

Geometri Lubang Pada Glass Fiber Reinforced Polymer Laminate Dipengaruhi Oleh Parameter Proses Gurdi

I Made Astika & I Gusti Ketut Sukadana

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung
e-mail: made.astika@me.unud.ac.id

Abstrak

Dewasa ini komposit yang banyak digunakan adalah komposit dengan fasa penguat berupa serat atau Fiber Reinforced Composite (FRC). Salah satu diantaranya adalah polimer yang diperkuat serat gelas atau Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). Meskipun GFRP dapat dibuat sesuai dengan bentuk yang diinginkan, pengerjaan akhir seperti proses pemesinan juga diperlukan untuk membuat beberapa bentuk seperti misalnya pembuatan lubang dengan proses gurdi (drilling). Pembuatan lubang dengan proses gurdi akan melibatkan parameter proses seperti kecepatan potong (v) dan gerak makan (f_z). Parameter proses ini akan berpengaruh pada karakteristik geometri lubang yang dihasilkan. Dengan demikian dilakukan penelitian pengaruh parameter proses gurdi (f_z) terhadap geometri lubang yang dihasilkan pada GFRP laminat. Pada penelitian ini dilakukan variasi gerak makan yaitu 0,1; 0,18; dan 0,24 mm/r. Diameter pahat gurdi 5 mm. Material komposit menggunakan serat gelas jenis woven rovings dan disusun sebanyak 10 lapis dengan tebal 4 mm. Matriks yang digunakan adalah Yukalac 157 BQTN-EX dengan hardener Mekpox. Proses pencetakan dengan teknik press hand lay-up. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa kerusakan maksimum terjadi pada gerak makan tinggi (0,24 mm/r). Pada kondisi ini, kerusakan yang terjadi adalah tidak sempurnanya lubang yang dihasilkan (berbentuk elip) dan serat yang terpotong tidak sempurna (berserabut). Hal ini akan menyulitkan pada waktu perakitan (assembly) dan dapat mengurangi kekuatan komposit.

Kata kunci: GFRP laminat, Proses gurdi, Gerak makan, Geometri lubang

Abstract

Hole Geometrical at Glass Fiber Reinforced Polymer Laminate Affected by Parameter of Drill Process

Fiber Reinforced Composite (FRC) is mostly applied such as the low density and high elastic strain of glass fiber reinforced composite (GFRC) or glass fiber reinforced polymer (GFRP). Although GFRP can be made as initial design, the final machining processes is still needed such as hole drilling component. The hole drilling machining process consisted of many parameters such as cutting speed (v) and feed rate (f_z). These parameters can influence the geometrical characteristics of product such as the accurate dimension of hole or even the geometrical defect. In this case it is necessary to investigate the effect of feed rate (f_z) to the geometrical of hole on GFRP laminate. The feed rate was varied as 0.1, 0.18 and 0.24 mm/r with diameter of drilling tool is 5 mm. The material composite was glass fiber with woven roving and it was lied into 10 layer with a thickness of 4 mm. Yukalac 157BQTN-EX with Mekpox hardener was use for matrix. The mold process was a hand lay-up. The result showed that the maximum damage of product was found when the maximum feed rate of 0.24 mm/r was operated. The damage found was inaccurate size/dimension on hole and geometrical defect of hole (elliptical shape).

Key words: GFRP laminate, Drilling, Feed rate, Geometrical of hole

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi industri terutama industri manufaktur, membutuhkan material yang mempunyai sifat-sifat yang istimewa yang sulit didapatkan dari material konvensional. Komposit merupakan jenis material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Kelebihan material komposit dibandingkan dengan jenis material klasik adalah perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi, perbandingan berat terhadap volume rendah (berat jenis rendah) kekakuan, formability, ketahanan korosi, ketahanan aus dan arah kekuatan dapat dikendalikan. Kekurangan dari material ini antara lain proses

pemesinan sulit dan tidak dapat didaur ulang sehingga untuk mendapatkan hasil yang baik dilakukan dengan proses pencetakan yang memerlukan teknologi dan biaya tinggi.

Komposit yang saat ini banyak digunakan adalah komposit dengan fasa penguat berupa serat atau FRC (*Fiber Reinforced Composite*). Satu diantaranya adalah polimer yang diperkuat serat, gelas atau GFRP. Serat gelas yang umum digunakan sebagai komposit adalah yang berbentuk lembaran serat pendek dengan orientasi acak yang disebut woven roving. Untuk mendapatkan bentuk dan karakteristik komposit yang diinginkan, lembaran serat dapat disusun berlapis-lapis (*laminated*) dan

dikombinasi dengan orientasi, konstruksi dan bahan serat yang berbeda.

Dengan bentuk serat yang memanjang maka dalam proses produksi Fiber Reinforced Composite diperlukan suatu teknik produksi khusus yang sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Satu teknik yang digunakan adalah press hand lay-up. Teknik ini dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana tetapi diperlukan keterampilan dan ketelitian yang lebih agar dalam produk tidak terjadi rongga udara (void) yang dapat menimbulkan cacat dan menurunkan kekuatan komposit.

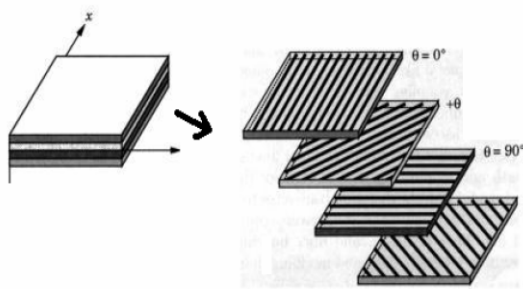
Meskipun GFRP dapat dibuat sesuai dengan bentuk yang diinginkan, pengerjaan akhir seperti proses pemesinan juga diperlukan untuk membuat beberapa bentuk seperti pembuatan lubang. Lubang diperlukan untuk proses perakitan antara satu komponen dengan komponen yang lain. Penggabungan ini biasanya menggunakan baut atau keeling.

Pembuatan lubang dengan proses gurdi (*drilling*) akan melibatkan parameter proses seperti kecepatan potong (v) dan gerak makan (f_z). Parameter proses gurdi ini akan berpengaruh pada momen torsi (M_{Th}), gaya tekan (F_{Th}) dan karakteristik lubang yang dihasilkan. Khusus untuk material komposit yang disusun secara berlapis (*laminated*), proses gurdi dapat menyebabkan terjadinya delaminasi yang akan mengurangi kekuatan komposit itu sendiri.

2. Dasar Teori

2.1 Komposit Laminat

Komposit lamina adalah lembaran yang merupakan gabungan dari dua atau lebih komponen yang berbeda (satu berperan sebagai matriks dan yang lain berperan sebagai penguat) yang digabungkan menjadi satu secara mekanik, sehingga memiliki gabungan sifat-sifat dari komponen pembentuknya. Dengan mengkombinasikan komponen pembentuknya tersebut diharapkan akan didapat sifat material yang lebih baik dari bahan asalnya. Kombinasi tersebut sedemikian rupa sehingga akan menghilangkan sifat-sifat yang tidak diharapkan dari komponen pembentuknya. Gabungan dari beberapa lamina disebut laminat.



Gambar 1. Komposit laminat

Material penguat yang sering dipakai dalam proses pembuatan komposit adalah serat yang terbuat dari serat gelas atau yang sering disebut fiberglass. Menurut bentuk seratnya, fiberglass dapat dibagi dalam dua jenis yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*discontinuous fiber*). Bahan komposit selain terbuat dari serat gelas juga ada yang terbuat dari carbon, boron dan aramid. Meskipun dalam penggunaannya fiber sangat baik sebagai penguat namun harus dipertimbangkan kerugian-kerugian dalam penggunaan fiber tersebut antara lain serat tidak dapat menyangga beban kompresi longitudinal dan sifat mechanical transversenya pada umumnya tidak baik.

2.2 Proses gurdi (*Drilling*)

Pahat gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin gurdi. Putaran tersebut dapat dipilih dari beberapa tingkat putaran yang tersedia pada mesin gurdi atau ditetapkan bila sistem transmisi putaran mesin gurdi merupakan sistem berkesinambungan. Gerak makan dapat dipilih bila mesin gurdi mempunyai sistem gerak makan dengan tenaga motor (*power feeding*). Untuk jenis mesin gurdi yang kecil (mesin gurdi bangku) gerak makan tersebut tidak dapat dipastikan karena tergantung pada kekuatan tangan untuk menekan lengan poros utama.

Selain itu, proses gurdi dapat dilakukan pada mesin bubut dimana benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak makan dilakukan oleh pahat gurdi yang dipasang pada kedudukan pahat (*tool post*) atau kepala gerak (*tail stock*).

2.3 Gaya pemotongan pada proses gurdi

Pada proses gurdi, dimana pahat mempunyai dua mata potong, gaya pemotongan pada salah satu mata potong dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu F_v dan F_f . Untuk menggurdi dengan mesin gurdi bangku ataupun mesin gurdi tangan, maka pahat gurdi harus ditekan dengan tekanan yang cukup besar supaya pahat gurdi dapat bergerak menembus benda kerja.

Penekanan tersebut berfungsi untuk melawan gaya ekstrusi yang cukup besar diujung gurdi serta untuk melawan gesekan pada bidang utama/mayor bagi kedua mata potong.

3. Metode Penelitian

Material pada penelitian ini adalah komposit dengan serat gelas anyam (*woven roving*), resin unsaturated polyester Yukalac 157 BQTN-EX dan hardener Mekpox dengan kadar 1%. Pembuatan komposit dilakukan dengan teknik press hand lay-up. Jumlah lapisan serat 10 lapis dengan tebal 4 mm.

Variasi gerak makan (f_z) pada proses gurdi adalah 0,1; 0,18 dan 0,24 mm/r dengan diameter pahat gurdi 5 mm. Sedangkan parameter yang lain seperti kecepatan potong (v), putaran spindle (n) dan diameter pahat gurdi dibuat konstan.

Tabel 1. Sifat mekanik material penyusun komposit

	E-Glass	157 BQTN
Density (ρ), g/mm ³	2,60	1,20
Tensile strength (σ),MPa	3,45.10 ³	12,07
Modulus Elastisitas (E), GPa	72,0	1,18

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Hasil proses gurdi dengan variasi gerak makan ditampilkan pada gambar dibawah. Ditampilkan hasil dari gerak makan terendah dan tertinggi



Gambar 2. Hasil proses gurdi dengan gerak makan rendah (lubang sempurna)



Gambar 3. Hasil proses gurdi dengan gerak makan tinggi (lubang berbentuk elip)



Gambar 4. Hasil proses gurdi dengan gerak makan tinggi (berserabut)

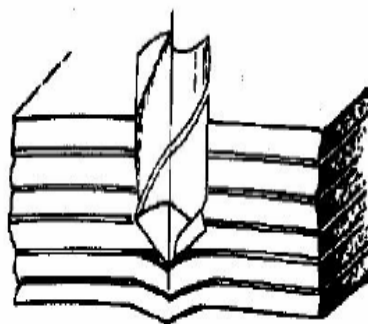
Dari gambar diatas terlihat bahwa untuk pemakanan yang rendah akan menghasilkan lubang yang sempurna. Diameter lubang terlihat dengan jelas. Untuk gerak makan yang tinggi terlihat serabut/serat yang tidak terpotong dengan sempurna. Diameter lubang tidak jelas karena terhalang oleh serabut dan diameter lubang berbentuk elip.

4.2 Pembahasan

Proses gurdi bersifat unik karena memiliki dua proses deformasi benda kerja. Mata potong utama akan menghasilkan geram secara konvensional seperti perkakas mata potong tunggal. Karena itu geram yang dihasilkan akan sama dengan geram yang dihasilkan oleh perkakas bermata potong tunggal. Sedangkan dibawah mata potongnya hanya terjadi gerakan kearah aksial, sehingga deformasi yang terjadi menyerupai deformasi yang dihasilkan oleh suatu indentasi pukulan benda runcing. Gerakan ke arah aksial ini akan menyebabkan benda kerja mengalami defleksi.

Pada material komposit laminated, tekanan yang diberikan oleh pahat gurdi dapat menyebabkan terjadinya delaminasi. Dari hasil penelitian mengenai pengaruh parameter proses gurdi terhadap gaya tekan (F_{Th}) dan momon torsi (M_t) diperoleh hasil antara lain: makin besar gerak makan, maka gaya tekan akan semakin besar.

Proses gurdi pada material komposit laminate secara skematik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Skematik proses gurdi pada komposit laminate

Dari gambar diatas terlihat bahwa gaya tekan dari pahat gurdi menyebabkan terjadi defleksi. Makin banyak jumlah lapisannya dan makin kebawah maka defleksinya makin besar. Defleksi yang semakin besar akan menyebabkan terjadinya delaminasi, seperti terjadi pada lapisan paling bawah (gambar 5).

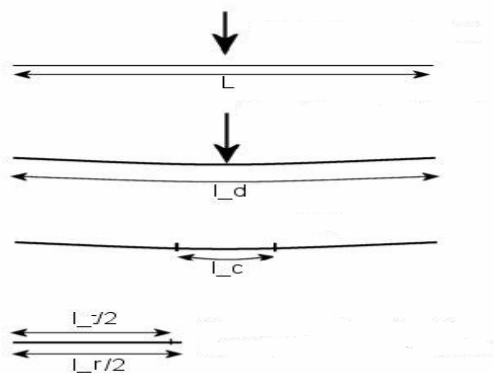
Mekanisme terpotongnya serat pada komposit yang mengalami delaminasi digambarkan berikut ini.

Secara lebih mendetail, untuk lapisan paling bawah dapat digambarkan seperti gambar 5, dimana terlihat panjang fiber/lamina yang terpotong dalam keadaan mengalami defleksi tidak sama antara teori dan kenyataan. Untuk setengah bagian (gambar 7 paling bawah), panjang fiber yang terpotong secara teori lebih pendek dari kenyataannya.

Sedangkan bentuk elip terjadi karena adanya spalling dan fuzzing seperti terlihat pada gambar 8. Spalling menunjukkan terjadinya delaminasi dan fuzzing menunjukkan serat yang tidak terpotong disekitar lubang.

teoritis, dimana D_{th} adalah diameter lubang teoritis dan D_r adalah diameter lubang sebenarnya.

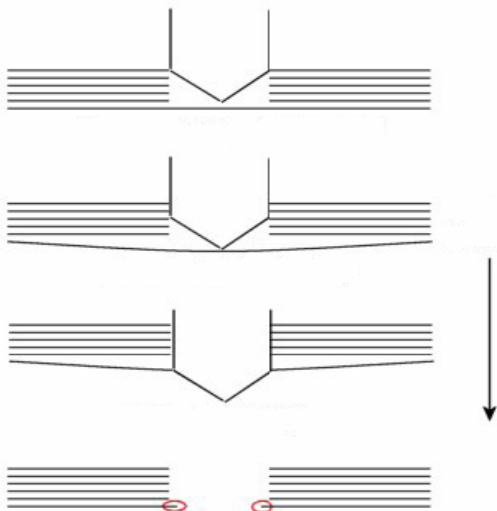
Sedangkan perkiraan dari bentuk lubang yang dihasilkan dari proses gurdi pada komposit laminat adalah seperti ditunjukkan pada gambar 10, dimana terlihat lubang yang dihasilkan berbentuk elip.



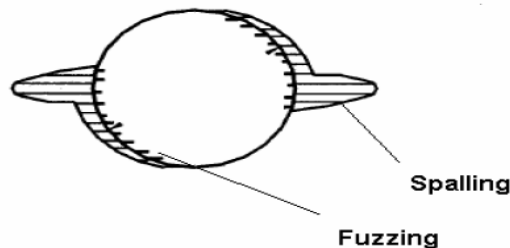
Gambar 7. Proses pemotongan satu serat/lamina

Keterangan:

- L = panjang fiber/lamina sebelum diberi beban.
- l_d = fiber/lamina mengalami defleksi setelah dibebani.
- l_c = bagian yang terpotong
- $l_t/2$ = panjang fiber/lamina yang terpotong (teori)
- $l_r/2$ = panjang aktual untuk setengah bagian,



Gambar 6. Skematik proses pemotongan lamina pada komposit laminate

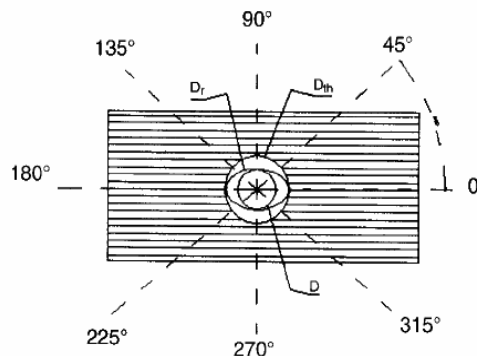


Gambar 8. Spalling dan fuzzing

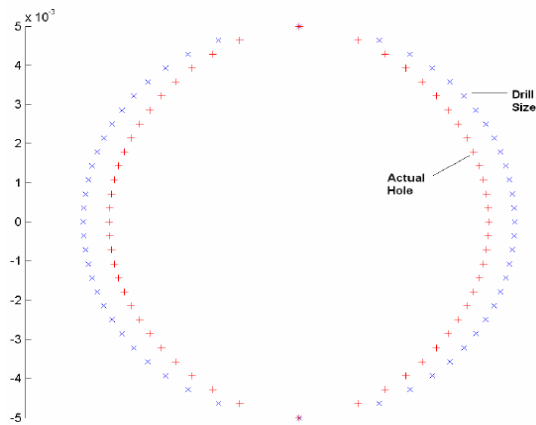
Keterangan:

1. Pahat gurdi masuk kedalam material komosit laminate
2. Terjadi defleksi dan lapisan paling bawah mengalami delaminasi
3. Terjadi proses pemotongan pada lapisan paling bawah pada saat terjadi defleksi
4. Hasil pemotongan (lubang) tidak sesuai dengan diameter pahat yang digunakan

Karena terjadi spalling dan fuzzing maka lubang yang terbentuk tidak sempurna (berbentuk elip). Seperti ditampilkan pada gambar 7, terlihat perbedaan antara diameter lubang sebenarnya dan



Gambar 9. Kerusakan disekitar lubang



Gambar 10. Prediksi geometri lubang

5. Kesimpulan

Semakin besar gerak makan (f_z) maka geometri lubang yang dihasilkan kurang sempurna yaitu lubang berbentuk elip dan berserabut

Daftar Pustaka

- [1] Bhatnagar, N., Ramakrishnan, N. K., and Komanduri, R., 1995, *On the Machining of Fiber Reinforced Plastic (FRP) Composite Laminates*, International Journal of Machine Tools and Manufacturing; 35: 701-716.
- [2] Bhatnagar, N., Singh, S., and Nayak, D., 2004, *Damage Investigation in Drilling of Glass Fiber Reinforced Plastic Composite Laminates*, Material and Manufacturing Processes; 19(6): 995-1007.
- [3] Fernandes, M., and Cook, C., 2005, *Drilling of Carbon Composites Using a One Shot Drill Bit, Part I: Five Stage Representation Of Drilling and Factors Affecting Maximum Force and Torque*, International Journal of Machine Tools & Manufacture; 46: 70-75.
- [4] Fernandes, M., and Cook, C., 2005, *Drilling of Carbon Composites Using a One Shot Drill Bit, Part II: Empirical Modeling of Maximum Thrust Force*, International Journal of Machine Tools & Manufacture; 46: 76-79
- [5] Hocheng, H., and Dharan, C. K. H., 1990, *Delamination During Drilling in Composite Laminates*, Journal of Engineering for Industry; 112: 236-239
- [6] Hochen, H., Tsao, T., 2003, *Comprehensive Analysis of Delamination in Drilling of Composite Materials with Various Drill Bits*, Journal of Material Processing Technology; 140: 335-339.
- [7] Jain, S., and Yang, D. C. H., 1994, *Delamination-free Drilling of Composite Laminates*, Journal of Engineering for Industry; 116: 475-480.
- [8] Komanduri, R., 1995, *Machining Fiber Reinforced Composite*, Mechanical Engineering; 115: 58-64
- [9] Lachaud, F., Piquet, R., Collombot, F., and Surciant, L., 2001, *Drilling of Composite Structures*, Composite Structure; 52: 551-516.
- [10] Zhang, H., Chen, W., Chen, P., and Zhang, L., 2001, *Assesment of the Exit Defects in Carbon Fiber Reinforced Plastic Plates Caused by Drilling*, Key Engineering Material; 196: 43-52.