

PENGENDALIAN KUALITAS PROSES FABRIKASI PANEL KOMPOSIT AMPAS KOPI MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Raihaan¹, Yuni Hermawan², Ahmad Adib Rosyadi², Mahros Darsin²,
Robertus Sidartawan²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

*e-mail: raihaanrehan@gmail.com

ABSTRACT

The use of composites has touched various fields, for example in land, sea and air transportation and household appliances. The coffee pulp particle composite panel produces new properties that are unique and affect the characteristics of mechanical strength, especially tensile strength and bending strength. The standard for making good coffee pulp composite panels and producing optimal strength needs to be done. To reduce the air bubbles created, a degasification process needs to be done. In making composites using the *hand lay-up* method has several main parameters for its tensile strength, where the main parameters used are stirring speed 515 rpm, 915 rpm, 1430 rpm; duration of degasification 7.5 minutes, 10 minutes, 12.5 minutes; degasification pressure -30 kPa, -60 kPa, -90 kPa. The optimal results obtained were 24.88 MPa with an increase of 23.18% from previous studies using the initial combination.

Keywords: composite, *spent coffee ground*, tensile strength, taguchi method.

PENDAHULUAN

Proses *hand lay-up* merupakan salah satu metode pembuatan polimer komposit dengan mencampurkan pengikat, penguat dan pengisi hingga *curing*. Proses pembuatan komposit ini banyak menghasilkan *void* yang menyebabkan kekuatan mekaniknya menurun. *Hand lay-up* memiliki beberapa langkah proses, diantaranya pembuatan cetakan, pengadukan campuran komposit dengan kecepatan tertentu, proses degasifikasi di dalam vakum dengan tekanan dan waktu yang ditentukan, proses penuangan campuran komposit pada cetakan, proses pengerolan agar campuran komposit tercampur merata dan ditunggu hingga komposit mengeras, kemudian komposit dilepaskan dari cetakan, yang terakhir adalah proses perlakuan *curing* untuk meningkatkan kekuatan mekanis komposit yang telah dibuat dengan menggunakan oven dengan temperatur yang telah ditentukan (Murali, B., Chandramohan, D., dan Vali, S. K. N., 2014).

Komposit dengan penambahan pengisi aMPas kopi atau biasa disebut SCG (*spent coffee ground*) mempengaruhi karakteristik kekuatan mekanik terutama kekuatan tarik

Dan kekuatan bending (Sumarji, dkk., 2017). Selain ringan dan kuat, penambahan partikel aMPas kopi akan membuat komposit tersebut memiliki estetika serta bau khas dan kemampuan penyerapan bau dari amonia sebesar 85 ppm lebih tinggi dari bubuk kopi 68 ppm dan biji kopi 23 ppm (Nugraha, Y. A., 2017).

Untuk menentukan dan mengendalikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan mekanis dari komposit aMPas kopi maka dilakukan penelitian ini, agar didapatkan proses yang optimal dan besar pengaruh dari tiap faktor yang diteliti. Dengan demikian kualitas komposit aMPas kopi tetap terjaga, efisiensi dan efektifitas semakin meningkat.

Kualitas sendiri merupakan proses untuk menghasilkan produk yang sesuai standard. Di mana rekayasa kualitas sendiri terbagi menjadi 2 yaitu rekayasa kualitas secara *off-line* dan rekayasa kualitas secara *on-line*. Metode taguchi sendiri merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi penyebab kegagalan produk atau proses dari parameter yang berpengaruh (Soejanto, I., 2009).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui proses yang paling optimal dari beberapa parameter proses *hand lay-up* pada panel komposit aMPas kopi dilihat dari kekuatan tarik yang dihasilkan menggunakan metode taguchi di mana parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan pengadukan, tekanan degasifikasi dan lama degasifikasi

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Survey lapangan untuk mendapatkan faktor faktor yang diduga mempengaruhi kekuatan mekanis dari komposit aMPas kopi.
- Memilih faktor yang diduga banyak berpengaruh sesuai teori.
- Menentukan desain eksperimen yang akan dilakukan.
- Melakukan eksperimen untuk memperoleh data.
- Melakukan analisa data dari eksperimen.
- Melakukan replikasi untuk memperkuat hasil data yang dianalisa.
- Melakukan eksperimen konfirmasi untuk mengambil kesimpulan akhir.

Pada proses eksperimen terdapat jumlah replikasi yang akan dilakukan untuk memperkuat data yang diperoleh dari tiap kombinasi parameter yang diteliti.

Proses analisa data yang sudah didapatkan sesuai matrik orthogonal adalah melalui :

- Uji Asumsi Residual
 - ANOVA (*Analysis of Variance*)
 - Uji F
 - Rasio S/N
- Serta hasil analisa di interpretasikan pada perhitungan sebagai berikut :

- Persen Kontribusi
- Interval Kepercayaan

Kemudian dilakukan eksperimen konfirmasi dengan cara membuat produk dengan variasi optimal yang sudah didapatkan dan dilakukan pengujian kembali, nantinya hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan kombinasi awal nya, sehingga dapat dipastikan penelitian yang dilakukan berhasil atau tidak.

Rancangan Eksperimen Dan Data Percobaan

Faktor dan level yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel respon : Kekuatan tarik (MPa)
2. Variabel faktor :
 - Kecepatan pengadukan (rpm) : 515, 915, 1430. Parameter ini digunakan untuk proses homogenisasi pencampuran bahan. Sehingga kekuatan tarik yang dihasilkan dapat seragam.
 - Lama degasifikasi (menit) : 7,5; 10; 12,5 dan Tekanan degasifikasi (-kPa) : -30, -60, -90. Parameter ini digunakan untuk proses pelepasan udara yang terjebak selama proses pengadukan berlangsung, sehingga *void* yang dihasilkan akan berkurang karena *void* dapat menyebabkan kekuatan mekanis dari komposit menurun.

Dari faktor dan level yang digunakan matriks orthogonal yang digunakan adalah $L9(3^3)$.

Tabel 1. *Orthogonal Array* $L9(3^3)$

Kode	Faktor Kendali	1	2	3
A	Kecepatan Pengadukan (rpm)	515	915	1430
B	Lama Proses Degasifikasi (min)	7,5	10	12,5
C	Tekanan Degasifikasi (kPa)	-30	-60	-90

Prosedur Eksperimen

Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan juni 2018 sampai desember 2018. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Stirring Machine West Lake ZHX-13
- Vacuum Machine
- Table Saw
- Tensile Strength Machine
- Software Mini Tab
- Resin Eterset 2504 APT
- Katalis MEPOXE
- Fiber Glass Mat 300

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- Mencuci dan menjemur aMPas kopi hingga mencapai kelembaban 5%.
- Membuat cetakan kaca berukuran $(31 \times 31 \times 0,3)$ cm.
- AMPas kopi diayak ukuran 80 mesh.
- Membuat campuran komposit aMPas kopi dengan jumlah komposisi 60 % resin dan 40 % aMPas kopi serta jumlah katalis 1 % dari volume campuran.
- Campuran diaduk selama 2 menit dengan variasi pengadukan.
- Campuran dilakukan proses degasifikasi dengan variasi tekanan selama waktu yang telah ditentukan.
- Penuangan komposit pada cetakan dan dilakukan pengerolan hingga merata.
- Diamkan hingga mengeras dan dilepaskan pada cetakan.
- Dilakukan proses perlakuan *curing* selama 3 jam dengan suhu 60 °C.
- Produk komposit dipotong sesuai standard ASTM D-3039 1 buah tiap variasinya dan setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali.
- Sampel yang telah dipotong siap untuk dilakukan pengujian tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Panel Komposit AMPas Kopi

Hasil komposit partikel aMPas kopi menggunakan metode *hand lay-up* dapat dilihat pada Gambar 1.

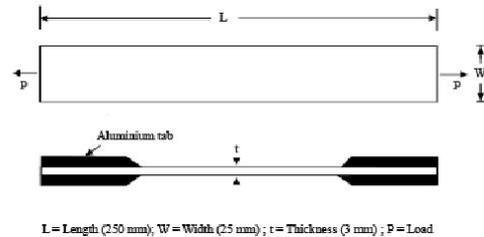


Gambar 1. Panel komposit aMPas kopi

Hasil Uji Tarik

Uji tarik menggunakan standar prosedur ASTM D-3039 untuk mendapatkan nilai UTS

(*Ultimate Tensile Strength*) dari flat strip tipis berbentuk persegi panjang. UTS didapatkan dari beban maksimum yang diberikan sebelum spesimen putus atau mengalami kegagalan (ASTM, 1990).



L = Length (250 mm); W = Width (25 mm); t = Thickness (3 mm); P = Load

Gambar 2. Sampel uji Tarik.

Tabel 2. Hasil uji tarik

Faktor			UTS				Mea n
A	B	C	I	II	III	IV	
1	1	1	22,	22,	21,	22,	22,0
1	2	2	23,	23,	23,	23,	23,3
1	3	3	26,	26,	26,	27,	26,5
2	1	2	23,	24,	24,	23,	23,8
2	2	3	25,	25,	26	25,	25,7
2	3	1	24,	25,	24,	23,	24,2
3	1	3	25,	26,	25,	25,	25,8
3	2	1	23,	23,	23,	24,	23,6
3	3	2	25,	25,	26,	25,	26,0

Uji tarik yang dilakukan untuk mendapatkan nilai UTS-nya menggunakan standard uji ASTM D3039

Rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk meneliti residual terhadap variasi yang timbul. Pada penelitian ini menggunakan karakteristik rasio S/N semakin besar, semakin baik. Di mana nilai kekuatan tarik semakin tinggi berarti kualitas produk komposit aMPas kopi semakin baik.

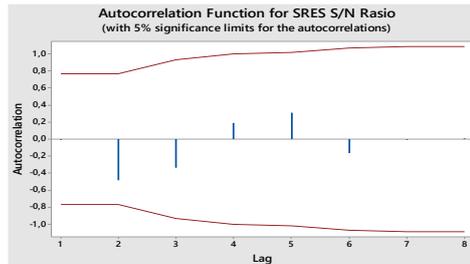
Tabel 3. Data rasio S/N

UTS				S/N
I	II	III	IV	
22,26	22,17	21,41	22,22	26,8510
23,19	23,58	23,26	23,41	27,3689
26,03	26,3	26,63	27,15	28,4707
23,55	24,11	24,41	23,27	27,5397
25,57	25,42	26	25,87	28,2027
24,33	25,14	24,2	23,25	27,6770
25,9	26,79	25,23	25,59	28,2521

23,82	23,46	23,4	24,09	27,4904
25,69	25,87	26,65	25,88	28,3044
Max				28,4707
Min				26,8510

Uji Asumsi Residual

- Uji Independen

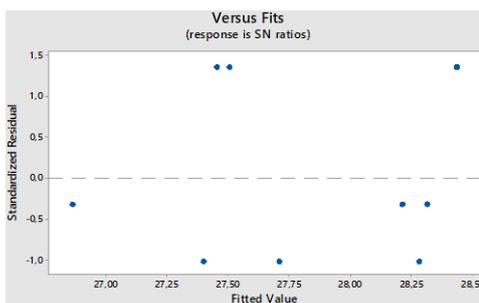


Gambar 3. Plot ACF

Pada Gambar 3. menjelaskan bahwa plot berada di dalam area sehingga dapat disimpulkan bahwa residual bersifat independen.

- Uji Homogenitas

Uji ini dilakukan secara visual dengan plot residual dan fitted value yang berguna untuk melihat data tersebar secara acak atau membentuk suatu pola tertentu. Apabila data tersebar secara acak maka asumsi residual bersifat identik dapat terpenuhi. Uji homogenitas dapat dilihat pada Gambar 4.

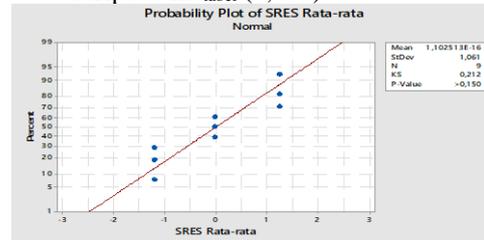


Gambar 4. Uji Homogenitas

- Uji Kenormalan

Uji ini menggunakan uji kolmogorov smirnov. Di mana dilakukan agar dapat mengetahui residual terdistribusi normal atau tidak dengan cara membandingkan nilai P-value dengan nilai α yang digunakan. Serta dengan membandingkan kolmogorov smirnov hitung dengan nilai kolmogorov smirnov pada tabel.

Pada gambar 5. diperoleh nilai di mana residual terdistribusi normal. Hal itu dikarenakan nilai p-value lebih besar dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0,05$ serta nilai KS_{hitung} (0,212) lebih kecil daripada KS_{tabel} (0,430).

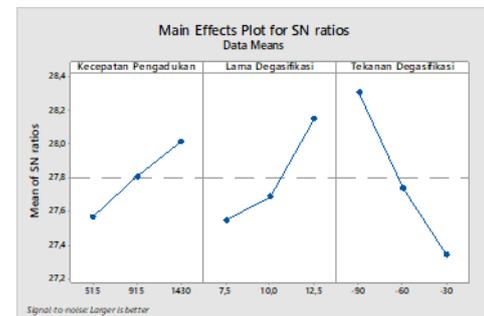


Gambar 5. Uji Distribusi Normals

Variasi Optimal

Untuk memperoleh pengaruh tiap level dari tiap parameter dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari kekuatan tarik yang diperoleh. Di mana variasi optimal yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan pengadukan (1430 rpm)
2. Lama degasifikasi (12,5 menit)
3. Tekanan degasifikasi (-90 kPa)



Gambar 6. Plot Kekuatan Tarik Tiap Level

ANOVA, Persen Kontribusi dan Uji F

ANOVA berguna sebagai perhitungan kuantitatif kontribusi setiap parameter pada keluaran yang sedang diteliti.

Tabel 3. Hasil ANOVA

	D	SS	MS	F _{hitung}	P _{value}
A	2	2,2696	1,1347	39,44	0,02
B	2	4,7455	2,3727	82,47	0,01
C	2	11,305	5,6525	196,4	0,00
D	2	0,0575	0,0287		
T	8	18,377			

Nilai F_{hitung} yang lebih besar daripada F_{tabel} menunjukkan bahwa faktor kendali tersebut memiliki pengaruh yang signifikan

terhadap variabel respon. Di mana nilai F_{tabel} sebesar 19,00. Sehingga dapat disimpulkan ketiga parameter memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit aMPas kopi.

Tabel 4. Persen kontribusi parameter

	Faktor Kendali	SS'	ρ
A	Kecepatan	2,21206	12,04
B	Lama	4,68796	25,51
C	Tekanan	11,24756	61,20
R	Residual		1,25
Total			100

Dari tabel diatas diperoleh bahwa tekanan degasifikasi memiliki pengaruh paling tinggi dibandingkan parameter lainnya yaitu sebesar 61,20%.

Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi ini berguna sebagai validasi dari hasil penelitian.

Tabel 5. Hasil UTS Eksperimen Konfirmasi

	Faktor Kendali			UTS	SNR
	V_{adu}	t_{vakum}	P_{vakum}		
1	1430	12,5	-90	25,17	27,91659
2				24,83	
3				24,51	
4				25,02	
Rata-rata				24,8825	

Panel pada gambar di bawah berukuran (167 × 107 × 0,3) cm yang dilakukan replikasi sebanyak 4 kali pengulangan.



Gambar 7. Panel Eksperimen Konfirmasi

Tabel 6. Data Kombinasi Awal

Faktor Kendali			UTS	S/N Rasio
V_{aduk}	t_{vakum}	P_{vakum}		

manual	10	-90	20,72	25,97686
			22,32	
			17,57	
Rata-rata			20,20	

Setelah nilai dari kombinasi awal dan eksperimen konfirmasi didapatkan. Keduanya dibandingkan untuk mengetahui persentase kenaikan kekuatan tarikanya.

Tabel 7. Perbandingan Kombinasi Awal Dan Kondisi Optimal

Komb	Faktor Kendali			UTS
	V_{aduk}	t_{vakum}	P_{vakum}	
Awal	manual	10	-90	20,20
Optimal	1430	12,5	-90	24,88
Peningkatan				23,18%

Dari tabel diatas diperoleh peningkatan sebesar 23,18% kekuatan tarikanya.

Pembahasan

a. Kecepatan pengadukan

Faktor kendali kecepatan pengadukan merupakan faktor kendali yang berguna untuk proses homogenisasi campuran komposit aMPas kopi. Di mana kecepatan putar level 3 (1430 rpm) menghasilkan kekuatan paling tinggi karena ikatan dan reaksi pengadukan antara resin, katalis dan aMPas kopi lebih sempurna dan menghasilkan pori yang lebih rapat sehingga kekuatan tarik komposit aMPas kopi lebih besar dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 512 rpm dan 912 rpm. Reaksi kimia terjadi ketika partikel-partikel bertabrakan. Kecepatan reaksi meningkat jika lebih banyak tabrakan setiap detiknya. Pengadukan yang cepat menjadikan partikel-partikel zat bergerak dan bersentuhan dengan partikel lainnya sehingga reaksi dapat berjalan dengan lebih cepat (Atkins, P. W., 1998) serta dengan kecepatan paling tinggi aMPas kopi akan tersebar merata keseluruhan bagian resin akibat pencampuran partikel yang terdistribusi merata menyebabkan keras. Apabila proses pengadukan lebih lambat campuran tidak akan merata dan partikel kopi akan menumpuk di bawah. Hal ini disebabkan karena massa jenis partikel kopi lebih tinggi dibandingkan massa jenis resin polyester.

b. Lama Degasifikasi dan Tekanan Degasifikasi

Faktor kendali degasifikasi merupakan faktor kendali yang berguna untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap selama proses pengadukan berlangsung. Di mana tekanan dan lama degasifikasi yang paling optimal terjadi pada level 3 (-90 kPa dan 12,5 menit) karena semakin lama dan semakin besar proses degasifikasi menyebabkan tidak adanya *void* yang terjebak. Kondisi ini dikarenakan matrik dan serat memiliki ikatan yang baik atau merata dan mampu menahan beban tarik. Hal ini dapat dilihat dari hasil patahan di mana tidak ada benang-benang serat yang terlepas atau terpisah dari resin yang mengeras akibat delaminasi

KESIMPULAN

Hasil analisa menggunakan metode taguchi mengenai optimasi proses fabrikasi panel komposit aMPas kopi didapatkan kesimpulan bahwa :

- a. Faktor kendali yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit aMPas kopi adalah tekanan degasifikasi sebesar 61,20%, lama degasifikasi sebesar 25,51% dan kecepatan pengadukan sebesar 12,04%.
- b. Faktor kendali paling optimal yang didapatkan adalah pada kecepatan pengadukan level 3 (1430 rpm), pada lama degasifikasi level 3 (12,5 menit) dan pada tekanan degasifikasi level 3 (-90 kPa)
- c. Rata-rata kekuatan tarik optimal yang diperoleh adalah sebesar 24,8825 MPa dengan peningkatan sebesar 23,18% dari kondisi awal.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya untuk proses pengadukan dilakukan selama proses berlangsung, perlu diteliti juga faktor-faktor yang masih belum digunakan, agar diperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya serta lebih diperbanyak lagi variasi respon yang diteliti agar hasil yang diperoleh bisa lebih baik menggunakan metode taguchi-Fuzzy.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1990. *Standard Test Method for Tensile Properties of PolymerMatrix Composite Material*. American Society for Testing and Material. Philadelphia, PA: ASTM.
- Atkins, PW. (1998). *Physical Chemistry, 6th Edd*. Oxford: Oxford University Press.
- B.Murali, D.Chandramohan, S. K. N. Vali., dan B.Mohan. 2014. *Fabrication of Industrial Safety Helmet by using Hybrid Composite Materials*. Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST). 584-587.
- Nugraha, Y. A. 2017. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Bagasse Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Unsaturated Polyester-AMPas Kopi*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Setiawan, R. A. 2016. *Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Komposit Dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sumarji, D. D. Laksana, A. Syuhri, H. Nurdiansyah., dan M. Abduh. 2017. *Pengaruh Ukuran Partikel Limbah Kopi Terhadap Karakterisasi Sifat Mekanik Pada Panel Komposit*. Jurnal ROTOR. 1-4.