

PENGARUH SUDUT PAHAT PADA PENGGURDIAN KOMPOSIT SERAT DAUN NANAS atau TERMOPLASTIK PADA PEMBENTUKAN DELAMINASI

Zulkarnain¹, Ismet Hari Mulyadi², Jupri¹, Siswandi B¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan. Politeknik Negeri Bengkalis Jl. Leseng. Sungai Alam, Bengkalis, Riau,
28712

²Departemen Teknik Mesin, Universitas Andalas, 25163, Padang, Sumatera Barat, Indonesia;
*Email: zulkarnainzul@polbeng.ac.id¹, ismet@eng.unand.ac.id²,
jupri@polbeng.ac.id¹, siswandi@polbeng.ac.id¹*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut pahat Gurdi terhadap delaminasi pada laminasi komposit pada pembentukan delaminasi. jarak serat penguat yang dipilih adalah 2,4 dan 6 mm dalam laminasi komposit dari matriks polimer etilen vinil asetat (EVA) dengan serat penguat dari daun nanas. Metode yang digunakan dalam fabrikasi komposit adalah hand lay-up, yaitu dengan pengecoran langsung pada tiga lapisan serat yang telah dianyam dan diikat ke sisi cetakan. Untuk kecepatan potong, Vf 72 mm / min, menggunakan pahat bor berdiameter 8 mm dengan sudut pahat 70o dan 118o Delaminasi ditentukan dengan metode Feda. Bagian delaminasi diamati menggunakan mikroskop digital dan kemudian diproses menggunakan AutoCAD untuk mengukur Dmax dan Ad. Rasio delaminasi pada lubang atas untuk diameter pahat 8mm sudut 70° pada variasi jarak 2 mm, 4 mm dan 6 mm masing-masing adalah 1,268, 1,224 dan 1,192 untuk lubang bawah adalah 1,078, 1,042 dan 1,029. Sedangkan Rasio delaminasi pada lubang atas untuk diameter pahat 8mm sudut 118° pada variasi jarak 2 mm, 4 mm dan 6 mm masing-masing adalah 1,194, 1,194, 1,158 untuk lubang bawah adalah 1,046, 1,042 dan 1,038

Kata Kunci : Delaminasi; komposit laminasi; etilena vinil asetat; serat daun nanas; proses penggurdian

Abstract

This study aims to determine the effect of the Gurdi tool angle on delamination in composite laminates in the formation of delaminations. The spacing of the selected reinforcing fibers was 2.4 and 6 mm in a composite laminate of ethylene vinyl acetate (EVA) polymer matrix with reinforcing fibers from pineapple leaves. The method used in composite fabrication is hand lay-up, namely by direct casting on three layers of fiber that has been woven and tied to the sides of the mold. For cutting speed, Vf 72 mm / min, using a chisel with a diameter of 8 mm with a tool angle of 70o and 118o. Delamination was determined using the Feda method. The delamination sections were observed using a digital microscope and then processed using AutoCAD to measure Dmax and Ad. The delamination ratio in the top hole for the tool diameter of 8mm with a 70° angle at the variation of the distance of 2 mm, 4 mm and 6 mm were 1.268, 1.224 and 1.192 for the bottom hole were 1.078, 1.042 and 1.029, respectively. Meanwhile, the ratio of delamination in the upper hole for a tool diameter of 8mm with an angle of 118° at a distance variation of 2mm, 4mm and 6mm were 1.194, 1.194, 1.158 for the bottom hole, respectively, 1.046, 1.042 and 1.038.

Keywords: Delamination; laminate composites; ethylene vinyl acetate; pineapple leaf fiber; drilling process

1. PENDAHULUAN

Material komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa. bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan pembentuk yaitu matrik dan serat [1], yang kedua jenis bahan pembentuk ini memiliki keunggulan masing-masing yang bersifat pengikat dan penguat dari material komposit tersebut. Material komposit memiliki keunggulan tertentu seperti kekuatan mekanik yang baik, kepadatan rendah, sifat mampu

bentuk, dan ketahanan terhadap korosi. Penggunaan material komposit di berbagai industri telah berkembang seperti peralatan rumah tangga, komponen pesawat, dan *dashboard* otomotif. Sebelum ini material komposit yang diperkuat serat sintesis banyak digunakan sebagai bahan pilihan utama. Selain serat sintesis, material Komposit juga dapat dibuat dari serat alam[2] maupun dari serat material bekas pakai, misalnya bekas pakaian.[3].

Akhir-akhir ini, menggunakan serat sintetis sebagai penguat komposit telah ditinggalkan karena sifatnya yang tidak ramah lingkungan dan mahal. Berbagai peneliti melaporkan bahwa serat alami merupakan terobosan untuk penguatan komposit. Keuntungan dari serat alami adalah kekuatan mekanik yang baik, harga rendah, dan ketersediaan berlimpah di alam [4]. Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa serat eceng gondok [5], tandan kosong kelapa sawit [6], aren [7], rami [8], dan serat nanas [9] digunakan sebagai alternatif komposit untuk aplikasi *dashboard otomotif*, peralatan rumah tangga dan kemasan makanan.

Di antara serat alami ini, serat daun nanas memiliki kelebihan tersendiri, yaitu kandungan selulosa yang relatif tinggi. Selain itu, serat daun nanas adalah limbah, sehingga pemanfaatannya berpotensi memberikan nilai tambah ekonomis [10].

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa serat daun nanas setelah dirawat dengan natrium hidroksida efektif dalam memperkuat komposit matriks polimer [11]. Yang menjadi kekurangan dari material komposit adalah kekuatan laminasi antara matrik dan serat penguat saat dilakukan proses penggurdian sebagai lubang baut untuk untuk proses penyambungan, sering kali terjadi cacat laminasi atau (delaminasi) yaitu lepasnya antara serat dan matrik pengikat sehingga proses penyambungan material komposit mengurangi kekuatan diarea sambungan.

Material komposit memiliki beberapa perbedaan dengan logam yaitu *homogenitas* dan bukan *isotropik*. Ini sangat mempengaruhi kualitas lubang yang dihasilkan pada saat penggurdian. Kualitas ini biasanya tidak mampu direproduksi dan fenomena delaminasi sering dijumpai [12]. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilihat pengaruh jarak lapisan serat penguat dalam laminasi dan sudut pahat gurdi

terhadap terbentuknya delaminasi pada saat proses menggurdi.

2. METODE

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dan pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan dari fenomena yang terjadi sehingga dapat diketahui sebab dan akibat dari memanipulasi setiap variable proses yang dirubah terhadap variabel bebas yang ditentukan. Penentuan variabel proses pada mesin gurdi dirujuk dari penelitian-penelitian sebelumnya. variabel proses yang dipilih pada penelitian ini yaitu konstan pada $N=2400$ mm/min, $f = 0,03$ dengan menggunakan diameter pahat gurdi (*Drill*) 8 mm, menggunakan pahat gurdi *twist drill coating cobalt*. maka skema pengambilan data akan mengikuti pola seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah sudut ujung pahat yaitu (70°) dan (118°). penggurdian akan dilakukan pada 3 variasi jarak lapisan serat penguat dalam material komposit, hal ini bertujuan untuk melihat perbandingan delaminasi terhadap perbedaan jarak lapisan matriks pada komposit. Agar data yang didapatkan bisa dikatakan valid maka setiap unit percobaan dilakukan 10 kali penggurdian sehingga akan ada 30 x penggurdian untuk 3 variasi jarak dihitung dengan persamaan delaminasi untuk menentukan rasio delaminasi. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop untuk mengamati morfologi setelah proses penggurdian.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

	2Kr ^(c)	Jarak	Trial	
			1	Feda rata-rata
Variabel proses	70°	0,25d		
		0,75d		
		0,5d		
N=2400 f = 0,03	118°	0,75d		
		0,5d		
		0,25d		

2.1 Bahan

PLF (*Pineapple Leave Fibers*) diperoleh dari kebun nanas yang berlokasi di Bengkalis, Riau, Indonesia. komposisi selulosa adalah 55-60%. PLF ini memiliki kepadatan $1,526 \text{ gr} / \text{cm}^3$, kekuatan tarik 170 MPa dan modulus young 6210 MPa. Selanjutnya jenis matrik yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis matrik termoplastik yaitu Etilena Vinil Asetat. EVA dibeli dari PT. Outletz Worldwide Indonesia, Jakarta, Indonesia. Kepadatan dan titik leleh EVA adalah $0,935 \text{ gr} / \text{cm}^3$ dan $87 \text{ }^\circ\text{C}$. Kekuatan tarik saat putus adalah 11 MPa.

2.2 Persiapan PLF

PLF dibersihkan dengan air suling tiga kali. Kemudian, dikeringkan pada suhu kamar selama dua hari. Setelah itu, direndam dalam larutan natrium hidroksida 5% selama 30 menit dan kemudian dibilas dengan air suling untuk menghilangkan larutan alkali. PLF dirajut dengan orientasi silang 90° . Pemilihan orientasi ini didasarkan pada pertimbangan untuk mengurangi pembentukan delaminasi. Kemudian, itu digabungkan sebanyak tiga lapisan (jarak yang bervariasi). Bahan komposit membentuk kolom *slab* $250 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$. Fraksi volume antara serat dan bahan uji pembentuk memenuhi persentase tidak lebih dari 30% serat penguat

2.3 Persiapan EVA Matriks

EVA *resin polyester* dimasukkan ke wadah tahan panas. Kemudian, dipanaskan pada $150 \text{ }^\circ\text{C}$ selama ± 30 menit sampai melebur dalam wadah yang diletakkan dalam oven.

2.4 Persiapan Cetakan

Lapisan serat penguat yang telah dipasang pada cetakan diperiksa kembali

kerapian dan ketegangannya. Kemudian menutupi celah-celah lubang pada sisi cetakan menggunakan red silicon sehingga cetakan tidak bocor seperti terlihat pada gambar 1. Selanjutnya memasang lantai/ alas pada cetakan menggunakan pengikat dari kawat.



Gambar 1. a) Pemasangan red silicon disekeliling sisi cetakan, b) Alas cetakan

2.5 Fabrikasi Komposit

Proses pencetakan dilakukan dengan metoda contact molding/metode hand lay-up seperti pada gambar 2. Metode ini biasanya lapisan serat dipasang layer per layer kedalam cetakan menggunakan penekanan dan dilakukan berulang-ulang hingga jumlah lapisan dan ketebalan dari material sesuai dengan keinginan.

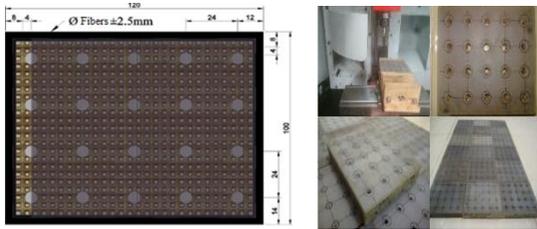


Gambar 2. Metode pencetakan material komposit

2.6 Proses Penggurdian

Penggurdian dilakukan di dalam Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis menggunakan Mesin CNC *Emco Concept Mill*, sehingga proses Pelubangan pada material komposit memiliki perlakuan

yang sama pada setiap lubang yang dihasilkan. Jarak lubang dan proses penggurdian dapat dilihat dari gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Proses penggurdian

2.7 Pengamatan

Pada penelitian ini mikroskop digital digunakan untuk mengambil gambar sisi permukaan lubang bagian atas dan bagian bawah dari hasil penggurdian. Mikroskop ini mampu dalam mengambil capture 500x pembesaran dengan resolusi tinggi, sehingga gambar yang dihasilkan akan terlihat jelas. Adapun spesifikasi mikroskop yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

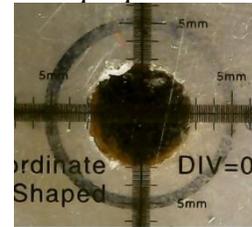
Tabel. 2 Spesifikasi Mikroskop Digital 500X

	1	Sensor	: Imported high performance
	2	Master chip	: Special Master 16Bit DSP
	3	Magnification	: 25X ~ 500X
	4	Photo / video	: Built-in
	5	Auxiliary light	: 8 x white light LED
	6	Static resolution	: 1280 x 960, 1600 x 1200, 600, 640 x 480, 320 x 240
	8	Digital zoom	: 5 x sequence mode
	9	Imaging distance	: Manually adjustable,
	10	Video resolution	: Standard 1280 x 960, 1600
	11	Body size	: 113 x 32 mm (L x R)

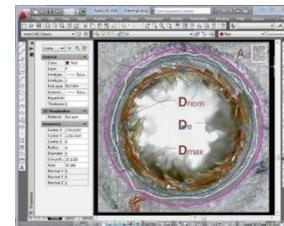
2.8 Pengukuran rasio delaminasi

Untuk mengukur rasio delaminasi yang terjadi pada setiap lubang dilakukan setelah seluruh proses pelubangan selesai dilakukan, yang mana setiap permukaan lubang sisi atas dan bawah di capture dengan mikroskop pada jarak yang sama dengan skala ukur ditempatkan disamping lubang (lihat gambar 4), hasil capture selanjutnya diproses menggunakan program autocad untuk dilakukan pengukuran luasan area cacat/delaminasi disekitar lubang yang

telah dibor. untuk selanjutnya akan ditarik garis sesuai bentuk pola kerusakan delaminasi disekeliling lubang seperti pada gambar 5. Setelah pola ini terbentuk maka secara langsung luas area kerusakan dapat dilihat pada tabel properties.



Gambar 4. Mini Skala Mistar sebagai Penskalaan Gambar



Gambar 5. Pengukuran luas area delaminasi menggunakan perangkat lunak Auto-cad

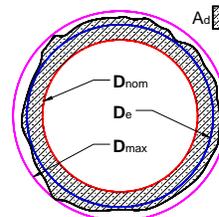
Untuk menghitung faktor delaminasi digunakan persamaan berikut ini:

$$F_{ed} = \frac{D_e}{D_{nom}} \tag{1}$$

$$D_e = \left[\frac{4(A_d + A_{nom})}{\pi} \right]^{0.5} \tag{2}$$

$$A_d = \frac{A_{max}}{A_{nom}} \tag{3}$$

$$F_{eda} = F_{ed} + \frac{A_{max} - A_{nom} - A_d}{A_{max}} (F_{ed}^2 - F_{ed}) \tag{4}$$



Gambar 6. Skema Pengukuran Faktor Delaminasi

Dimana F_{eda} adalah *Factor Delamination equivalen Adjustment*, F_{ed} adalah *factor delamination equivalen*, A_{max} adalah *Maximum Area*, A_{nom} adalah *Nominal Area*, A_d adalah *Delamination Area* serta D_e

adalah *Equivalent Delamination*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengukuran

Data pengukuran adalah data yang didapat dari pengukuran gambar / capture dari mikroskop yang di olah dari aplikasi Autocad sehingga didapatkan luas area yang A max dan D max pada lubang disisi masuk dan keluar pahat gurdi. Data pengukuran yang terlihat pada tabel 2 ini adalah untuk variasi jarak serat penguat terhadap permukaan laminasi komposit 0,25d (2mm), 0,5d (4mm) dan 0,75d (6mm).

Tabel 2. Data Pengukuran

Material 1: Jarak Serat 0.75d Drill Ø 8mm, Luas Area 50.26mm ² , N 2400, f 0.03									
No	Sudut Pahat 70°				Sudut Pahat 118°				
	Sisi Masuk		Sisi Keluar		Sisi Masuk		Sisi Keluar		
	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	
1	10,24	71,18	8,24	52,71	9,43	64,42	8,51	53,77	
2	10,22	74,35	8,56	52,43	9,61	65,71	8,5	52,56	
3	9,79	68,83	8,16	51,32	9,62	67,73	8,58	52,94	
4	9,85	66,36	8,22	52,19	9,69	65,23	8,51	53,39	
5	9,98	68,94	8,32	53,49	9,66	67,52	8,67	53,58	
6	9,78	67,95	8,88	55,55	9,67	68,64	8,49	54	
7	9,43	66,47	8,65	54,23	9,59	66,21	8,44	54,44	
8	9,51	66,92	8,19	51,71	9,48	63,43	8,5	54,4	
9	9,72	65,87	8,36	52,78	9,31	62,34	8,63	54,62	
10	10,14	74,41	8,67	53,92	9,81	65,77	8,61	54,91	
Material 3: Jarak Serat 0.5d Drill Ø 8mm, Luas Area 50.26mm ² , N 2400, f 0.03									
No	Sudut Pahat 70°				Sudut Pahat 118°				
	Sisi Masuk		Sisi Keluar		Sisi Masuk		Sisi Keluar		
	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	
1	10,14	68,34	8,51	54,26	9,93	65,5	8,64	55,07	
2	10,29	68,28	8,55	54,12	9,91	69,88	8,52	52,63	
3	10,9	75,08	8,5	53,59	9,86	69,07	8,83	53,3	
4	10,95	76,3	8,53	52,9	9,75	65,36	9,34	55,18	
5	10,23	67,6	8,71	53,58	10,91	70,61	9,65	54,2	
6	9,69	66,07	8,55	55,13	9,73	68,08	9	54,24	
7	10,68	72,59	8,59	53,36	9,31	62,9	8,39	53,89	
8	10,23	76,21	8,83	56,45	10,23	67,38	8,83	54,11	
9	10,37	71,4	8,62	55,18	11,18	70,02	8,19	55,61	
10	10,13	68,06	8,45	54,07	11,11	70,51	8,33	53,36	
Material 5: Jarak Serat 0.25d Drill Ø 8mm, Luas Area 50.26mm ² , N 2400, f 0.03									
No	Sudut Pahat 70°				Sudut Pahat 118°				
	Sisi Masuk		Sisi Keluar		Sisi Masuk		Sisi Keluar		
	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	Dmax	Amax	
1	10,55	73,2	8,56	53,92	9,8	69,81	8,53	55,84	
2	10,9	74,76	8,75	53,56	8,79	70,43	8,51	54,98	
3	10,35	70,24	8,7	54,82	9,61	68,36	8,5	54,43	
4	11,56	78,79	8,53	53,61	11,21	72,68	8,7	54,76	
5	10,35	75,8	8,6	54,67	9,99	68,48	8,78	55,24	
6	10,81	70,46	8,56	53,69	10,21	70,46	8,4	54,19	
7	10,31	74,31	8,41	53,22	10	69,57	8,45	53,59	
8	10,11	71,88	9,78	64,04	9,62	67,74	8,51	54,7	
9	11,13	89,69	9,77	66,4	9,63	66,57	8,62	55,07	
10	10,57	77,75	10,14	67,83	9,83	70,71	8,65	54,83	

3.2 Pengolahan data

Dari data pengukuran yang didapatkan untuk mengetahui faktor delaminasi pada setiap lubang hasil penggurdian baik lubang disisi masuk maupun keluar maka data tersebut diolah kedalam persamaan delaminasi. Hasil olahan data dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Pengolahan Data

Material uji no.5 N2400 Sudut 70 d										
Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	10,55	73,20	8,00	50,24	87,37	22,96	1,21	0,16	0,25	1,248
2	10,90	74,76	8,00	50,24	93,27	24,52	1,22	0,20	0,27	1,273
3	10,35	70,24	8,00	50,24	84,09	20,00	1,18	0,16	0,22	1,218
4	11,56	78,79	8,00	50,24	104,90	28,55	1,25	0,25	0,32	1,331
5	10,35	75,80	8,00	50,24	84,09	25,56	1,23	0,10	0,28	1,256
6	10,81	70,46	8,00	50,24	91,73	20,22	1,18	0,23	0,22	1,235
7	10,31	74,31	8,00	50,24	83,44	24,07	1,22	0,11	0,26	1,245
8	10,11	71,88	8,00	50,24	80,24	21,64	1,20	0,10	0,23	1,221
9	11,13	89,69	8,00	50,24	97,24	39,45	1,34	0,08	0,45	1,371
10	10,57	77,75	8,00	50,24	87,70	27,51	1,24	0,11	0,30	1,278
										1,268
Material uji no.5, N2400 Sudut 118 d8 / jarak 0,25d										
Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	9,80	69,81	8,00	50,24	75,39	19,57	1,18	0,07	0,21	1,167
2	8,79	70,43	8,00	50,24	60,65	20,19	1,18	0,16	0,22	1,199
3	9,61	68,36	8,00	50,24	72,50	18,12	1,17	0,06	0,19	1,192
4	11,21	72,68	8,00	50,24	98,65	22,44	1,20	0,26	0,24	1,161
5	9,99	68,48	8,00	50,24	78,34	18,24	1,17	0,13	0,20	1,239
6	10,21	70,46	8,00	50,24	81,83	20,22	1,18	0,14	0,22	1,180
7	10,00	69,57	8,00	50,24	78,50	19,33	1,18	0,11	0,21	1,129
8	9,62	67,74	8,00	50,24	72,65	17,50	1,16	0,07	0,19	1,191
9	9,63	66,57	8,00	50,24	72,80	16,33	1,15	0,09	0,17	1,242
10	9,83	70,71	8,00	50,24	75,85	20,47	1,19	0,07	0,22	1,244
										1,194
Material uji no.1 N2400 Sudut 70 d8 / Jarak 0,75d										
Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	10,24	71,18	8,00	50,24	82,31	20,94	1,19	0,14	0,23	1,221
2	10,22	74,35	8,00	50,24	81,99	24,11	1,22	0,09	0,26	1,241
3	9,79	68,83	8,00	50,24	75,24	18,59	1,17	0,09	0,20	1,187
4	9,85	66,36	8,00	50,24	76,16	16,12	1,15	0,13	0,17	1,171
5	9,98	68,94	8,00	50,24	78,19	18,70	1,17	0,12	0,20	1,195
6	9,78	67,95	8,00	50,24	75,08	17,71	1,16	0,10	0,19	1,181
7	9,43	66,47	8,00	50,24	69,81	16,23	1,15	0,05	0,17	1,158
8	9,51	66,92	8,00	50,24	71,00	16,68	1,15	0,06	0,18	1,164
9	9,72	65,87	8,00	50,24	74,17	15,63	1,15	0,11	0,17	1,164
10	10,14	74,41	8,00	50,24	80,71	24,17	1,22	0,08	0,26	1,238
										1,192

Material uji no.1, N2400 Sudut 118 d8 / jarak 0,75d

Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	9,43	64,42	8,00	50,24	69,81	14,18	1,13	0,08	0,15	1,144
2	9,61	65,71	8,00	50,24	72,50	15,47	1,14	0,09	0,16	1,159
3	9,62	67,73	8,00	50,24	72,65	17,49	1,16	0,07	0,19	1,174
4	9,69	65,23	8,00	50,24	73,71	14,99	1,14	0,12	0,16	1,158
5	9,66	67,52	8,00	50,24	73,25	17,28	1,16	0,08	0,18	1,174
6	9,67	68,64	8,00	50,24	73,40	18,40	1,17	0,06	0,20	1,182
7	9,59	66,21	8,00	50,24	72,19	15,97	1,15	0,08	0,17	1,162
8	9,48	63,43	8,00	50,24	70,55	13,19	1,12	0,10	0,14	1,138
9	9,31	62,34	8,00	50,24	68,04	12,10	1,11	0,08	0,13	1,125
10	9,81	65,77	8,00	50,24	75,55	15,53	1,14	0,13	0,16	1,166
1,158										

Material uji no.3 N2400 Sudut 70 d8 / Jarak 0,5d

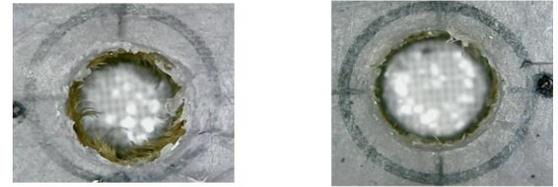
Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	10,14	68,34	8,00	50,24	80,71	18,10	1,17	0,15	0,19	1,196
2	10,29	68,28	8,00	50,24	83,12	18,04	1,17	0,18	0,19	1,200
3	10,90	75,08	8,00	50,24	93,27	24,84	1,22	0,19	0,27	1,275
4	10,95	76,30	8,00	50,24	94,12	26,06	1,23	0,19	0,29	1,287
5	10,23	67,60	8,00	50,24	82,15	17,36	1,16	0,18	0,19	1,193
6	9,69	66,07	8,00	50,24	73,71	15,83	1,15	0,10	0,17	1,164
7	10,68	72,59	8,00	50,24	89,54	22,35	1,20	0,19	0,24	1,248
8	10,23	76,21	8,00	50,24	82,15	25,97	1,23	0,07	0,29	1,252
9	10,37	71,40	8,00	50,24	84,42	21,16	1,19	0,15	0,23	1,227
10	10,13	68,06	8,00	50,24	80,55	17,82	1,16	0,16	0,19	1,194
1,224										

Material uji no.3 N2400 Sudut 118 / jarak 0,5d

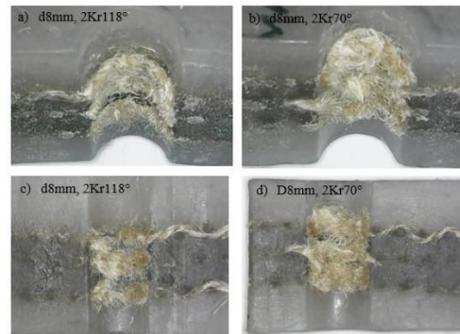
Lubang Atas										
Trial	Dmax	A	Dnom	Anom	Amax	Ad	Fed	β	F ² d- Fd	Feda
1	8,64	55,07	8,00	50,24	58,60	4,83	1,05	0,06	0,05	1,050
2	8,52	52,63	8,00	50,24	56,98	2,39	1,02	0,08	0,02	1,025
3	8,83	53,30	8,00	50,24	61,21	3,06	1,03	0,13	0,03	1,034
4	9,34	55,18	8,00	50,24	68,48	4,94	1,05	0,19	0,05	1,058
5	9,65	54,20	8,00	50,24	73,10	3,96	1,04	0,26	0,04	1,049
6	9,00	54,24	8,00	50,24	63,59	4,00	1,04	0,15	0,04	1,045
7	8,39	53,89	8,00	50,24	55,26	3,65	1,04	0,02	0,04	1,037
8	8,83	54,11	8,00	50,24	61,21	3,87	1,04	0,12	0,04	1,042
9	8,19	55,61	8,00	50,24	52,65	5,37	1,05	-0,06	0,05	1,049
10	8,33	53,36	8,00	50,24	54,47	3,12	1,03	0,02	0,03	1,031
1,042										

3.3 Pengaruh sudut potong pahat gurdi dengan jarak penguat terhadap terbentuknya delaminasi

Bila diamati pengaruh delaminasi antara sudut potong terhadap masing-masing variasi maka akan dilihat beberapa perbedaan pada setiap kondisi pemotongan pada lubang sisi masuk maupun lubang sisi keluar.



1.a) N2400, f0,03, d8 sudut 70° 1.b) N2400, f0,03 d8 sudut 118°
Gambar 7. Kualitas Permukaan pada lubang



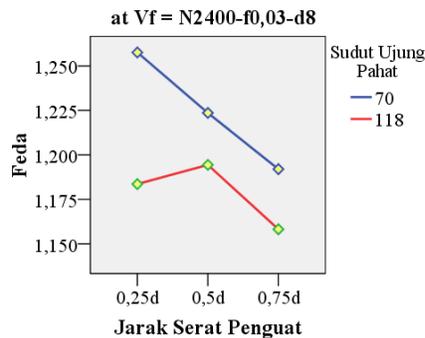
Gambar 8. (a-d) Tampilan potongan pada bagian sisi dalam serat penguat

Gambar 7 dan 8. memperlihatkan perbandingan pencitraan morfologi material uji setelah proses pengurdian dengan kondisi pemotongan dan sudut pahat yang berbeda. Terlihat pada gambar, kondisi N2400 menunjukkan delaminasi pada material 1a lebih kecil jika dibandingkan dengan material 1b.

Hasil pencitraan ini didukung dengan hasil perhitungandelaminasi pada tabel 3. jika dilihat dari hasil gambar dan perhitungan pengaruh rasio delaminasi dari kedua sudut ujung pahat 70° dan 118°, dimana faktor delaminasi pada kondisi N2400. f0,03 sudut ujung pahat 118° menunjukkan nilai delaminasi yang rendah sedangkan pada kondisi N2400, f0,03 sudut ujung 70° justru memiliki nilai delaminasi yang tinggi. Dari pengamatan tersebut maka dapat disimpulkan pengaruh sudut pahat terhadap delaminasi berkaitan dengan jarak lapisan laminasi. Untuk meminimalisir delaminasi maka dipilih antara dua kondisi pemotongan yang sesuai yaitu N 2400 dan f 0,03 maka sudut pahat yang sesuai adalah 118°. Terbentuknya delaminasi akibat

pengaruh sudut potong terhadap jarak penguat diperlihatkan pada Gambar 9.

Estimated Marginal Means of Feda Entrance



Gambar 9. Pengaruh sudut pahat terhadap jarak penguat pada lubang sisi masuk

Terbentuknya delaminasi akibat pengaruh sudut potong terhadap jarak penguat diperlihatkan pada Gambar(8-9), bahwa diameter (8mm), Vf = 72 mm/min, sudut ujung pahat (70°) dan (118°) memperlihatkan variasi jarak lapisan penguat 0,75d memiliki nilai delaminasi terkecil, namun bila diamati pengaruh delaminasi antara sudut potong terhadap masing-masing variasi, maka nilai delaminasi yang lebih kecil didapati menggunakan pahat dengan sudut potong 118°. Fenomena ini disebabkan karena sudut tajam pada pahat cenderung membelah dan mendorong jalinan serat kesisi lubang sehingga gaya dorong yang seharusnya dapat memotong sebagian besar serat, pada akhirnya hanya menggeser sisi serat yang dapat menyebabkan bagian ujung serat pecah dan tidak terpotong lebih panjang.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini terdapat 2 point utama:
1) Dengan dua variasi sudut potong yaitu sudut tumpul 118° dan sudut tajam 70° maka nilai delaminasi yang lebih kecil didapati menggunakan pahat dengan sudut potong 118° pada jarak 0,75d. Pahat dengan sudut ujung 70° cenderung membelah atau melakukan pemakanan dari

arah sisi sehingga lapisan serat terdorong kesisi lubang. Sedangkan pada sudut 118°, pahat ini melakukan pemakanan dengan memanfaatkan gaya dorong sehingga pemotongan dapat dilakukan lebih maksimal

2) Pada penelitian ini dengan material uji komposit dengan matrik termoplastik dapat disimpulkan bahwa penyebab terbentuknya delaminasi selain perubahan gaya dan geometri pahat ada hal yang lebih mempengaruhi terbentuknya delaminasi yaitu kesesuaian antara posisi serat penguat dalam laminasi, strategi pembuatan komposit, jenis serat penguat dan jenis matrik pengikat. Hal ini dibuktikan sekalipun para peneliti mengatakan dengan sudut potong tajam, putaran tinggi gerak makan rendah dan diameter pahat kecil akan bisa menghasilkan gaya yang kecil yang berdampak pada berkurangnya nilai delaminasi, ternyata dalam kondisi lain ada yang lebih mempengaruhi terbentuknya delaminasi yaitu posisi jarak penguat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah didanai oleh "Lembaga Pengelola Dana Pendidikan" LPDP, (Dana Abadi Indonesia untuk Pendidikan) dari Kementerian Keuangan Indonesia dengan nama proyek "Master Thesis Research".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Hussain, M. Hojjati, M. Okamoto, and R. E. Gorga, "Polymer-matrix nanocomposites, processing, manufacturing, and application: An overview," *J. Compos. Mater.*, vol. 40, no.17, pp. 1511–1575, 2006.
- [2] Widyorini, Ragil; Sari, Nasmi Herlina; Setiyo, Muji; Refiadi, Gunawan (2021-

- 11-06). "The Role of Composites for Sustainable Society and Industry". *Mechanical Engineering for Society and Industry (dalam bahasa Inggris)*. 1 (2): 48–53. doi:10.31603/mesi.6188. ISSN 2798-5245.
- [3] Respati, Sri Mulyo Bondan; Purwanto, Helmy; Fakhruddin, Ilham; Prayitno, Pungkas (2021-07-29). "Tensile Strength and Density Evaluation of Composites from Waste Cotton Fabrics and High-Density Polyethylene (HDPE): Contributions to the Composite Industry and a Cleaner Environment". *Mechanical Engineering for Society and Industry (dalam bahasa Inggris)*. 1 (1): 41–47. doi:10.31603/mesi.5252. ISSN 2798-5245.
- [4] K. L. Pickering, M. G. A. Efendy, and T.M. Le, "A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 83, pp. 98–112, 2016.
- [5] M. Asrofi, H. Abrial, Y. K. Putra, S. M. Sapuan, and H. J. Kim, "Effect of duration of sonication during gelatinization on properties of tapioca starch water hyacinth fiber biocomposite," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 108, pp. 167–176, 2018.
- [6] H. Abrial, G. J. Putra, M. Asrofi, J.-W. Park, and H.-J. Kim, "Effect of vibration duration of high ultrasound applied to bio-composite while gelatinized on its properties," *Ultrason. Sonochem.*, vol. 40, 2018.
- [7] R. A. Ilyas, S. M. Sapuan, M. R. Ishak, and E. S. Zainudin, "Development and characterization of sugar palm nanocrystalline cellulose reinforced sugar palm starch bionanocomposites," *Carbohydr. Polym.*, vol. 202, pp. 186–202, 2018.
- [8] E. Syafridi et al., "Synthesis and characterization of cellulose nanofibers (CNF) ramie reinforced cassava starch hybrid composites," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 120, pp. 578–586, 2018.
- [9] K. Z. M. A. Motaleb, M. S. Islam, and M. . Hoque, "Improvement of Physicomechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Composite," *Int. J. Biomater.*, vol. 2018, 2018.
- [10] M. Asim et al., "A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites," *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2015, pp. 1–16, 2015.
- [11] H. Abrial et al., "Mechanical properties of water hyacinth fibers - polyester composites before and after immersion in water," *Mater. Des.*, vol. 58, pp. 125–129, 2014.
- [12] D. F. Liu, Y. J. Tang, and W. L. Cong, "A review of mechanical drilling for composite laminates," *Compos. Struct.*, vol. 94, no. 4, pp. 1265–1279, 2012.