

Pengaruh Beberapa Parameter Pemotongan Terhadap Terbentuknya Delaminasi Pada Proses Gurdi Material Komposit Serat Nanas

Khairul imam¹, Bambang Dwi Haripriadi²

Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Batin Alam, Sungai Alam, Kec. Bengkalis

khairul imam444@gmail.com¹, bambangdh@polbeng.ac.id²

Abstract

Delamination is a type of keritis damage model that occurs in laminate composites. Delamination occurs due to several factors such as intermilar spacing in the corners and laminate damage. This study aims to explore the effect of increasing the strength of pineapple fiber in different shapes. Retrieval of data used is the orthogonal matrix L27 (35). With thermo plastic material coated in pineapple fiber composites in different shapes. Workpiece specimens are 100 mm long and 60 mm wide. 1600x. Used to see the size and thickness of the delamination formed. And data from these results will be analyzed using the taguchi method used NSR (signal to noise ratio) and ANOVA used as selecting factors that have a role to minimize the formation of delamination in pineapple fiber composites. From the inlet and exit holes the smallest delamination response is at Rpm 3000 rpm, feed motion 30 mm/min, coolant cooling media, perpendicular fiber arrangement and tool diameter 2 mm. And that the parameters of rpm, fiber arrangement and tool diameter show the most significant factors in influencing the formation of delamination.

Keywords: delamination, taguchi method, anova, delamination.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur sering kali memerlukan material yang mempunyai sifat-sifat yang sulit di dapatkan dari matrial konvensional. Komposit merupakan jenis material alternatif yang dapat di gunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Keunggulan Material komposit dibanding dengan material klasik adalah perbandingan kekuatan berat yang tinggi, dibanding berat terhadap volume rendah berat jenis, kekuatan, ketahanan korosi, ketahanan aus dan arah kekuatan dapat dikendalikan. Kelemahan dari material komposit adalah proses permesinan sulit dan tidak dapat didaun ulang, Sehingga untuk mendapatkan yang baik dilakukan proses pencetakan memerlukan biaya dan teknologi tinggi. Proses terbentuknya delaminasi dengan variasi penyusunan komposit serat nanas yang berbeda diyakini akan meningkatkan kekuatan komposit serat nanas, sehingga perlu dilakukan suatu penelitian tentang proses pengeboran dan proses terbentuknya delaminasi untuk mengetahui sejauh mana kerusakan delaminasi yang terjadi Pada komposit serat nanas.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Penggunaan bahan komposit telah banyak mendapatkan aplikasi yang luas di industri mulai dari industri rumah tangga, *otomotive*, konstruksi hingga industri lainnya. Perkembangan industri yang berbahan komposit tidak terlepas dari sifat materialnya yang mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik sangat baik serta tahan terhadap korosi. Material komposit adalah *mechanical method*, dan *adhesive bonding*, serta gabungan keduanya. *Mechanical method* menggunakan baut atau pin dan sejenisnya sebagai media penyambung, sedangkan *adhesive bonding* menggunakan *adhesive* pelekats sebagai media penyambung (Schwartz, 1984).

2.2 Klasifikasi Material Komposit

Material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun dan komponen dapat, berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, partikel serat dan lapisan. Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

a. Komposit serat (*Fiber composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari *fiber* dan *matriks* sebagai pengikat. Komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat *aramid* dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih *kompleks* seperti anyaman. Peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan (Vlack, 2004).

b. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari partikel dan *matrik* yaitu butiran. Komposit partikel mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang ditanamkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau nonlogam, seperti halnya *matrik*.

c. Komposit Laminat (*Laminated Composite*)

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih lamina. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada *matriks* penyusun komposit (Vlack, 1985).

2.3 Serat Daun Nanas

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu (*Ananas cosmosus*), termasuk dalam family (*Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam (Hayat, Syakbaniah & Darnina, 2013). Material komposit yang berpenguat serat terutama serat alam merupakan material alternatif yang sangat menguntungkan bila dibandingkan dengan material alternatif lainnya, dimana pada saat ini telah berkembang dengan cepat dan memperoleh perhatian yang serius bagi para ilmuwan. Serat alam yang digunakan adalah serat pelepah kelapa, serat aren, serat batang pisang, serat daun nenas, serat pandan, dan sebagainya.

Gambar 2. Tanaman nanas



2.2 Delaminasi

Delaminasi merupakan salah satu dari model kerusakan kritis yang terjadi pada komposit laminat. Delaminasi terjadi karena beberapa faktor seperti tegangan interlaminar yang tinggi pada sudut-sudutnya dan konsentrasi tegangan pada lokasi retak atau kerusakan lain pada laminat. Delaminasi merupakan cacat produk yang akan menurunkan kualitas dan delaminasi dipengaruhi oleh panas yang timbul karena tekanan dan gesekan antara mata pahat dan benda kerja pada proses pemesinan.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh parameter pemotongan terhadap delaminasi pada proses pengeboran komposit serat nanas. Langkah selanjutnya dari studi literatur di tentukan bahan alat yang digunakan. Setelah dapat bahan dan alat yang akan di gunakan selanjutnya dilakukan perancangan eksperimen. Dalam eksperimen kali ini penelitian melakukan parameter pengeboran dengan bahan dasar komposit serat nanas dengan menggunakan cairan pendingin yang digunakan berupa parameter delaminasi. Selanjutnya dilakukan pengolahan terdapat data yang diperoleh tersebut.

Dalam penelitian ini dapat mengetahui parameter pengeboran dengan terbentuknya delaminasi komposit serat nanas. Pada saat pengujian dilakukan pencatatan data yang didapatkan pada saat melakukan percobaan. Proses penelitian terhadap pengaruh terhadap parameter pemotongan proses pengeboran terjadinya delaminasi menggunakan komposit serat nanas.

3.3 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Gedung Lab Robotika Elektro dan Gedung Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Bengkalis- Riau. Untuk penelitian ini digunakan spesimen dari material komposit menggunakan *Termo Plastik* dengan penguat serat nanas dengan ukuran diameter panjang 100 mm dan lebar 60 mm. Setiap spesimen terdiri dari tiga lapisan dengan tebal masing-masing lapisan 10 mm. Pada spesimen ini terdapat lapisan penguat yang terbuat dari serat nanas 3 lapis, dengan bentuk tegak lurus, sudut 45°, dan acak dengan bentuk ayaman dengan lapisan yang berbeda.

3.4 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk proses permesinan Pengeboran meliputi:

- Mesin *CNC Router Miling*
- Mata Bor
- Microscope USB*

3.5 Metode Pengukuran

pengukuran nilai delaminasi di ukur dilakukan diatas meja kerja beberapa saat setelah permesinan selesai, dengan maksud benda kerja lebih setabil. kemudian pengukuran delaminasi dilakukan menggunakan *Microscope USB 1600x*, pengukuran dilakukan mengukur panjang diameter maksimum pada area delaminasi yang diamati dan diameter lubang nominal.

$$F_d = \frac{D_{max}}{D_{nom}} \quad (1)$$



D_{max} merupakan diameter maksimum pada delaminasi yang diamati dan D_{nom} merupakan diameter lubang nominal seperti ditunjukkan Gambar.

3.6 Rancangan Penelitian

Pada rancangan ini digunakan dengan metode *taguchi*, metode ini merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengendalikan, sebelum proses berlangsung atau juga di namakan *off-lene quality control*. Metode ini sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya produksi. Rekayasa kualitas yang di susulkan taguchi bertujuan agar permormasi produk atau prosesnya tidak sensitif sehingga tangguh terhadap faktor lain yang sulit dikendalikan (Roy.2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Dan Pengolahan Data Dengan Metode Taguchi

Dalam penelitian ini dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu penentuan tahap-tahapan metode taguchi, pengumpulan data, dan pengolahan data. Rancangan eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks ortogonal yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari masing-masing variabel tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fariabel Bebas dan Penentuan Level.

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Rpm	3000 Rpm	5000 Rpm	8000 Rpm
Gerak makan	30 mm/min	40 mm/min	50 mm/min
Pendingin	Coolant	Oli	Minyak goreng
Susunan Serat	Tegak Lurus	45	Acak
Diameter Tool	2 mm	4 mm	6 mm

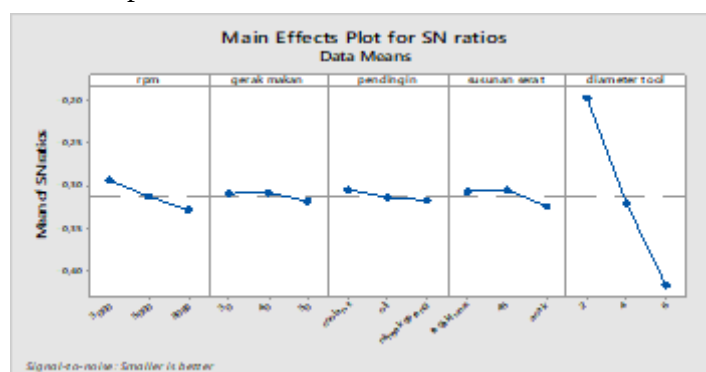
4.2 Pengaruh Susunan Serat Nanas Terhadap Terbentuknya Delaminasi.

Pengaruh penguatan material komposit terhadap kualitas lubang yang dihasilkan telah diamati. Hasil pengukuran diameter lubang yang memiliki penumpukan material (Delaminasi) yang dibagi dengan diameter lubang yang dihasilkan (Rasio Delaminasi) di perlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data *Signal To Noise Ratios Smaller Is Better*.

Level	Rpm	Gerak makan	Pendingin	Susunan serat	Diameter tool
1	-0,2937	-0,3086	-0,3039	-0,3067	-0,1975
2	-0,3123	-0,3076	-0,3132	-0,3039	-0,3202
3	-0,3281	-0,3179	-0,3170	-0,3234	-0,4164
Delta	0,0344	0,0103	0,0131	0,0195	0,2189
Rank	2	5	4	3	1

Berdasarkan data hasil rata-rata *S/N Ratios* pada Tabel 2, maka didapat kurva grafik respon *S/N* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respon S/N.

Dilihat dari variasi parameter yang telah dilakukan, untuk variasi Rpm, gerak makan, diameter tool dapat dikatakan bahwa semakin besar maka semakin besar pula nilai terbentuknya delaminasi yang terjadi. Dari nilai grafik diatas dapat dilihat gambar 2.

susunan serat yang terjadi nilai delaminasi terkecil yaitu pada susunan serat tegak lurus dan nilai delaminasi terbesar terjadi pada susunan serat acak. Penggunaan media pendingin yang bagus terjadi pada media pendingin *coolent*.

Berdasarkan analisa pada Tabel 2 dan Gambar 2 parameter yang mempengaruhi respon keausan pahat terkecil adalah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Respon Parameter Terbaik

Faktor	Level	Nilai level
Rpm	Level 1	3000 rpm
Gerak makan	Level 1	30 mm/min
pendingin	Level 1	coolent
Susunan serat	Level 1	Tegak lurus
Diameter tool	Level 1	2 mm

Berdasarkan analisa tabel respon pada tabel 3 yang mempengaruhi delaminasi yang terkecil adalah pada Rpm 3000 rpm, gerak makan 30 mm/min, media pendingin *coolent*, susunan serat tegak lurus dan diameter tool 2 mm.

4.3 Analysis Of Varian (ANOVA)

Analysis of Varian (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan. Dengan menggunakan *software* minitab 17 hasil ANOVA respon mencari delaminasi faktor susunan serat nanastegak lurus, Dengan pendingin *coolent*. Maka dihasilkan data yang tampak pada Tabel 4.6 ANOVA sebagai berikut.

Tabel 4. Analisis Of Varian (ANOVA)

No	Source	Df	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
1	Rpm	2	0,000008	0,000004	17,26	0,023
2	Gerak makan	2	0,000012	0,000006	2,59	0,212
3	Pendingin	2	0,000029	0,000014	0,08	0,122
4	Susunan serat	2	0,000082	0,000041	5,97	0,032
5	Diameter tool	2	0,003082	0,001541	641,84	0,022
6	Error	16	0,000038	0,000002	-	-
7	Total	26	0,003245	-	-	-

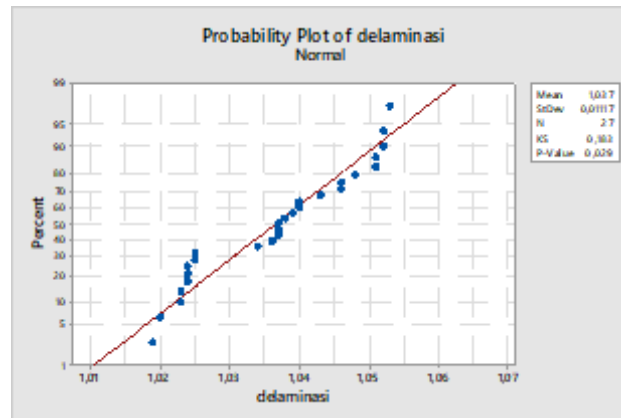
Pada Tabel 4 dimana hasil pengolahan data menggunakan program minitab 17, pada kolom terakhir muncul huruf P. Itu merupakan satuan atau simbol dari nilai probabilitas (P-value), itu adalah peluang munculnya suatu kejadian. Besarnya peluang melakukan kesalahan disebut taraf signifikansi yang artinya meyakinkan atau berarti. Dalam penelitian ini mengandung arti bahwa hipotesis yang telah terbukti pada sampel dapat diperlakukan pada populasi. Tingkat signifikansi 5% atau 0,050 artinya kita mengambil resiko kesalahan dalam mengambil keputusan untuk menolak hipotesis yang benar sebanyak-banyaknya 5% dan dalam mengambil keputusan sedikitnya 95% tingkat kepercayaan. (Ibrahim, dkk 2017).

4.4 Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal dilakukan untuk mengamati penyimpangan model. Sudah dikatakan telah mengikuti distribusi normal jika pada kurva kenormalan residual, apabila titik residual yang dihasilkan telah sesuai atau mendekati garis lurus yang ditentukan. Gambar 4.3 menunjukkan hasil statistik *Kolmogorov-Smirnov* (KS) untuk uji distribusi normal dengan derajat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hipotesis:

H0 : Residual model regresi berdistribusi normal.

H1 : Residual model regresi tidak berdistribusi.



Gambar 3. Grafik uji terjadinya delaminasi.

Dengan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa uji bersifat *normality test* keausan pahat dengan statistik *Kolmogorov-Smirnov* telah terpenuhi, mengindikasikan bahwa seluruh data yang didapat penelitian ini tersebar secara merata di garis linier perkiraan, tidak ada outliers atau kemungkinan kesalahan data.

4.5 Pengaruh Susunan Serat Nanas Terhadap Terbentuknya Delaminasi Pada Sisi keluar

Pengaruh penguatan material komposit terhadap kualitas lubang yang dihasilkan telah diamati. Hasil pengukuran diameter lubang yang memiliki penumpukan material (Delaminasi) yang dibagi dengan diameter lubang yang dihasilkan (Rasio Delaminasi)

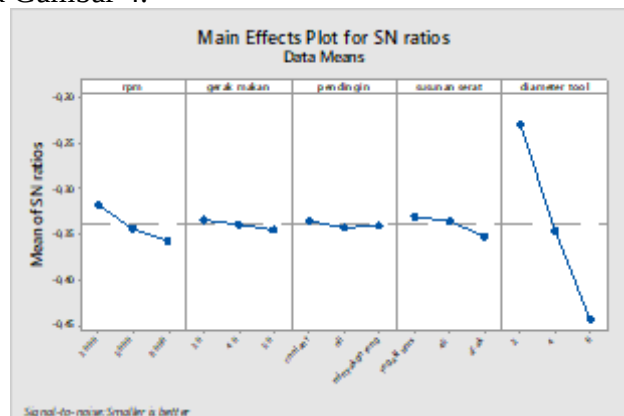
Faktor kontrol dalam mengindifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata yang digunakan saat pengeboran dilakukan pengeolahan data respon yang diperoleh langsung dari setiap tahap percobaan pengeboran. Untuk respon terjadinya delaminasi, pengaruh level terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data *Signal To Noise Ratios Smaller Is Better*.

Level	Rpm	Gerak makan	Pendingin	Susunan serat	Diameter tool
1	-0,3170	0,3336	-0,3346	-0,3300	-0,2286
2	-0,3430	0,3384	-0,3420	-0,3300	-0,3453
3	-0,3569	0,3179	-0,3402	-0,3234	-0,4430
Delta	0,0399	0,01122	0,0074	0,0222	0,2145
Rank	2	5	5	3	1

4.4.2 Grafik Dari *Signal To Noise Ratios Smaller Is Better*

Berdasarkan data hasil rata-rata S/N Ratios pada Tabel 5 didapat Gambar grafik respon S/N dapat dilihat pada Gambar 4.



(Gambar 4. Grafik Respon S/N)

Dilihat dari variasi parameter yang telah dilakukan, untuk variasi Rpm, gerak makan, diameter *tool* dapat dikatakan bahwa semakin besar maka semakin besar pula nilai terbentuknya delaminasi yang terjadi. Dari nilai grafik diatas dapat dilihat susunan serat yang terjadi nilai delaminasi terkecil yaitu pada susunan serat tegak lurus dan nilai delaminasi terbesar terjadi pada susunan serat acak. Penggunaan media pendingin yang bagus terjadi pada media pendingin *coolent*. Berdasarkan analisa pada Tabel 5 dan Gambar 4 parameter yang mempengaruhi respon keausan pahat terkecil adalah dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Respon Parameter Terbaik

Faktor	Level	Nilai level
rpm	Level 1	3000 rpm
Gerak makan	Level 1	30 mm/min
pendingin	Level 1	coolent
Susunan serat	Level 1	Tegak lurus
Diameter tool	Level 1	2 mm

Berdasarkan analisa tabel respon pada tabel 6 yang mempengaruhi delaminasi yang terkecil adalah pada putaran 3000 rpm, gerak makan 30 mm/min, media pendingin *coolent*, susunan serat tegak lurus dan diameter *tool* 2 mm.

4.6 Analysis Of Varian (ANOVA)

Analysis of Varian (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan. Dengan menggunakan *software* minitab 17 hasil ANOVA mencari delaminasi faktor gerak makan, susunan serat nanas tegak lurus dan *coolent*. Maka dihasilkan data yang tampak pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Of Varian (ANOVA)

No	Source	Df	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
1	Rpm	2	0,000095	0,000047	22,04	0,021
2	Gerak makan	2	0,000009	0,000004	2,01	0,166
3	Pendingin	2	0,000036	0,000001	0,67	0,525
4	Susunan serat	2	0,000055	0,000018	8,41	0,032
5	Diameter tool (mm)	2	0,000034	0,001677	779,20	0,028
6	Error	16	0,003532	0,000002	-	-
7	Total	26	-	-	-	-

Pada Tabel dimana hasil pengolahan data menggunakan program minitab 17, pada kolom terakhir muncul huruf P. Itu merupakan satuan atau simbol dari nilai probabilitas (P-value), itu adalah peluang munculnya suatu kejadian. Besarnya peluang melakukan kesalahan disebut taraf signifikansi yang artinya meyakinkan atau berarti. Dalam penelitian ini mengandung arti bahwa hipotesis yang telah terbukti pada sampel dapat diperlakukan pada populasi. Tingkat signifikansi 5% atau 0,050 artinya kita mengambil resiko kesalahan dalam mengambil keputusan untuk menolak hipotesis yang benar sebanyak-banyaknya 5% dan dalam mengambil keputusan sedikitnya 95% tingkat kepercayaan. (Ibrahim, 2017).

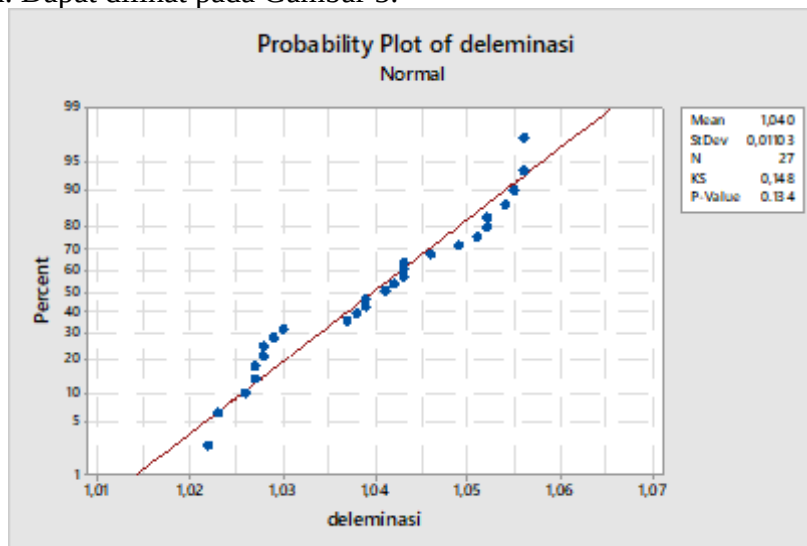
4.7 Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal dilakukan untuk mengamati penyimpangan model. Sudah dikatakan telah mengikuti distribusi normal jika pada kurva kenormalan residual, apabila titik residual yang dihasilkan telah sesuai atau mendekati garis lurus yang ditentukan. Gambar 4 menunjukkan hasil statistik *Kolmogorov-Smirnov* (KS) untuk uji distribusi normal dengan derajat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hipotesis :

H0 : residual model regresi berdistribusi normal

H1 : residual model regresi tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan tabel statistik *Kolmogorov-Smirnov* untuk $\alpha = 0,05$ dan jumlah pengamatan sebanyak 27 pengamatan adalah 0,0254. Nilai ini akan dijadikan patokan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan hasil uji kenormalan data yang telah dilakukan. Nilai statistik *Kolmogorov-Smirnov* adalah 0,148. Nilai *Kolmogorov-Smirnov* yang diperoleh dari pengamatan kurang dari nilai tabel statistik *Kolmogorov-Smirnov* yaitu $0,148 < 0,254$. Oleh karena itu, kesimpulan hasil uji kenormalan residual adalah residual model regresi linear yang dibuat telah mengikuti distribusi normal. Jadi asumsi asumsi kenormalan residual pada suatu model regresi telah dipenuhi oleh model regresi linear, sehingga model regresi yang telah dibuat bisa digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik uji terjadinya delaminasi

Dengan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa uji bersifat *normality test* terbentuknya delaminasi dengan statistik *Kolmogorov-Smirnov* telah terpenuhi, mengindikasikan bahwa seluruh data yang didapat penelitian ini tersebar secara merata di garis linier perkiraan, tidak ada *outliers* atau kemungkinan kesalahan data.

5. KESIMPULAN

Pedasarkan Penelitian ini hanya untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kekuatan komposit serat nanas dengan cairan *termo plastik* terhadap terjadiya delaminasi pada proses pengeboran yang dilakukan dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Pada posisi permukaan lubang atas dan bawah, terdapat terjadinya delaminasi yang tidak dapat dipengaruhi jenis pemilihan dari susunan serat nanas, akan tetapi dalam penyelesaian lubang, pemilihan serat nanas yang tepat akan mendapatkan mengurangi kemukinanterjadinya delaminasi.
2. Dari hasil metode *Signal To Noise Ratios Smaller Is Better*, dapat di simpulkan bagian lubang masuk dan keluar respon delaminasi yang terkecil adalah pada Rpm 3000 rpm, gerak makan 30 mm/min, media pendingin *coolent*, susunan serat tegak lurus dan diameter tool 2 mm.
3. Dari hasil pengujian *Analisis Of Varian* (ANOVA) Dapat disimpulkan dari hasil terbentuk delaminasi masuk dan keuar bahwa parameter dari rpm, susunan serat dan diameter tool menghasilkan $P < 0,050$ hal ini menunjukkan faktor signifikan dalam mempengaruhi terbentuknya delaminasi..

4. Dari hasil nilai statistik Nilai statistik *Kolmogorov-Smirnov* pengeboran masuk dan keluar adalah model regresi linear yang dibuat telah mengikuti distribusi normal. Karena nilai $KS < 0,254$.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alhaffis, F., 2017, *Implementasi Serat Karbon/Epoksi Untuk Drive Shaft Pada Kendaraan Penggerak Roda Belakang*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Astuti, D. S., 2014. *Pembuatan dan karakterisasi sifat mekanik bahanKomposit serat daun nenas-polyester ditinjau dari Fraksi massa dan orientasi serat*. Jurusan Fisika FMIPA, Padang.
- Diharjo, K., 2006. *Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gelas Dan Serat Karung Plastik*. Jurusan Teknik Mesin Surakarta.
- Firman, S. H, S, dan M., 2015. *Komposit Serat Daun Nanas-Epoxy Ditinjau Dari Fraksi Massa Dengan Orientasi Serat Acak*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA.
- Haripriadi, D. B., 2017. *Pengaruh Parameter Pemotongan Dan Variasi Susunan Serat Nanas Terhadap Delaminasi Pada Proses Gurdi Komposit Serat Nenas*. Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang.
- Hidayat, P., 2008. *Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil*. Jurusan Teknik Kimia, Yogyakarta.
- Khotimah, C. Dan M. M., 2015. *Penerapan Metode Optimasi Multirespon MenggunakanHybrid Pca-Taguchi Dan Pcr-Topsis Taguchi Pada Penggurdian Material Komposit*, Jurusan Statistika, FMIPA, , Surabaya.
- Luki, A. P., 2015. *Pengaruh Variasi Campuran Cairan PendinginTerhadap Konsumsi Energi Dan KekasaranPermukaan Al 6061 Pada Proses Bubut Kasar*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Mochamad, G. dan S., 2013. *Menentukan Sudut Puncak Mata Bor Pada Proses Drilling Model Strut Propeller, upt-balai pengkajian dan Penelitian Hidrodinamik.. BPPT*.
- Sunardi, H, Z. A. C. A. D. A., 2013. *Pengaruh Tahapan Proses Pelubangan Dan Arah Serat Terhadap KekuatanTarik Material Komposit Polyester-Pandan Wangi*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram.
- Yakub, A., 2015. *Optimasi Desain Rangka Sepeda Berbahan Baku Komposit Berbasis Metode Anova*, Teknik Mesin President University, Jakarta.
- Yamin, M., 2015. *Identifikasi Delaminasi Batang Komposit Rami Dengan Metoda Respon Frekuensi*. Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas TeknikUniversitas Gadjah Mada.