

**PENGARUH JARAK LUBANG SAMBUNGAN MEKANIK TERHADAP KEKUATAN
TARIK KOMPOSIT POLYESTER SERAT WIDURI PENDAHULUAN**

***The Effect OF The Distance Of The Mechanical Connection Holes On The Tensile
Strenght Of The Polyester Widuri Fiber Composites***

Alfarian Yosafat U. Lele¹, Yeremias M. Pell², Jefri S. Bale³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jln. Adisucipto-Penfui Kupang NTT, 85222

e-mail: yeremiaspell@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak lubang sambungan mekanik terhadap kekuatan tarik komposit polyester serat widuri. Panjang serat 0,5 cm, fraksi volume serat 30% dan orientasi serat secara acak. Lubang baut berdiameter 4 mm dibuat dengan cara dibor. Jumlah lubang sebanyak 4 buah terdiri dari 2 baris dan 2 kolom. Jarak antar lubang bervariasi yaitu 8 mm, 10 mm dan 12 mm. Tipe sambungan yang digunakan adalah tipe *single lap joint*. Pembuatan spesimen dan pengujian mengacu pada standard ASTM D5961 dan ASTM D3039. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen dengan jarak lubang 12 mm memiliki kekuatan tarik tertinggi dan diikuti dengan jarak lubang 10 mm dan 8 mm, berturut-turut yaitu 9.0 MPa, 7,5 MPa dan 6,35 MPa. Demikian juga nilai kekakuannya, dari jarak lubang 12 mm, 10 mm dan 8 mm, mempunyai nilai berturut-turut sebesar 8,5 GPa, 8,26 GPa dan 4,49 GPa. Pengamatan gambar pada daerah sekitar lubang, menunjukkan jenis kerusakan sambungan yaitu *net-tension failure* dan *bearing failure*. Sedangkan jenis patahannya merupakan patah getas dan tergolong dalam model patahan banyak. Hasil-hasil ini membuktikan bahwa komposit polimer yang diperkuat serat widuri sudah bisa diaplikasikan dalam struktur sambungan mekanik dengan jenis pembebanan tarik khususnya untuk pembebanan ringan.

Kata Kunci : Serat Widuri, Komposit, Jarak Lubang, Sambungan Mekanik, Kekuatan Tarik.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of holes distance mechanical connection on the tensile strength of the polyester widuri composite. The fiber length is 0.5 cm, the fiber fraction volume is 30%, and the fiber orientation is random. Bolt holes with a diameter of 4 mm were drilled. The holes number is four pieces consisting of 2 rows and columns. The distance between the holes varies, namely 8 mm, 10 mm, and 12 mm. The type of connection used is the single lap joint type. Specimen making and testing refer to ASTM D5961 and ASTM D3039 standards. The test results show that the specimen with a hole spacing of 12 mm has the highest tensile strength followed by a hole spacing of 10 mm and 8 mm, were 9.0 MPa, 7.5 MPa, and 6.35 MPa, respectively. Similarly, the stiffness values of the hole spacing of 12 mm, 10 mm, and 8 mm have values were 8.5 GPa, 8.26 GPa, and 4.49 GPa, respectively. Observation of the image in the area around the hole shows the type of connection damage, namely net stress failure and bearing failure. Whereas the type of fracture was a brittle fracture and include in the splitting multiple areas. These results prove that polymer composites reinforced with widuri fiber can be applied to mechanical connection structures with tensile loading types, especially for light loads.

Keywords: *Widuri Fiber, Composite, Hole Distance, Mechanical Connection, Tensile Strength.*

PENDAHULUAN

Material komposit adalah dua atau lebih material yang digabungkan dalam sebuah unit struktur dan mempunyai sifat-sifat yang tidak sama ketika material-material tersebut masih berdiri sendiri atau sebelum digabungkan.

Indonesia merupakan salah satu negara tropis dengan tingkat keanekaragaman hayati terbesar di dunia. Banyak sekali potensi kekayaan alam Indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung ketersediaan sumber daya sebagai salah satu elemen pendorong peningkatan daya saing industri. Salah satunya adalah pemanfaatan sumber daya alam Indonesia untuk mensubsitisi bahan baku di industri TPT yang selama ini harus dipenuhi melalui jalur impor. Hal inilah yang dijadikan dasar perbandingan penulis untuk meneliti potensi pemanfaatan tanaman Widuri yang tumbuh liar di Indonesia untuk bahan baku serat alam sebagai penguat material komposit.

Tanaman Widuri merupakan salah satu jenis belukar/tanaman perdu yang dapat tumbuh mencapai setinggi 3 meter. Serat dapat diperoleh dari kulit batang dan biji buahnya. Getah warna putih menyerupai susu yang keluar dari batang tanaman diketahui bermanfaat untuk kesehatan, diantaranya sebagai obat herbal penyakit pusing, asma, bronkitis, dispepsia, lepra, tumor, dan berbagai penyakit gangguan pencernaan.

Kekuatan sambungan mekanik sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu faktor geometri spesimen, faktor material spesimen dan faktor cara pembuatan lubang. Hampir semua komponen, baik logam maupun non logam, mengalami proses penyambungan (*joining*) dengan komponen lain. Komponen logam dapat disambung dengan las, dibaut, dan dikeling. Namun khusus bahan non metal seperti komposit dan penyambungannya tidak dapat dilakukan pengelasan. Salah satu jenis sambungan yang cocok untuk bahan komposit adalah sambungan baut dan keling.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan digital dipakai untuk mengukur berat serat.
2. Amplas untuk meratakan spesimen uji.
3. Cetakan komposit dari kayu untuk pencetakan spesimen.
4. Pisau dan *cutter* digunakan untuk memisahkan serat .
5. Gunting digunakan untuk memotong serat.
6. Jangka sorong.

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

7. Kuas
8. Mesin pemotong (*Gerinda*)
9. Alat-alat pendukung lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

1. Serat kulit batang widuri
2. Wax atau *Mirrorglass*
3. Resin *polyester* dan Katalis

Prosedur Penelitian

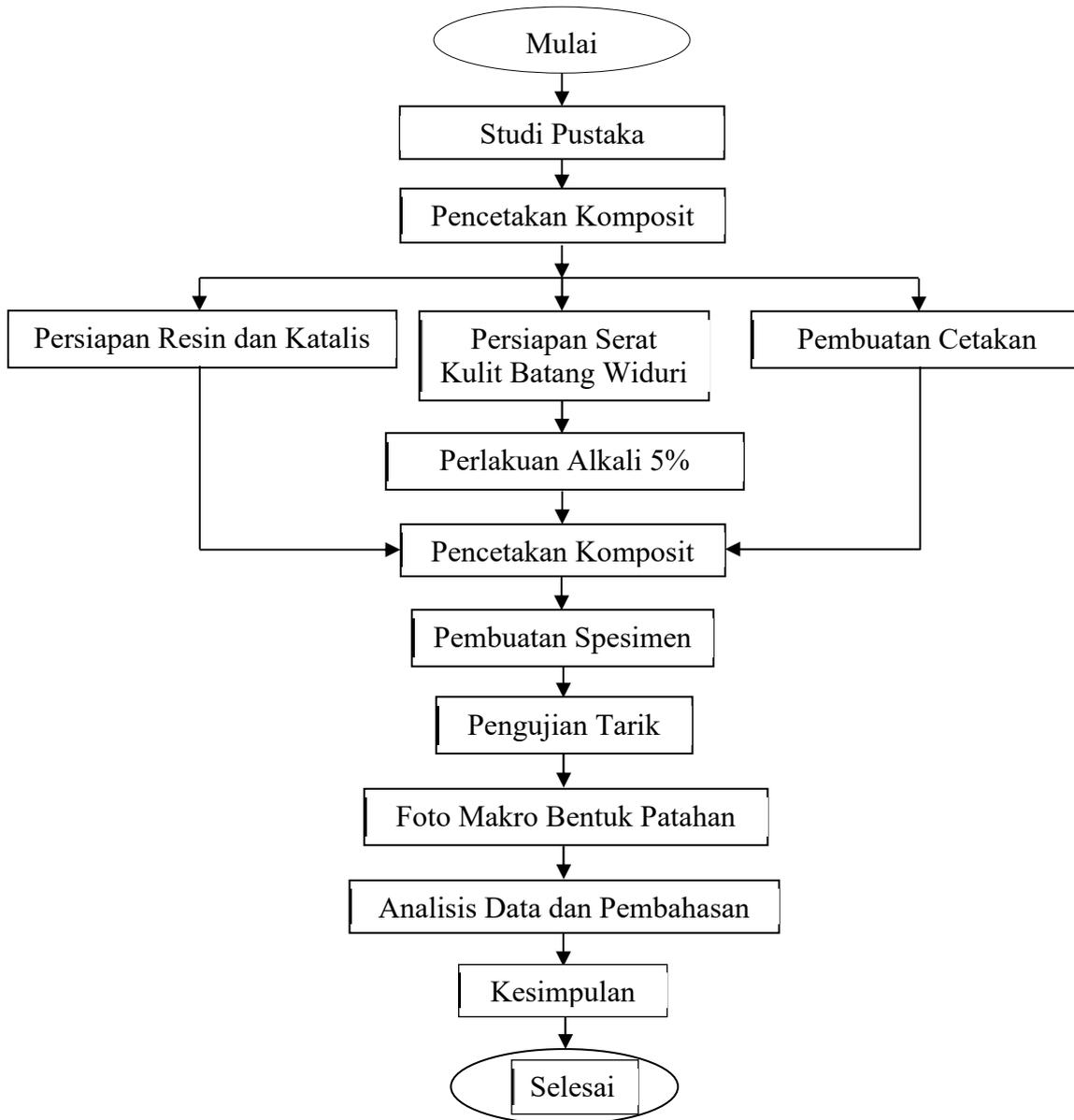
Prosedur penelitian ini meliputi : (1) Proses Pengambilan dan Perlakuan Serat Widuri; (2) Proses Pencetakan Komposit; (3) Prosedur Pembuatan Spesimen Uji.

Prosedur Pengujian Tarik

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Ukur penampang spesimen sebelum diuji.
2. Siapkan mesin uji tarik yang digunakan.
3. Masukkan dan *setting* spesimen uji.
4. Pasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan benar.
5. Jalankan mesin uji tarik dan catat pertambahan panjang dan pembebanan yang diberikan oleh mesin. Setelah putus, hentikan proses penarikan secepatnya.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Spesimen

Tahap 1.

Pada tahap awal, terlebih dahulu ambil kulit batang widuri yang sudah dikeringkan didalam suhu ruangan, kemudian kulit batang luarnya dikeluarkan menggunakan pisau dan ambil seratnya lalu direndam kedalam air yang sudah dicampur dengan NaOH.

Tahap 2.

Selanjutnya serat yang sudah di cuci dengan air bersih dan dikeringkan selama 1 hari dalam temperatur ruangan.

Tahap 3.

Selanjutnya serat yang sudah dikeringkan dipotong-potong menjadi 5 mm kemudian serat yang sudah dipotong siap dicetak.

Tahap 4.

Selanjutnya melakukan pengukuran matrik pada gelas ukur yang disediakan dan dan serat yang sudah dipotong-potong pada timbangan yang telah disediakan.

Tahap 5.

Kemudian pada tahapan pembuatan spesimen bahan-bahan yang sudah tersedia selanjutnya dilakukan proses pencetakan spesimen. Oleskan mirror pada permukaan cetakan hingga merata, selanjutnya tuangkan matrik pada permukaan cetakan hingga merata. Kemudian tempelkan serat pada permukaan cetakan sesuai dengan ukurannya dan dilanjutkan dengan menutup cetakannya dan menekan atau dipress cetakannya hingga betul betul rapat dan kemudian diamkan selama 24 jam sampai betul-betul mengering.

Tahap 6.

Pada tahap terakhir, spesimen yang sudah selesai dicetak terlebih dahulu diukur lalu dipotong sesuai dengan ukuran standard spesimen dengan menggunakan mesin potong atau *gerinda*.

Proses Pembuatan Fabrikasi Lubang.

Tahap 1.

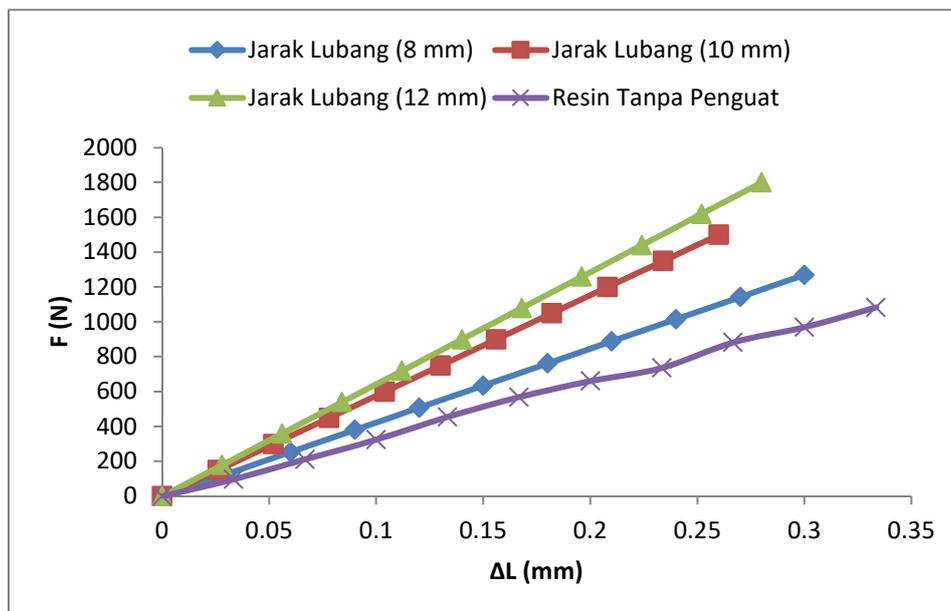
Pada tahap awal, persiapkan spesimen yang akan dilubangkan dan alat untuk melakukan pelubangan atau bor. Proses ini dimulai dengan melakukan pengukuran pada setiap spesimen sesuai dengan standard pengujian tarik.

Tahap 2

Setelah semua spesimen diberi pelubangan, kemudian spesimen disambungkan. Proses ini menggunakan metode *single lap*. Setelah itu, spesimen yang sudah disambung diberi baut dan mur dengan ukuran sesuai standard pengujian tarik.

Perbandingan Panjang Serat Terhadap Tipe Jarak Lubang .

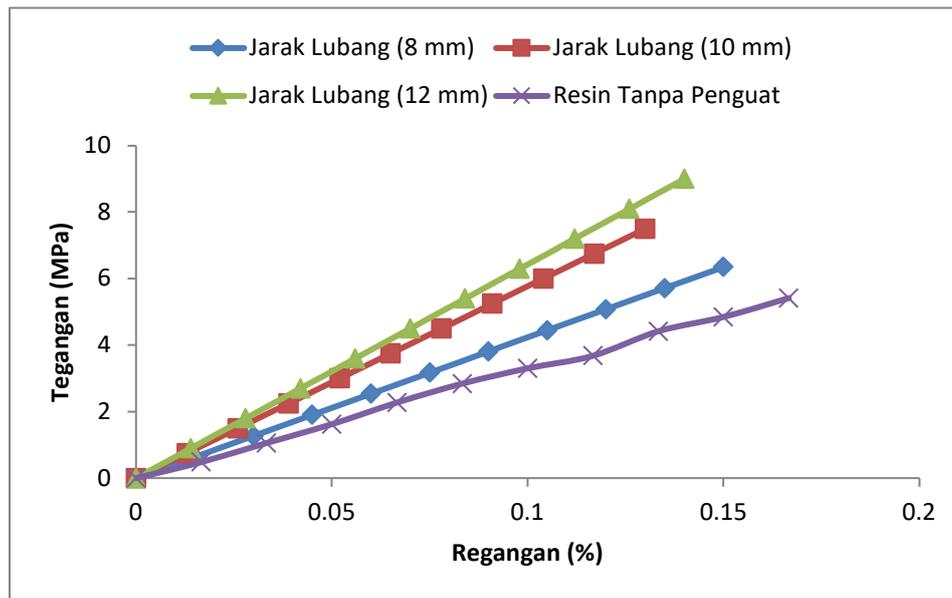
Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas didapatkan kekuatan beban dan pertambahan Panjang dari komposit material yang digunakan, ditampilkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.9 Grafik Beban Dan Pertambahan Panjang

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pertambahan panjang yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada spesimen. Dimana pertambahan panjang terbesar terjadi pada spesimen dengan tipe jarak lubang 12 mm mempunyai kekuatan beban tertinggi sebesar 1800 N dengan pertambahan panjang sebesar 0,28 mm dan untuk pertambahan panjang dengan kekuatan beban terendah terjadi pada spesimen dengan tipe jarak lubang 8 mm mempunyai kekuatan beban terendah sebesar 1270 N dengan pertambahan panjang sebesar 0,3 mm. Dari data pengujian tarik diatas kemudian dianalisis lebih lanjut agar dapat mengetahui pengaruh jarak lubang terhadap sambungan mekanik.

Pengaruh Tipe Jarak Lubang Terhadap Tegangan Dan Regangan Tarik.



Gambar 4.10 Perbandingan Tegangan Dan Regangan Spesimen Komposit

Grafik diatas menunjukkan perbandingan kekuatan tarik yang dimiliki dari setiap tipe jarak lubang yang digunakan pada komposit. Dapat dilihat bahwa komposit dengan tipe jarak lubang 12 mm mempunyai kekuatan tegangan tarik tertinggi sebesar 9,0 MPa dan nilai regangan tarik sebesar 0,14%, komposit dengan jarak lubang 10 mm memiliki kekuatan tegangan tarik maksimum sebesar 7,5 MPa dan nilai kekuatan regangan tarik sebesar 0,13%, komposit dengan tipe jarak lubang 8 mm memiliki kekuatan tegangan tarik maksimum sebesar 6,35 MPa an nilai regangan tarik sebesar 0,15%, sedangkan komposit dengan resin kosong memiliki kekuatan tegangan tarik sebesar 5,41 MPa dan nilai regangan tarik sebesar 0,16%. Jika dilihat dari persentasi nilai tegangan-regangan pada jarak lubang 8 mm, 10 mm, dan 12 mm, dimana semakin besar nilai tegangan maka nilai regangan semakin kecil begitupun semakin besar nilai regangan maka nilai tegangan semakin kecil.

Berdasarkan hasil kekuatan tarik spesimen komposit peningkatan kekuatan tarik dapat terjadi karena pengaruh jarak lubang komposit. Hal itu dapat dilihat dari jumlah beban yang diterima oleh spesimen dengan jarak lubang 12 mm memiliki daya tahan terhadap beban yang diberikan, sedangkan spesimen dengan jarak lubang 8 mm memiliki daya tahan yang lebih rendah dari spesimen dengan jarak lubang 12 mm. Akibat perbandingan tersebut kita dapat melihat bahwa kondisi spesimen dengan jarak lubang 12 mm lebih memiliki kekuatan yang optimal dari pada spesimen dengan jarak lubang 8 mm. Hal yang mempengaruhi salah satunya proses *fabrikasi*, lubang di sekitar ujung retak akan mengakibatkan interaksi tegangan yang melibatkan tegangan di ujung retak dan sisi lubang tersebut. Pada jarak yang terlalu dekat, pemusatan tegangan bercampur

antara ujung retak dan sisi lubang sehingga menyebabkan kekuatan tariknya rendah. Sedangkan apabila jarak lubang terlalu jauh, interaksi antara tegangan di ujung retak dan lubang berkurang sehingga adanya lubang tidak mempengaruhi kekuatan tarik maksimum spesimen (Heryanto B. Soemardi, dkk.,2013)

Hal kedua yang dapat mempengaruhi lemahnya kekuatan komposit serat kulit batang widuri dengan variasi jarak lubang 8 mm, 10 mm, dan 12 mm adalah proses perlakuan *alkali treatment*. Perendaman alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit serat, sehingga mampu meningkatkan ikatan *interface* antara serat dan matrik agar distribusi tegangan dari matrik ke serat menjadi lebih baik, karena menurut Maryanti, dkk, komposit yang diperkuat dengan serat tanpa alkalisasi, maka ikatan antara serat dan resin menjadi tidak sempurna karena terhalang lapisan yang menyerupai lilin dipermukaan serat (Maryanti Budha, dkk., 2011). Permukaan kulit jagung memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga proses perlakuan awal menggunakan alkali treatment membuat kadar lignin yang ada pada permukaan serat widuri tidak bersih secara merata. Kadar lignin yang tinggi mempengaruhi kekuatan ikatan antara serat dan matriks sehingga resin dan serat tidak terikat secara baik. Oleh karena itu kekuatan tarik yang dimiliki oleh komposit serat kulit batang widuri dengan jarak lubang 8 mm lebih rendah dari komposit dengan jarak lubang 12 mm.

Hasil perbandingan Modulus Elastisitas komposit dengan tipe jarak lubang 8 mm, 10 mm, dan 12 mm dapat dilihat pada gambar IV.11 berikut ini.



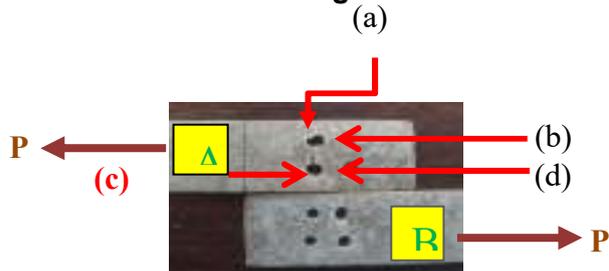
Gambar 4.11 Perbandingan Modulus Elastisitas Spesimen Komposit

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar modulus elastisitas maka spesimen komposit akan semakin kaku. Pada grafik

diatas menunjukkan bahwa modulus elastisitas tertinggi yang dimiliki oleh komposit dengan tipe jarak lubang 12 mm dengan modulus elastisitas rata-rata 8,505 GPa, sedangkan modulus elastisitas terendah dimiliki oleh komposit dengan tipe jarak lubang 8 mm sebesar 4,483 GPa.

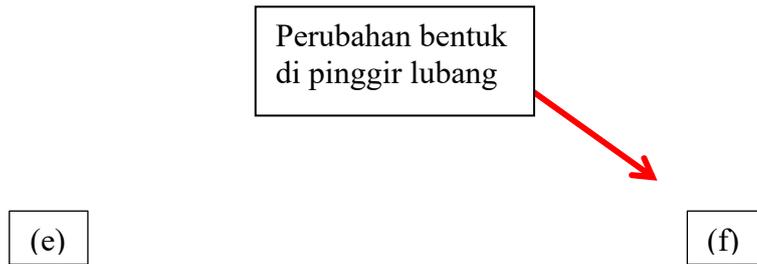
Hal ini disebabkan karena komposit dengan tipe jarak lubang 12 mm menghasilkan kekuatan tegangan yang besar dan regangan yang tergolong kecil dan tidak jauh berbeda dengan komposit tipe jarak lubang 8 mm dan jarak lubang 10 mm, sehingga menghasilkan modulus elastisitas yang lebih baik. Modulus elastisitas yang dimiliki komposit dengan tipe jarak lubang 10 mm lebih baik dibandingkan dengan komposit dengan tipe jarak lubang 8 mm. Hal ini dikarenakan regangan yang dimiliki oleh komposit tipe jarak lubang 10 mm lebih rendah dan tidak berbeda jauh dengan komposit tipe jarak lubang 8 mm. Hal tersebut dapat dibuktikan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bale dkk., (2017) dimana semakin kecil regangan maka akan menghasilkan kemampuan yang lebih rendah sehingga spesimen semakin kaku untuk mempertahankan beban yang diberikan sehingga elastisitas spesimen semakin besar. Sebaliknya semakin besar regangan maka spesimen semakin ulet sehingga elastisitas spesimen semakin kecil.

Hasil dan Pembahasan Pengamatan Daerah Lubang Baut



Gambar 1. Daerah lubang baut yang mengalami kerusakan akibat pembebanan tarik (P).





Gambar 4.12 Foto Makro Patahan Spesimen

Pengamatan pada gambar 1 yaitu daerah lubang baut yang mengalami kerusakan akibat pembebanan tarik. Spesimen dilepas dari sambungannya dan disusun sebelah menyebelah untuk memperjelas tampilan lubang bautnya. Gambar (a), (c) dan (e), menunjukkan daerah patahan yang terjadi akibat pembebanan tarik. Menurut ASTM D5961 jenis kerusakan sambungan ini adalah *net-tension failure*. Sedangkan jenis kerusakan pada gambar (b), (d) dan (f) merupakan jenis kerusakan *bearing failure*, yaitu timbulnya kelonggaran pada lubang baut sehingga terjadi perubahan bentuk secara permanen dari lingkaran menjadi elips.

Pada bagian pinggir permukaan lubang (gambar (a), (b), dan (c)), menunjukkan adanya fenomena tercabutnya serat dari matriksnya (*fiber pull-out*). Selain itu juga pada gambar (a) dan (c), dapat dilihat bahwa Sedangkan jenis patahannya merupakan patah getas dan tergolong dalam model patahan banyak.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan bentuk jarak lubang komposit serat kulit batang widuri berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Dimana nilai tegangan tarik tertinggi terdapat pada tipe jarak lubang 12 mm sebesar 9 MPa, sedangkan nilai tegangan terendah terdapat pada tipe jarak lubang 8 mm sebesar 6.35 MPa, sedangkan nilai untuk regangan tertinggi adalah tipe jarak lubang 8 mm sebesar 0.15 % dan nilai regangan terendah terdapat pada tipe jarak lubang 10 mm sebesar 0.13 %. Selanjutnya untuk nilai modulus elastisitas tipe jarak lubang 12 mm memiliki memiliki nilai modulus elatisitas tertinggi sebesar 8.505 Gpa, sedangkan modulus elastisitas terendah adalah tipe jarak lubang 8 mm sebesar 4.483 Gpa.
2. Sifat getas dari material komposit serat kulit batang widuri sangat berpengaruh oleh arah serat yang acak dan matriks sebagai pengikat. Adanya lubang pada material komposit serat widuri dapat meningkatkan konsentrasi tegangan dan mengakibatkan terjadinya penurunan

tegangan yang berpengaruh selama pengujian tarik dimana kerusakan awal dimulai dari tepi lubang dan menyebar disepanjang luas daerah yang mana konsentrasi tegangan terjadi. Awal kerusakan terjadi dalam bentuk retakan pada sekitar lubang. Tingkat akhir dari penyebaran kerusakan spesimen saat mencapai pada titik kritis, maka area kerusakan yang akan sampai pada sisi dalam dari spesimen yang mengalami kegagalan, sehingga terjadi kerusakan secara menyeluruh seperti ditunjukkan pada kondisi spesimen yang mengalami kerusakan atau putus akibat pembebanan. Hal ini terjadi akibat ikatan antar muka pada matrik dan serat widuri kurang maksimal sehingga mengakibatkan serat tercabut ketika komposit diberi beban tarik.

Saran

Adapun beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Pada proses pencetakan harus lebih teliti lagi dalam melakukan penimbangan serat dan resin harus sesuai dengan fraksi volume serat dan resin karena sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit.
2. Dalam proses penuangan resin dan penyusunan serat dalam cetakan harus merata dan cepat agar serat benar-benar padat dan resin tidak cepat kering ketika proses pencetakan.
3. Pada saat proses pelubangan harus diperhatikan jarak lubangnya agar konstruksi jaraknya betul-betul efisiensi.
4. Pada beberapa jenis sambungan harus diperhatikan tebal spesimen dalam proses penyambungan agar konstruksi sambungan betul-betul efisiensi.
5. Pada proses keling harus diperhatikan besar lubang dan besar keling yang digunakan agar pada saat penekanan tidak terjadi keretakan daerah sekitar lubang.
6. Kekurangan-kekurangan dalam penelitian ini bisa diperbaiki jika dilakukan penelitian lebih lanjut tentang komposit serat kulit batang widuri.

DAFTAR PUSTAKA

- Bale dkk, 2017. *Bending Strenght Analysis on Composite Reinforced with Discontinuous Dewalg Leaf (Coryphe Utan Lam)*. Prosiding SNTTM XVI, Oktober 2017, hal 46-50.
- Heryanto B. Soemardi, dkk, 2018. "Pengaruh Penambahan *Stophole* Pada Bahan Komposit Epoxy Serat Kaca". Jurnal Teknik Mesin, Tahun 13, No 2, Mei 2018.
- Maryanti, Budha; Soenif A. As'ad; dan Wahyudi, Slamet. 2011. "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-*Polyester* Terhadap Kekuatan Tarik". Vol. 2, No. 2, pp. 123-129