

PENGARUH ORIENTASI SUDUT LILITAN BENANG KATUN TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PIPA KOMPOSIT *FILAMENT WINDING*

Ardian Dwi Saputra¹, M. Fahrur Rozy H², Agus Triono², Imam Sholahuddin²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Email: ardian_dwisaputra@ymail.com

ABSTRACT

Cotton fibers currently use in many industries textiles, easy gotten in the market, and a cheap price. Using of fiber would be able to solve the environment problems, reduce the metal using, particularly in the oil and gas industries. In this study, composite pipes are made by cotton fibers as reinforcement, particles of montmorillonite as filler, and unsaturated polyester as matrix. From that consideration this study was conducted to obtain that analysis of tensile strength composite cotton fibers. With the pattern of variation woven fiber direction angle towards the corner fibers 450, 550, 650, 750, and 850. From the test results the highest tensile strength values is obtained by a composite pipe with fiber direction angle of 850. The test results showed that the tensile strength of the cotton fiber reinforced composite pipe with direction of 450 angle fiber is 3.76 MPa, for direction of 550 angle fiber tensile strength is 1.28 MPa, for direction of 650 angle fiber tensile strength is 10.691 Mpa, for direction of 750 angle fiber tensile strength is 14.465 Mpa, and for direction of 850 angle fiber tensile strength 28.617 MPa.

Keywords: Cotton fiber, unsaturated polyester, filament winding method, montmorillonite, Tensile Strength

PENDAHULUAN

Persaingan pasar global menuntut dunia industri untuk lebih efisien dalam menghasilkan produk. Efisiensi bisa diperoleh dari berbagai sumber, misalnya: bahan baku, metode produksi, tenaga kerja dan lain – lain. Sedangkan dari biaya produksi yang didalamnya terdapat upah tenaga kerja, selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya seperti yang tertuang dalam upah minimum dari pemerintah. Dewasa ini dunia industri khususnya infrastruktur, tidak bisa lepas dari material komposit, baik sebagai struktur utama maupun sebagai pendukung [1].

Komposit merupakan salah satu jenis bahan yang dibuat dengan penggabungan dua atau lebih macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula [2]. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus *Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Komposit banyak digunakan sebagai bahan pengganti logam. Misalnya, pembuatan tangki, pipa – pipa kimia, dan tabung gas. Komposit mudah dibentuk, proses pembuatannya simpel, dan tidak mahal. Akhir – akhir ini komposit dikembangkan di dunia otomotif (transportasi) dan bahan bangunan. Salah satu bahan penyusun antara lain resin, serat, dan partikel keramik. Dalam metode

pembuatan komposit, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *filament winding*.

Filament winding yaitu proses dimana *fiber* tipe *roving* atau *single stand* di lewatkan wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling *mandrel* yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini di lakukan berulang, sehingga dengan cara ini di dapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Proses *filament winding* ini terutama digunakan untuk komponen belah berlubang, umumnya bulat atau oval [1].

Menurut Ban Baker dkk, komposit yang berpenguat serat *fiber glass* dengan *orientation* 0⁰, 45⁰, 90⁰ kekutan tarik semakin meningkat. Yakni pada sudut 0⁰ sebesar 40.39 MPa, sudut 45⁰ sebesar 77.64 MPa dan pada sudut 90⁰ sebesar 100.55 MPa. Sedangkan menurut Goncalves dkk, komposit yang berpenguat serat wol dengan matrik polyester 272 THV didapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 22,047 MPa tanpa perlakuan panas pada serat wol dan 29,350 MPa pada benang wol yang diberi perlakuan panas dengan peningkatan kekuatan 27% [3][4].

Ibrahim Tri S di tahun 2016 melakukan penelitian mengenai fabrikasi dan pengujian tarik pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel *montmorillonite* (MMT) menggunakan metode *filament winding*. Pada

penelitian tersebut didapatkan bahwa partikel MMT bekerja dengan baik pada ukuran mesh 120 dan mesh 150, pada ukuran partikel MMT inilah, ikatan antara penguat dan pengikat melebihi dari kekuatan komposit tanpa aditif MMT [5].

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini akan membahas lebih jauh mengenai pengaruh variasi orientasi serat pada pipa komposit yang dibuat dengan metode *filament winding* dengan aditif partikel MMT terhadap kekuatan tarik material.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama empat bulan yaitu bulan Juni sampai dengan September tahun 2016.

B. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik

Mesin uji tarik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *universal machine testing* merk ESSOM TM 113 dengan kapasitas 30 kN di laboratorium Uji Bahan teknik Mesin Universitas Jember

2. Mesin *filament winding*

Mesin *filament winding* yang digunakan merupakan

3. Partikel MMT ukuran mesh 150

Partikel yang dipilih adalah partikel MMT dengan ukuran mesh 150 mengikuti penelitian yang dilakukan Statistianto [5]

4. Resin eterset 2504 APT dan Katalis

Berfungsi sebagai matriks pada pipa komposit

5. Benang Katun

Berfungsi sebagai reinforcement pada pipa komposit

6. Kamera DSLR merek Nikon

Perangkat tambahan untuk uji tarik

C. Prosedur Penelitian

Pada tahap ini merupakan prosedur awal sampai akhir yang dilakukan dalam penelitian. Tahap ini terdiri dari :

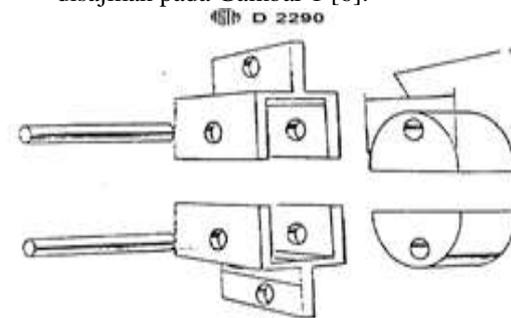
a. Langkah - langkah Pembuatan Sampel :

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menghancurkan partikel dan ayak dengan mesin ayak *stain less* dengan ukuran mesh 150.
3. Meletakkan benang di mesin *filament winding*.
4. Menuangkan resin yang sudah tercampur katalis ke bak resin yang ada di mesin *filament winding*

5. Meletakkan partikel yang sudah di ayak ke bak partikel yang ada di mesin *filament winding*.
6. Menghidupkan mesin *filament winding*, mengatur kecepatan sesuai dengan yang diinginkan dan menentukan jarak benang dengan variasi sudut.
7. Setelah pipa terbentuk kemudian memutus benang dari material, dan mematikan mesin yang menggerakkan bak resin dan partikel.
8. Membiarkan mesin yang menggerakkan mandrel tetap hidup sampai material kering.
9. Setelah kering melepaskan material yang sudah terbentuk dari cetakan.

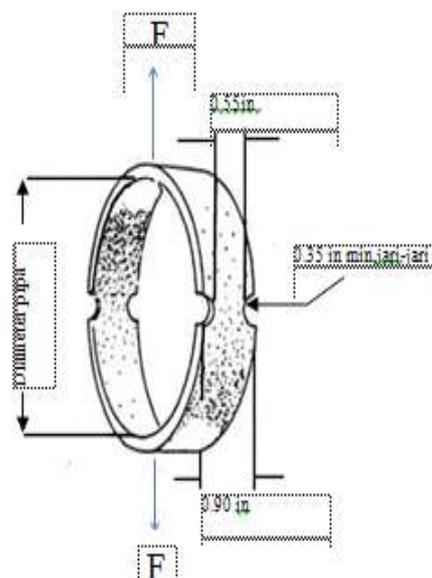
b. Langkah - langkah pengujian sampel

1. Memotong material sesuai dengan standar pengujian tarik ASTM D 2290 seperti disajikan pada Gambar 1 [6].



Gambar 1 Alat Bantu Pengujian tarik pipa komposit ASTM D2290 [6]

Bentuk dan dimensi spesimen menurut Standar ASTM D 2290 disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Bentuk Spesimen Uji Tarik [6]

Perhitungan kuat tarik menurut Standar ASTM D 2290 menggunakan rumus :

$$\sigma_a = p_b / 2A_m \text{ [6]}$$

Dimana :

σ_a = Tegangan Tarik Maksimum (Mpa)

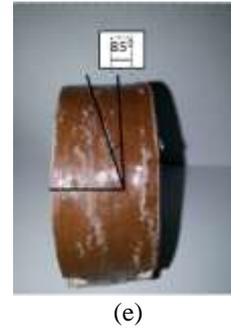
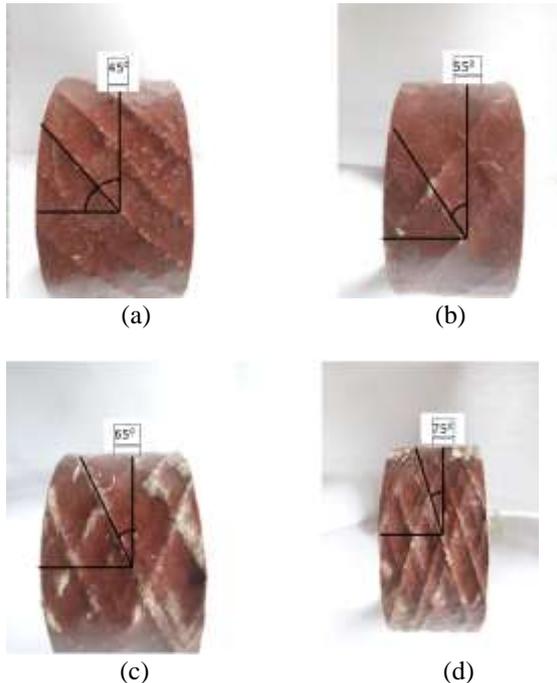
P_b = Beban Maksimu (N)

A_m = Luas Area Minimum (In^2)

2. Memasang material yang sudah di potong di alat penjepit untuk uji tarik.
3. Melakukan pengujian tarik dengan mesin uji tarik.
4. Mencatat hasil yang diperoleh oleh mesin uji tarik.

HASIL

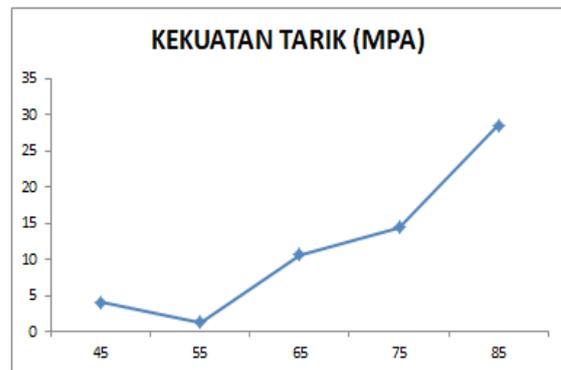
Komposit yang digunakan adalah komposit yang berpenguat serat benang katun dengan tambahan partikel MMT, tersusun atas resin *polyester eteraset* 2504 APT sebagai matrik, sedangkan benang katun dan MMT mesh 150 sebagai penguat. Sebelum dilakukan pegujian, pipa komposit di potong dengan arah vertikal. Kemudian pipa komposit dipotong menurut ASTM D 2290 seperti disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Foto makro orientasi sudut pada pipa komposit (a) sudut 45° , (b) 55° , (c) 65° , (d) 75° , (e) 85°

1. Data Kekuatan Tarik

Data hasil pengujian tarik diperoleh dari pengujian tarik dengan menggunakan *universal machine testing merk ESSOM TM 113* kapasitas 30 kN di laboratorium Uji Bahan teknik mesin Universitas Jember, sampel uji yang digunakan dengan menggunakan variasi sudut 45° , 55° , 65° , 75° , dan 85° dan diperoleh nilai rata – rata dengan kekuatan tarik seperti disajikan pada Gambar 4.

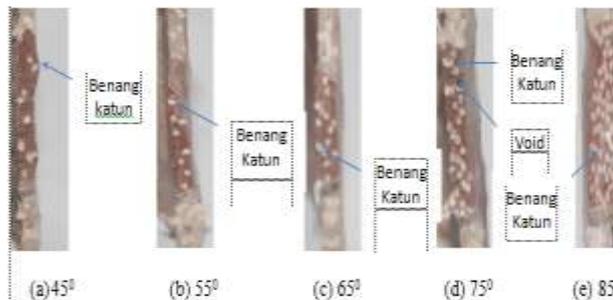


Gambar 4. Grafik kekuatan tarik terhadap orientasi sudut

Berdasarkan grafik diatas terjadi penurunan kekuatan tarik pada sudut 55° dengan kekuatan tarik 1.28 MPa. Namun setelah itu berangsur naik sampai level tertinggi di sudut 85° dengan kekuatan tarik 28.61731 MPa. Karena orientasi serat dapat mengubah kekakuan dan kekuatan komposit. Serat penguat dapat dimasukkan kedalam matriks di sejumlah orientasi. Serat berorientasi secara acak memiliki rasio aspek mudah dimasukkan ke matriks dan memberikan perilaku yang relatif isotropik dalam komposit. Pengaturan searah panjang atau atau bahkan terus menerus dari serat menghasilkan sifat anisotropik, dengan kekuatan yang sangat baik dan kekakuan sejajar dengan serat. Serat ini biasa ditunjuk sebagai 0° , yang menunjukkan bahwa semua serat sejajar dengan arah tegangan menghasilkan kekuatan tinggi.

2. Analisa Foto Makro

Setelah dilakukan pengujian tarik dapat terlihat jelas patahan pipa komposit sudut 45° , 55° , 65° , 75° , dan 85° . Patahan tiap sudut rata-rata sama yakni *fiber break*. Pada foto makro juga terlihat perbedaan benang katun yang sebagai penguat (*reinforced*). Pada sudut 85° penguat benang katun terisi lebih banyak dari pada sudut 45° , 55° , 65° , dan 75° . Hal ini yang mengakibatkan kekuatan tertinggi dimiliki oleh pipa komposit bersudut orientasi 85° . Dapat dilihat pada Gambar 5.



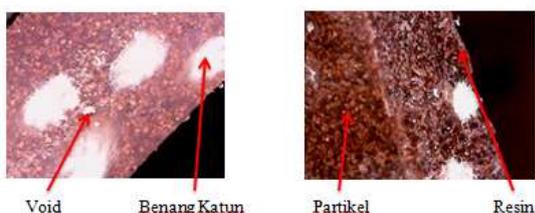
Gambar 5. Foto makro benang katun sebagai penguat pada pipa komposit

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa benang katun yang sebagai penguat pada pipa komposit terlihat jelas perbedaannya. Benang katun terlihat semakin meningkat pada tiap kenaikan sudutnya. Hal ini yang mengakibatkan kekuatan pada pipa komposit berpenguat benang katun semakin kuat pada variasi sudut 85° . Untuk arah sudut pada tiap – tiap pipa komposit dapat dilihat pada Gambar 5

Pada Gambar 3 memperlihatkan bagaimana perbedaan pipa komposit dengan sudut 45° , 55° , 65° , 75° , dan 85° . Perbedaan arah orientasi benang sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik [7]. Semakin tinggi derajat orientasi sebuah *reinforce* semakin tinggi pula kekuatan tarik yang dihasilkan. Hal tersebut akan di jelaskan lebih detail pada kondisi foto mikro yang memperlihatkan secara jelas ikatan benang katun yang sebagai penguat di tiap sudutnya.

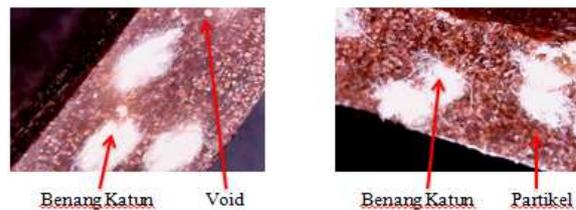
3. Analisa Foto Mikro

Pada orientasi 45° terlihat sedikit ada jarak pada benang katun seperti terlihat pada gambar 6.



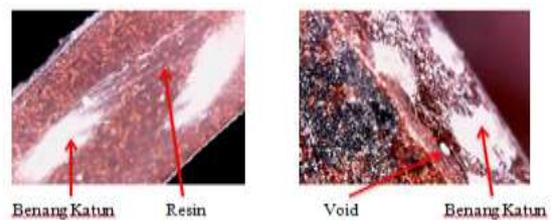
Gambar 6. Foto Mikro Orientasi Benang 45°

Hal ini bisa terjadi karena pemotongan yang dilakuakn secara vertikal. Benang katun pun terlihat sedikit dan berpengaruh juga terhadap kekuatan material. Karena, fungsi benang katun yang sebagai *reinforced* tidak maksimal. Partikel MMT yang sebagai pengisipun terlihat jelas yang berwarna coklat dan resin berwarna coklat gelap. Partikel MMT berdampak pada kekuatan komposit. Pada gambar di ataspun terlihat *void*, dimana *void* memberikan dampak negatif pada kekuatan material. Karena kandungan udara yang terjebak membentuk cekungan pada permukaan ataupun di dalam. Sehingga berdampak pada kekuatan uji tarik.



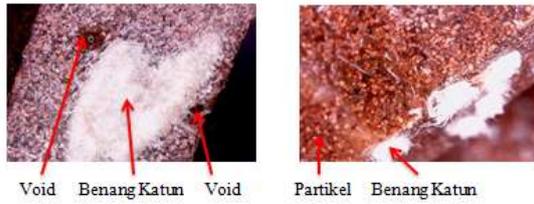
Gambar 7. Foto Mikro Orientasi Benang 55°

Pada foto mikro sudut orientasi benang 55° seperti terlihat pada gambar 7, benang katun yang sebagai *reinforced* seperti pada orientasi sudut 45° sedikit dan acak. Kondisi seperti ini juga berdampak pada kekuatan tarik. Begitu pula void juga terlihat pada orientasi sudut ini. dimana *void* memberikan dampak negatif pada kekuatan material. Karena kandungan udara yang terjebak membentuk cekungan pada permukaan ataupun di dalam. Sehingga berdampak pada kekuatan uji tarik.



Gambar 8. Foto Mikro Orientasi Benang 65°

Pada foto mikro sudut orientasi benang 65° seperti terlihat pada gambar 8, terlihat benang katun terlihat agak memanjang pada pemotongan arah vertikal. Kondisi seperti ini juga berdampak pada kekuatan tarik. Pada orientasi ini kekuatan meningkat. Karena benang katun yang sebagai *reinforced* hampir bekerja maksimal dapat dilihat dari foto makro pada gambar 6 diatas, dapat terlihat juga pada foto mikro gambar di atas. Gambar foto diatas juga terlihat *void*. Yang mana, berdampak negatif atau buruk terhadap kekuatan tarik.

Gambar 9. Foto Mikro Orientasi Benang 75⁰

Pada foto mikro yang disajikan pada Gambar 9, benang katun memanjang dan tebal. Dimana pada sudut orientasi benang ini benang katun tersusun dengan rapat. Sehingga terlihat memanjang dan tebal dipotong arah vertikal. Hal ini berdampak pula terhadap kekuatan tarik. Sehingga pada sudut orientasi benang 75⁰ kekuatan pipa komposit naik. Namun, karena *void* tidak bisa dihindari (dapat terlihat jelas pada foto mikro diatas) kekuatan tarik menjadi turun.

Gambar 10. Foto Mikro Orientasi Benang 85⁰

Pada foto mikro gambar 10 terlihat jelas benang katun semakin rapat dan memanjang (pada potongan vertikal), dan pada foto patahan terlihat benang katun yang hampir memenuhi pipa komposit spesimen. Benang katun yang sebagai *reinforced* terlihat rapat sehingga membuat kekuatan tarik bertambah pada sudut orientasi benang 85⁰. Pada foto mikro diatas (keseluruhan) dapat terlihat jelas *void* (gelembung udara) yang ada pada pipa komposit. Hal ini dapat terjadi karena, ketika pembuatan pipa komposit terdapat udara yang terperangkap. Sehingga, berpengaruh terhadap kekuatan material. Terbentuknya *void* ketika proses *curing* (pengeringan) resin dimana udara terjebak ketika proses *curing*. Kejadian ini membentuk cekungan – cekungan kecil (rongga – rongga) pada sisi luar maupun sisi dalam pipa komposit. Selain *void*, partikel MMT juga berpengaruh besar terhadap kekuatan. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar pula pengaruhnya terhadap kekuatan tarik pada sebuah material. Partikel MMT yang semakin kecil, pada Mesh 150 berpengaruh besar terhadap kekuatan material pipa komposit. Hal ini bisa terjadi karena ikatan antar partikel semakin kuat. Kebalikan dari partikel yang besar. Partikel yang besar menurunkan kekuatan tarik karena ikatan antar partikel tidak terjalin sempurna atau tidak rapat.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik, kekuatan komposit menunjukkan terjadinya kenaikan tiap orientasinya. Hal ini bisa terjadi karena, molekul - molekul serat tersusun sejajar, dan lebih banyak terjadi ikatan antar molekul karena susunan molekul serat menjadi lebih rapat. Namun, pada sudut orientasi 55⁰ terjadi penurunan dengan kekuatan sebesar 1.28 MPa. Namun, dengan penambahan orientasi serat yang semakin merapat dengan rentan 65⁰, 75⁰, 85⁰ benang katun yang sebagai penguat mampu menahan gaya tarik dari sumbu Y pada pipa komposit. Sebagai mana yang diketahui bahwa untuk serat yang semakin mendekati arah sumbu Y pada penampang yang membujur horizontal kekuatan tarik yang dihasilkan semakin besar atau semakin kuat. Sebaliknya jika serat yang mendekati sumbu X kekuatan tarik yang dihasilkan semakin rendah. Partikel MMT juga berpengaruh besar terhadap kekuatan tarik pada material (pipa komposit). Karena, semakin kecil partikel memberikan kekuatan tarik yang bertambah. Seperti sudah dijelaskan pada penelitian sebelumnya. Namun, untuk menjadikan material yang kuat tidak bisa menghilangkan yang namanya *void*. *Void* tidak bisa dihindari karena udara yang bebas diluar ketika proses pembuatan komposit berlangsung. Pengaruh *void* terhadap kekuatan material sangatlah besar. Hal ini bisa mengakibatkan menurunnya kekuatan sebuah material. Pada penelitian ini kekuatan terbesar dihasilkan pada sudut orientasi 85 derajat yakni 28.617 MPa. Sedangkan kekuatan terendah pada orientasi sudut 55 derajat yakni 1.28 MPa.

Berdasarkan hipotesis penulis tentang pengaruh variasi orientasi serat terhadap kekuatan uji tarik dapat di jelaskan. Yakni, semakin tinggi orientasi serat pada pipa komposit dengan metode pembuatan yang sama, kekuatan yang di hasilkan tinggi. Sehingga dapat dikatakan semakin tinggi drajat orientasi benang berbanding lurus terhadap kekuatan uji tarik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar yang diperoleh yaitu 28.617 MPa lebih kecil dari pada penelitian sebelumnya sebesar 210.89 MPa dikarenakan orientasi benang yang semakin tinggi yakni 90⁰ dan penguat yang berbeda. Berdasarkan gambar 5 bentuk patahan yang terjadi pada setiap orientasi serat sama yakni, patah serat atau *fiber break*.

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada sudut orientasi benang yang semakin besar atau tinggi, kekuatan tarik bertambah. Karena, pada sudut orientasi yang semakin besar ikatan antar benang katun yang sebagai *reinforced* baik. Semakin besar

orientasi benang katun (hampir sejajar dengan arah tegangan) kekuatan terhadap uji tarik besar pula. Pada penelitian ini, orientasi sudut 85^0 kekuatan tarik terbesar dengan besar 28.617 MPa.

2. Kondisi morfologi pipa komposit setelah dilakukan pengujian tarik, menunjukkan bahwa faktor utama kegagalan yaitu adanya rongga atau cekungan pada komposit akibat terbentuknya *void*. *Void* sendiri adalah udara yang terperangkap pada proses berlangsungnya pengeringan komposit. Terlihat juga perbedaan benang katun yang sebagai *reinforced* (penguat). Semakin tinggi derajat orientasi benang katun, semakin rapat pula ikatan benang katun yang sebagai *reinforced*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardoyo, K. 2008. Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel Sio₂ Dengan Matriks Resin Polyester. Magister, Universitas Indonesia.
- [2] Purwanto, D. A & Johar, L. 2012 Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Bahan Alternatif Bahan baku industri, ITS Surabaya.
- [3] Goncalves, S., Vieira, P. & Esteves, J. L. 2004 Mechanical Characterisation Of Wool Fibres For Reinforcing Of Composite Materials.
- [4] Ban, B & Haithem, H., 2013 Effect of Fiber Orientation for Fiber Glass Reinforced Composite Material on Mechanical Properties Internasional Journal
- [5] Statistiano, I, T. 2016. Fabrikasi dan Pengujian Tarik Pipa komposit Berpenguat Serat Wol dengan Aditif Partikel Montmorillonit. Universitas Jember
- [6] ASTM D 2290. 2000. Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe by Split
- [7] Bagherpour, S. 2012 Fibre Reinforced Polyester Composites. Iran