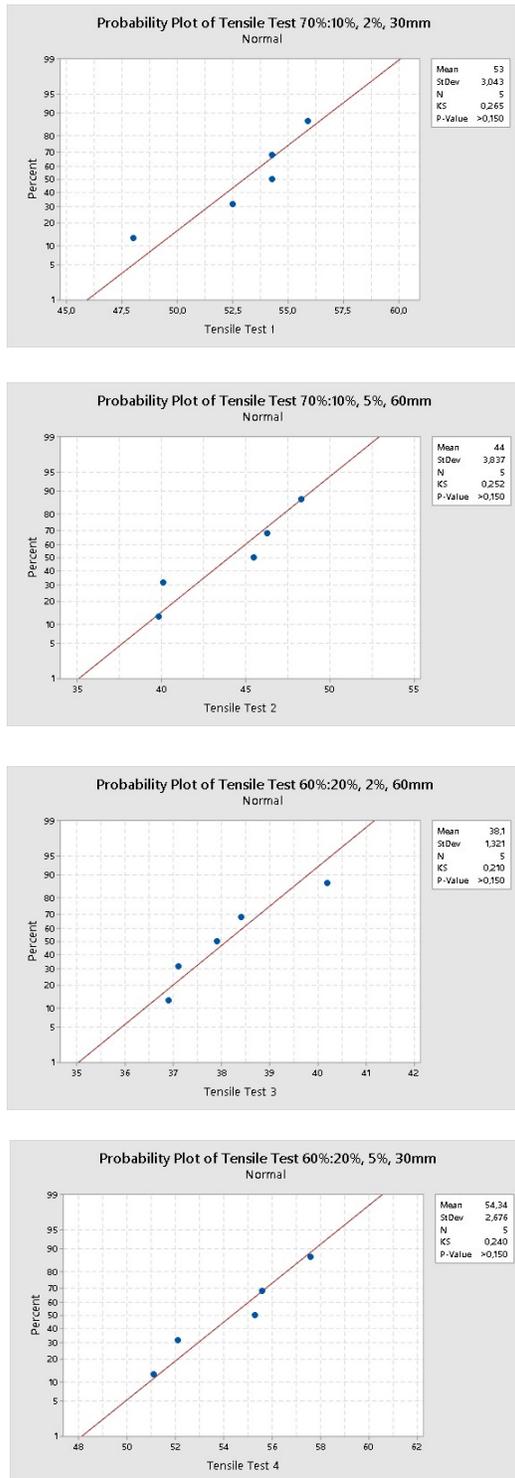
Tabel 6. Persen kontribusi terhadap rata-rata.

Sumber	V	SS	MS	SS'	P%
A	1	7,7284	7,7284	4,497	10,257
B	1	16,9744	16,9744	13,734	27,179
C	1	30,731	30,731	27,500	42,560
Error	1	3,231	3,231	12,924	20,001
Total	4	64,614			100

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa faktor memberikan kontribusi paling besar terhadap rata-rata perhitungan hasil uji tarik terbesar adalah 42,560% dibandingkan dengan faktor lain. Estimasi nilai rata-rata sebenarnya didasar pada hasil nilai rata-rata yang diperoleh dari percobaan.

Uji kenormalan data perlu dilakukan, untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal. Kriteria penolakan adalah: Tolak H₀, jika nilai *p-value* = < α dan $\alpha = 5\% = 0.05$. Berdasarkan hasil uji kenormalan data menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk respon pengepresan *cup* sambal, diperoleh nilai *p-value* 0,877 lebih besar dari

$\alpha = 0.05$. Sehingga H_0 gagal ditolak, artinya data berdistribusi normal. Gambar 5 berikut menunjukkan hasil pengujian kenormalan data.



Gambar 7. Hasil pengujian kenormalan data.

Untuk membuktikan bahwa pengepresan *cup* sambal hasil percobaan lebih besar dari pengepresan hasil

kombinasi, maka dilakukan uji kesamaan rata-rata dengan menggunakan *one sample t-test*.

Hipotesis uji *one sample t-test* untuk respon pengepresan *cup* sambal adalah:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Kriteria penolakan adalah:

Tolak H_0 jika nilai $p\text{-value} < \alpha$ dan $\alpha = 5\% = 0.05$

Berdasarkan hasil pengujian didapat $p\text{-value} = 0,998 > 0,05$ H_0 gagal ditolak, artinya H_0 gagal ditolak. artinya rata-rata hasil statistika sama dengan nilai signifikan. Ini berarti pengujian tepat.

Analisis dan pembahasan pengaruh rasio volume serabut kelapa, konsentrasi alkali dan resin panjang serabut kelapa yakni rasio volume matriks dan volume serabut kelapa terhadap respon, terlihat bahwa kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan jumlah fraksi volume serabut kelapa. Pada *Response Tabel For Means*, fraksi volume 70% : 10% memiliki nilai tertinggi rata-rata tertinggi yaitu 53,00 MPa, sedangkan fraksi volume 60% : 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tertinggi sebesar 54,32 MPa. Pada fraksi 70% : 10% mengalami penurunan kekuatan tarik disebabkan oleh jumlah fraksi yang tidak lebih banyak dari fraksi volume 60% : 20% yang memiliki rata-rata kekuatan tarik tertinggi 54,32 MPa. Kedua fraksi volume tersebut tidak mengalami perbedaan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yang terlalu berbeda karena pada variabel fraksi volume tidak memberikan pengaruh signifikan dari kekuatan tarik komposit tersebut.

Persentase alkali terhadap respon, pada persentase konsentrasi NaOH 2% dan 5% memberikan dampak pada permukaan serat, di mana konsentrasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan nilai ideal untuk kekuatan tariknya. Pada komposit dengan serat 2% alkalisasi, ikatan antara serat dan resin belum terikat dengan sempurna karena masih terhalang oleh adanya lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, sehingga ketika diuji tarik terjadi penurunan kekuatan tarik didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matriks yang diakibatkan oleh tegangan geser di permukaan serat yang disebut dengan istilah *fiber pull out*. Dalam keadaan penurunan kekuatan tarik, jaringan/pengisi dan serat sebenarnya masih mampu menanggung beban dan regangan yang lebih besar, tetapi karena ikatan tersebut sehingga menimbulkan ikatan antara serat dan pengisi gagal, maka komposit pun mengalami penurunan kekuatan tarik.

Panjang serabut kelapa terhadap respon, komposit dengan panjang serat 30 mm memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 60 mm. Hal ini disebabkan karena panjang serat 30 mm dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga

ikatan antara *reinforcement* yaitu serat bambu dan serabut kelapa dengan matriksnya yaitu resin *polyester* dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat bambu dan serabut kelapa tersebut. Kekuatan maksimum didapat pada panjang serat komposit 30 mm, karena jumlah seratnya lebih banyak dibandingkan jumlah serat pada komposit 60 mm pada saat proses penyerapan airnya lebih tinggi, sehingga nilai tegangan tariknya lebih tinggi, dan lebih baik dalam membagi beban maka ikatan matriks dengan seratnya akan semakin banyak yang menyebabkan nilai kekuatan tarik akan semakin tinggi.

Dari analisis kajian di atas bahwa hasil uji tarik material komposit serat bambu dengan *filler* serabut kelapa dapat menunjukkan hasil yang baik dengan parameter uji tarik ditentukan pada histogram rasio volume matriks dan volume serabut kelapa menunjukkan fraksi volume 60% : 20%, histogram persentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa menunjukkan 30 mm untuk mendapatkan komposisi material komposit dengan kekuatan tarik tertinggi, hasil yang ditunjukkan histogram merupakan hasil sama yang dilakukan secara langsung yang di mana rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60% : 20%, histogram persentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa 30 mm, untuk mendapatkan kekuatan tarik yang maksimal, ditunjukkan hasil histogram membentuk kurva normal dan sebagian besar *bar*/batang berada dibawah kurva, maka variabel terbaik adalah pada fraksi volume 60% : 20%, histogram persentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa menunjukkan 30 mm, untuk mendapatkan komposisi material komposit dengan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 54,34 MPa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan analisis hasil pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari kajian ini bahwa komposisi campuran serat yang tepat pada komposisi rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60%:20%, konsentrasi alkali 5% dan panjang serabut kelapa 30 mm dengan nilai uji tarik sebesar 54,34 MPa. Besar persentase kontribusi dari variabel rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, konsentrasi alkali dan panjang serabut kelapa, yang berpengaruh pada uji kekuatan tarik yakni rasio volume matriks dan volume serabut kelapa sebesar 10,257%, konsentrasi alkali sebesar 27,179%, panjang serabut kelapa sebesar 42,560%. Dari ketiga kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor panjang serabut kelapa memberikan kontribusi yang paling besar terhadap uji kekuatan tarik bila dibandingkan dengan faktor lainnya, yaitu 42,560%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3KM) yang telah mendanai kajian dosen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Tahun 2021, sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu kajian penulis dalam kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. Hachmi and A. A. Moslemi, "Correlation between wood-cement compatibility and wood extractives," *For. Prod. J.*, 1989.
- [2] A. Nurudin, A. A. ad Sonief, and W. Y. Atmodjo, "Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester," *Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 3, pp. 209–217, 2012.
- [3] K. Diharjo, "Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 8–13, 2006.
- [4] H. Herwandi, S. Sugianto, S. Somawardi, and M. Subhan, "Pengaruh Volume Serat Rekel terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Komposit sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil," *Pros. Semnastek*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [5] A. Rochman, "Pemakaian Teknologi Pratekan pada Balok Kayu dengan Tendon dari Bambu," 2004.
- [6] F. S. Nst, "Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Pada Kekuatan Tarik Dan Uji Degradasi Komposit Polipropilena Bekas Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 1, pp. 14–20, 2013.