

NASKAH PUBLIKASI

PENGARUH PROSENTASE BAHAN KIMIA 4%, 5%, 6%, 7% *NaOH* TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT SERAT BULU KAMBING DENGAN Matrik *POLYESTER*



Disusun Sebagai Syarat Menyelesaikan Program Studi
Strata Satu Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

SIDIQ WAHONO

NIM : D 200 090 108

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

JULI 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "PENGARUH PROSENTASE BAHAN KIMIA 4%, 5%, 6%, 7% NaOH TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT SERAT BULU KAMBING DENGAN Matrik POLYESTER", telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : SIDIQ WAHONO

NIM : D 200 090 108

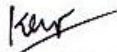
Disahkan pada

Hari : Senin

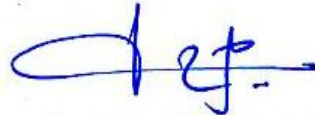
Tanggal : 13 Juli 2015

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Masyrukan, ST., MT



Supriyono, ST., MT., Ph.D

Ketua Jurusan,



Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D.

PENGARUH PROSENTASE BAHAN KIMIA 4%, 5%, 6%, 7% NaOH TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT SERAT BULU KAMBING DENGAN Matrik POLYESTER

Sidiq Wahono, Masyrukan, Supriyono

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

email : wahonosidiq@gmail.com

ABSTRAKSI

Komposit alam sekarang ini sedang dikembangkan guna menggeser keberadaan komposit sintetis yang cenderung berharga mahal dan tidak ramah lingkungan. Salah satu potensi alam yang belum banyak dipergunakan sebagai penguat komposit adalah limbah potongan bulu kambing jawa yang diperoleh dari rumah penyamakan kulit kambing. Akan tetapi sebelum dapat dipergunakan sebagai penguat pada bahan komposit harus diketahui sifat fisis dan mekanis bahan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendiskripsikan kekuatan tarik komposit polyester serat bulu kambing akibat pengaruh prosentase bahan kimia NaOH dan mendiskripsikan foto makro setelah pengujian tarik akibat pengaruh prosentase NaOH.

Proses awal perendaman serat menggunakan larutan bahan kimia NaOH dengan masing-masing prosentase 4%, 5%, 6% dan 7% selama 60 menit. Selanjutnya dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari sampai kering. Kemudian serat dipotong-potong dengan panjang 10 mm. Pembuatan komposit menggunakan metode hand lay-up dengan prosentase fraksi volume serat 30 % dan pengujian tarik komposit dilakukan dengan standart ASTM D 638-02 dan foto makro hasil patahan dari komposit polyester serat bulu kambing.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh prosentase larutan bahan kimia NaOH yang digunakan pada perendaman serat bulu kambing mempengaruhi sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Komposit yang diperkuat serat bulu kambing dengan pengaruh prosentase 5% NaOH selama 60 menit memiliki harga kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 19.254 MPa. Hal ini terbukti dari hasil foto makro struktur patahan komposit yaitu penampang patahan yang merata dan tidak terlalu menunjukkan adanya fiber pull-out.

Kata kunci : NaOH, serat bulu kambing, polyester, kekuatan tarik, foto makro

A. PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Potensi produksi kambing di Pulau Jawa cukup tinggi, hampir 60% populasi kambing yang berkembang di Indonesia terdapat di Pulau Jawa. Berdasarkan Ditjen Bina Produksi Peternakan tahun 2000, dari 15.209.720 ekor kambing di seluruh di Indonesia sekitar 8.783.890 ekor kambing berada di pulau jawa. Populasi kambing di Indonesia sekitar 8.783.890 ekor kambing berada di pulau jawa. Populasi kambing di Indonesia rata-rata meningkat 2,2 – 4,3% per tahunnya. Mulyono dan

Berdasarkan Direktorat Jendral Bina Produksi Peternakan tahun 2004, populasi kambing di Jawa Tengah 2.985.845 ekor, Jawa Barat 1.304.433 ekor, D.I Yogyakarta 243.417 ekor, Jawa Timur 2.357.900 ekor dan di Bali 62.014 ekor. Dalam sepuluh tahun kedepan diperkirakan populasi ternak ini menjadi 30-35 juta ekor. Sebagian besar usaha peternakan kambing ditujukan untuk memenuhi permintaan produksi daging.

Selain memanfaatkan daging, bulu kambing dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi. Bulu kambing tersusun atas serat – serat keratin, yaitu sejenis protein yang membentuk bulu, cakar, dan kuku. Heny Dwy, 2012. Saat ini, bulu kambing digunakan oleh sebagian masyarakat kecil, misalnya dibuat karpet atau sajadah, sebagai benang pancing, serta biasanya bersama kulit dibuat frame kaligrafi dan samak bulu. Bulu kambing juga dipintal dijadikan bahan baku tekstil seperti wool. Ernawati et al, 2008. Serat bulu kambing biasanya dicampur dengan wol untuk mendapatkan efek khusus misalnya untuk menambah keindahan, kadang juga dipakai untuk keperluan khusus seperti untuk sikat.

Dewasa ini pengembangan teknologi komposit mengarah ke komposit serat alam (Natural Fibrous Composite) dikarenakan sifatnya yang renewable (terbarukan) sebagai pengganti serat buatan. Harganya relative murah, ramah lingkungan, yang dapat memenuhi kebutuhan industri. Untuk meningkatkan kualitas serat telah dilakukan para peneliti yaitu menggunakan bahan kimia. Ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat yang berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam alkali basa. Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka.

Sedangkan resin sebagai matrix yang digunakan dalam penelitian ini adalah unsaturated polyester matrix Yukalac 157® BQTN-EX yang merupakan salah satu resin termoset yang mudah

diperoleh dan digunakan oleh masyarakat umum dan industri skala besar dan kecil. Selain itu resin ini harganya murah, mempunyai kemampuan berikatan dengan serat alam dengan baik, mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat dibuat kaku dan fleksibel. (Saputra. I. R, 2012).

Melihat penjelasan diatas, maka dilakukan penelitian untuk membuat suatu bahan alternatif yaitu komposit berpenguat serat alam (Natural Fibrous Composite). Material komposit dapat menggabungkan sifat-sifat unggul dari material penyusunnya untuk menghasilkan suatu material baru dengan sifat yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang kemampuan mekanis berupa kekuatan tarik serta mengetahui dan membandingkan kualitas uji foto makro hasil perlakuan perendaman serat bulu kambing dengan variasi prosentase *NaOH*.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mendiskripsikan kekuatan tarik komposit polyester serat bulu kambing akibat pengaruh prosentase bahan kimia *NaOH*.
2. Mendiskripsikan foto makro patahan spesimen komposit polyester serat bulu kambing akibat pengaruh prosentase bahan kimia *NaOH*.

B. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1. TINJAUAN PUSTAKA

Soekrisno, 1995, Manfaat Rambut Manusia sebagai Penguat Bahan Komposit. Menjelaskan bahwa rambut manusia sulit dihancurkan meskipun tertimbun didalam tanah dalam waktu yang sangat lama. Hal ini memberikan fakta, betapa kuatnya rambut terhadap asam, larutan korosif dan kelembaban. Maka dari itu limbah potongan rambut manusia memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan dibidang rekayasa, khususnya sebagai penguat bahan komposit. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kekuatan bending komposit rambut-polyester dengan penambahan 6% serat rambut menunjukkan harga kekuatan bending yang optimal dan lebih unggul dari pada komposit e-glass polyester. Akan tetapi pada kekuatan tarik menunjukkan harga maksimal dengan penambahan 12 % serat rambut.

Robbins, C.R. , 1994, Chemical and physical behavior of human hair. Menjelaskan bahwa Serat rambut dapat memiliki sifat mekanik yang baik karena struktur penyusunan rambut terdiri dari karatin yang membentuk rantai panjang dan teratur menyebabkan rambut bersifat kuat dan fleksibel.

Maria Valeria dkk, 2009, hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties, Brazilian Journal

of Pharmaceutial Sciences. Menjelaskan bahwa beban tarik rambut secara umum adalah (50-100) gram. Sedangkan elastisitas rambut adalah (20-30) % dari panjangnya (untuk rambut kering). Sedangkan untuk rambut basah dapat mencapai 50 % dari panjangnya.

Ronal F. Gibson, (1994), Principle of composite material mechanics. Menjelaskan bahwa Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan 2 cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia serat atau dengan penambahan coupling agent. Akan tetapi perlakuan kimia serat yang sering dilakukan adalah perlakuan alkali seperti *NaOH*, karena lebih ekonomis.

Diharjo K, 2006, Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1, Petra Christian University, Jakarta. Menjelaskan bahwa serat rami yang akan dipergunakan sebagai penguat pada komposit serat rami-polyester terlebih dahulu dilakukan perlakuan kimia, perlakuan alkali yaitu dengan direndam dalam larutan (5% *NaOH*) selama 0, 2, 4, 6 jam. Selanjutnya, serat tersebut dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan secara merata.

2. LANDASAN TEORI

1. Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang terpisah yang dikombinasikan dalam satuan struktur makroskopis dan dibuat dari variasi kombinasi dari tiga material yaitu logam, polymer, dan keramik. Secara sederhana dapat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertisnya dan perbedaannya itu dilihat secara makroskopis. Serat merupakan bahan penguat (reinforcement) yang tersebar di dalam matrik dengan orientasi tertentu. Fungsi utama matrik selain sebagai pengikat serat dan mendistribusikan beban kepada serat juga melindungi serat dari pengaruh lingkungan. (Gibson, R, F., 1994).

2. Serat

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Contoh serat yang paling sering di jumpai adalah serat pada kain. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat dapat di golongan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintesis (serat buatan manusia) (Surdia, T.dkk, 1995).

3. Resin *Thermoset* Jenis *Polyester*

Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matriks. Matriks berfungsi sebagai pelindung, pendukung, transfer beban, dan perekat serat.

Polyester dapat digunakan pada suhu kerja mencapai $79\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya, berat jenis 1.4 kg/cm^3 , kekuatan tarik 58 MPa , dan elongasi $2,4\%$. Keuntungan lain matriks *polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik (*Show a highpolymer. Co. Ltd*).

4. Bahan Tambahan

Bahan tambahan utama adalah katalis (*Hardener*). Jenis katalis untuk resin *polyester* yaitu *Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)*. Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*). Pemberian katalis dibatasi 1% sampai 2% dari berat resin.

5. Perlakuan *NaOH*

Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas antara matriks dengan serat. Dengan berkurangnya hemiselulosa, *lignin* atau *pectin* serat, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik antara serat dengan matriks, dan juga dengan proses perendaman akan membuat pori-pori disekitar permukaan serat.

Natrium hidroksida (*NaOH*) adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. Natrium hidroksida (*NaOH*) murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran maupun larutan jenuh 50% . Ia bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas permukaan serat.

6. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimum, tegangan luluh, dan regangan (perpanjangan). Pembebanan tarik dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan sampai material komposit mengalami putus. Adapun keuletan material, daerah elastisitas dan plastis serta titik putus akan terlihat dari grafik yang ada

kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

1. Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

2. Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya absorbs air, akibatnya akan menaikkan regangan patah. Sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya akan menurun.

3. Laju Tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat, tetapi regangannya mengecil.

Hubungan antara tegangan tarik dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (Kurniawan, K., 2012)

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

dimana:

σ = Tegangan tarik (N/mm^2)

P = Beban (N)

A_0 = Luas penampang patahan (mm^2)

Nilai regangan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (Kurniawan, K., 2012)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

dimana:

ε = Tegangan-regangan (%)

ΔL = Deformasi/pemanjangan (*mm*)

L = Panjang daerah ukur (*mm*)

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional, berlaku hukum Hooke, dapat dihitung dengan persamaan: (Kurniawan, K., 2012)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

dimana:

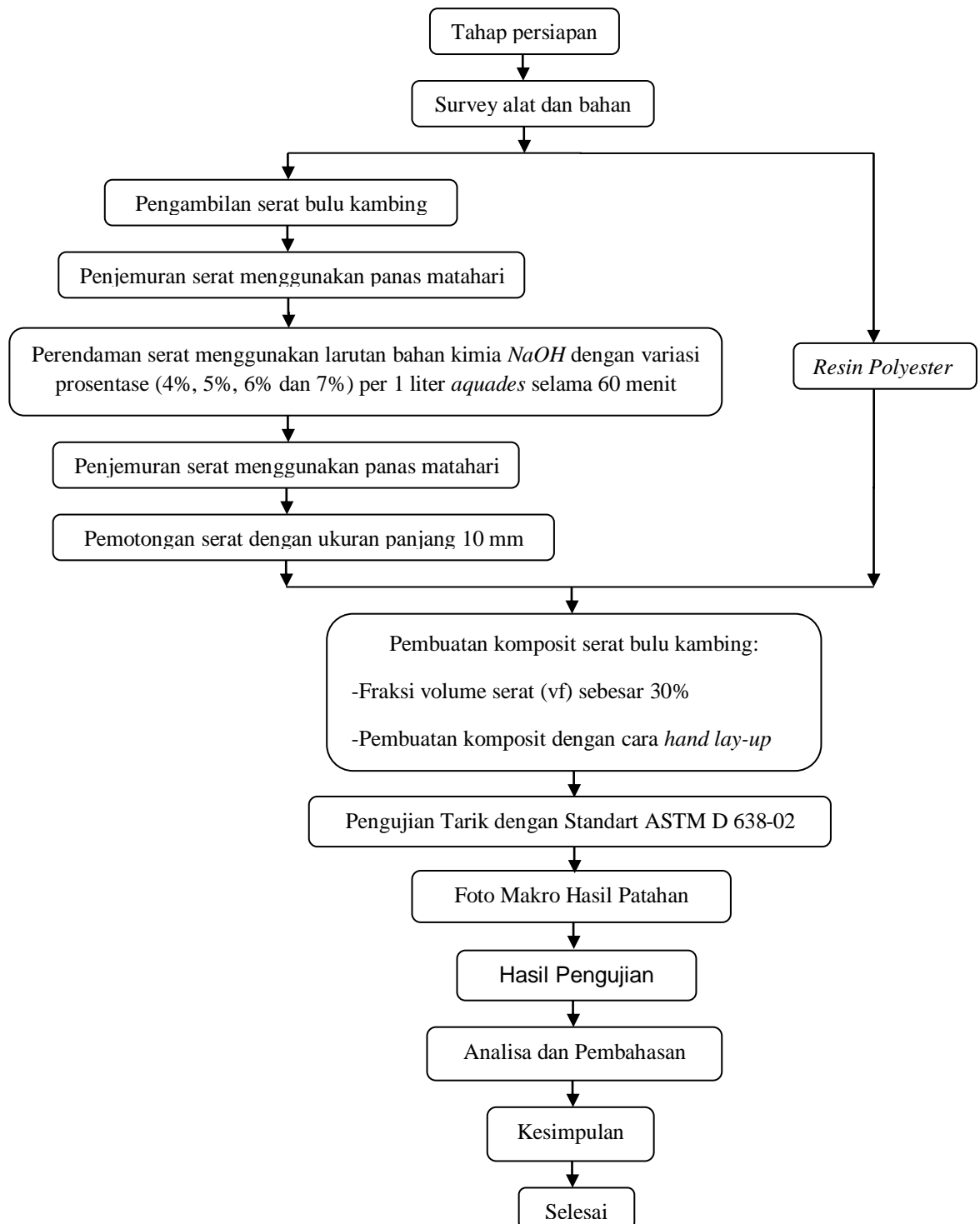
E = Modulus elastisitas (N/mm^2)

σ = Tegangan tarik (N/mm^2)

ε = Tegangan-regangan (%)

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. DIAGRAM PENELITIAN



2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan antara lain:



Gambar 1. Serat Rambut Kambing



Gambar 2. Resin dan Katalis



Gambar 3. Natrium Hidroksida (NaOH)

3. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan antara lain:



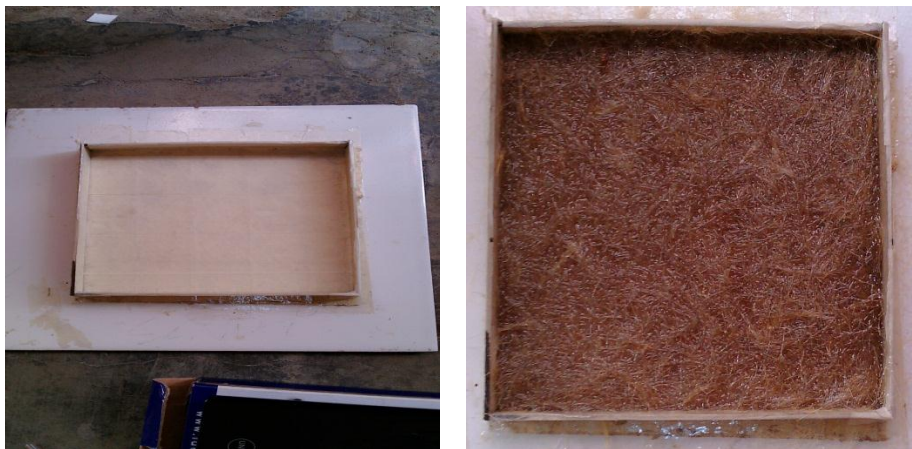
Gambar 4. Timbangan Digital



Gambar 5. Alat Suntik, Gelas dan Sendok



Gambar 6. Gunting dan Cutter



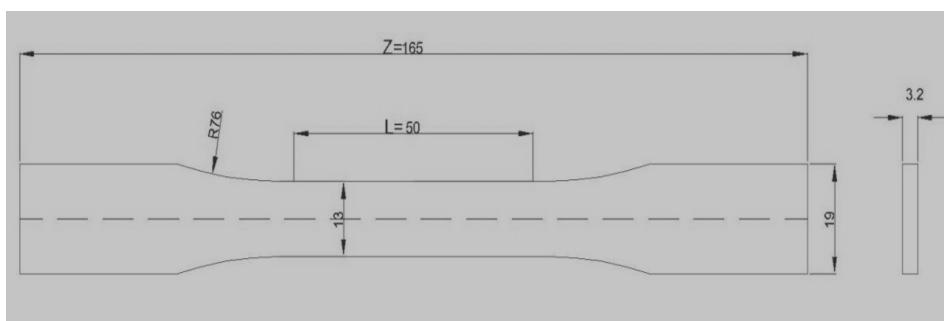
Gambar 7. Cetakan



Gambar 8. Vernier Caliper dan Gerjaji

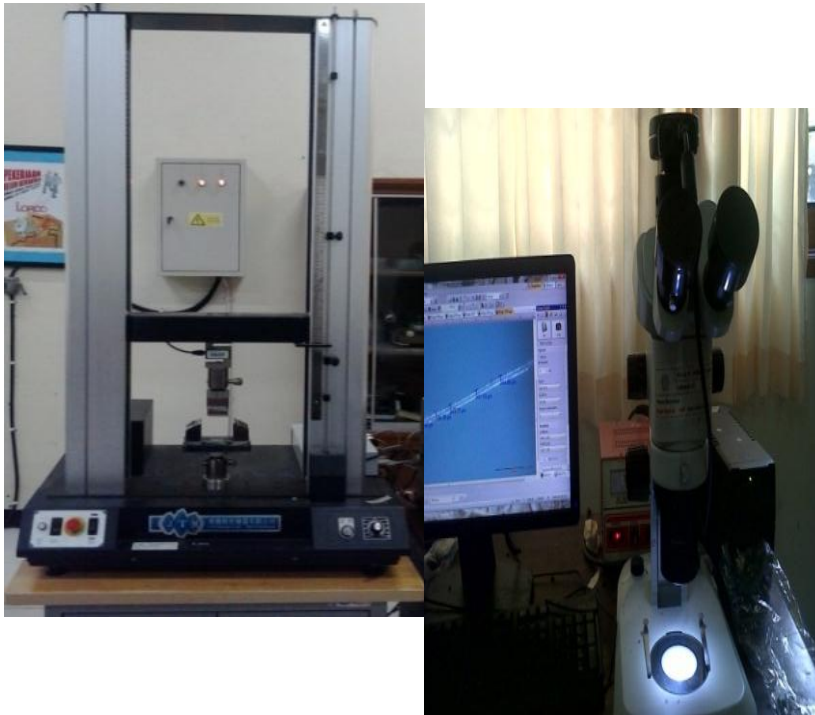
4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan karena untuk mengetahui kekuatan tarik dari komposit yang akan diuji. Alat uji tarik yang digunakan *Universal Testing Machine*. Spesiman uji tarik dibuat menurut standart ASTM D 638-02 yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 9. Dimensi Specimen Uji Tarik ASTM D 638-02

5. Instalasi Pengujian



Gambar 10. *Universal Testing Machine dan foto makro*

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Tarik

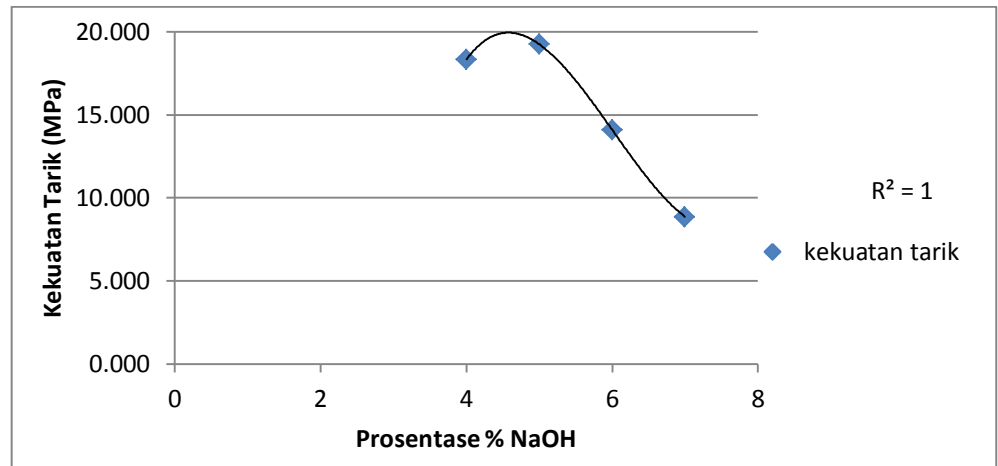
Tabel 1. Hasil Data Pengujian Tarik Tanpa Pengaruh *NaOH*

Tegangan tarik N/mm^2	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
4.142	3.51	1.18

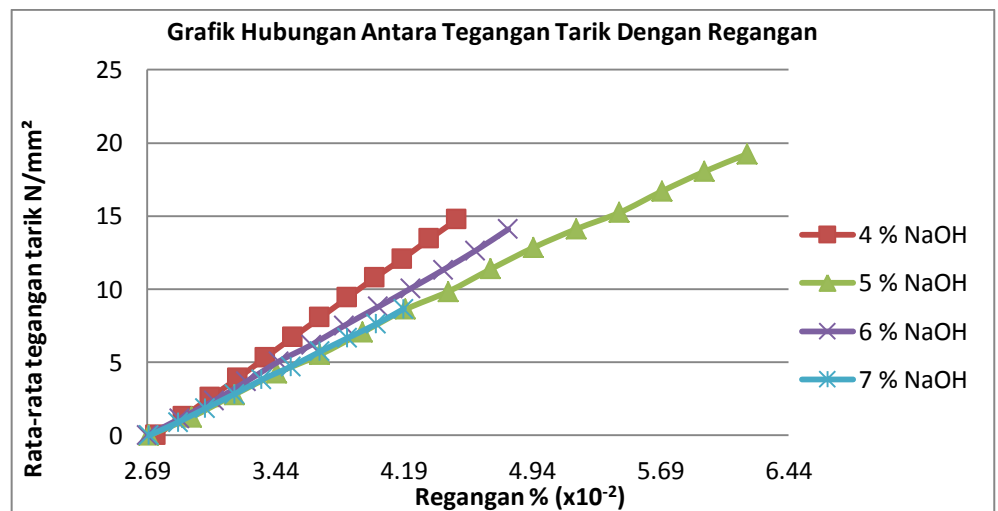
Tabel 2. Hasil Data Pengujian Tarik Dengan Variasi Prosentase *NaOH*

Prosentase (%)	Tegangan Tarik (N/mm^2)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
4	18.333	4.82	3.80
5	19.254	6.20	3.11

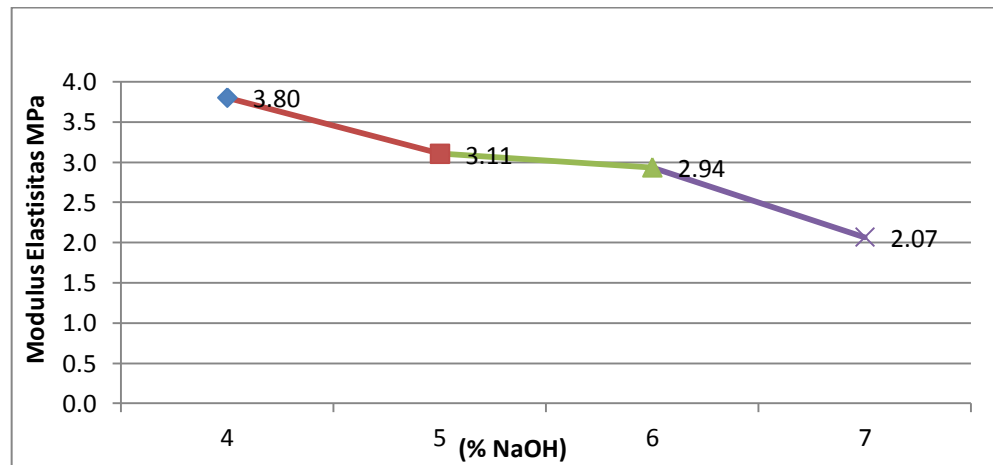
6	14.097	4.80	2.94
7	8.664	4.19	2.07



Gambar 11. Pengaruh Prosentase *NaOH* Terhadap Kekuatan Tarik Spesimen



Gambar 12. Hubungan Antara Tegangan Tarik Rata-rata Dengan Regangan



Gambar 13. Modulus Elastisitas Spesimen Komposit

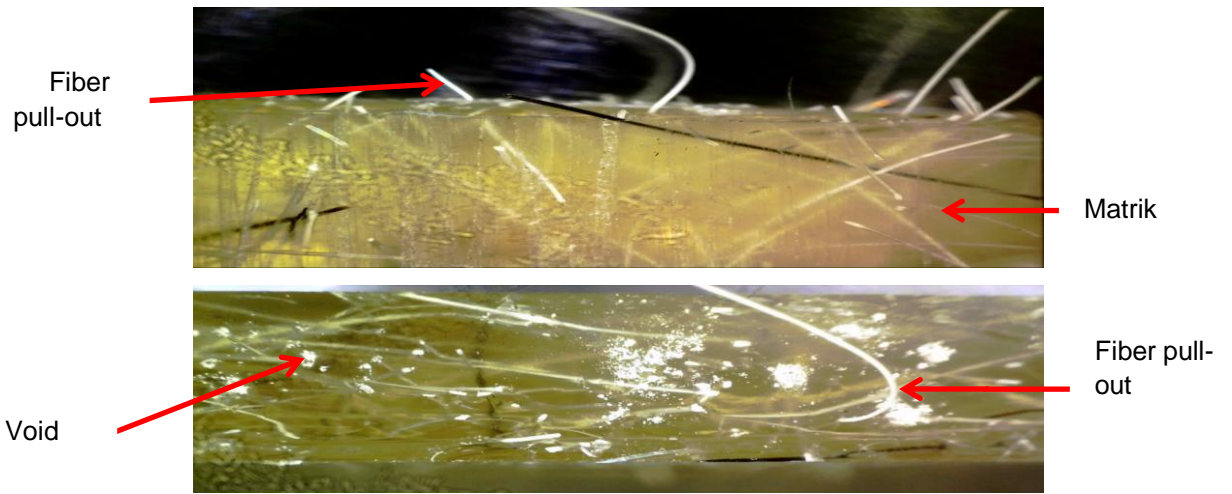
2. Pembahasan Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik komposit serat bulu kambing dengan pengaruh variasi prosentase 4%, 5%, 6%, 7% *NaOH* selama 60 menit memiliki kekuatan tarik rata-rata 18, 333 N/mm^2 , 19.254 N/mm^2 , 14.097 N/mm^2 , 8.664 N/mm^2 . Pada komposit dengan pengaruh prosentase 5% *NaOH* menunjukkan harga tertinggi untuk tegangan tarik dan regangan yaitu 19.254 N/mm^2 dan 6.20 %.

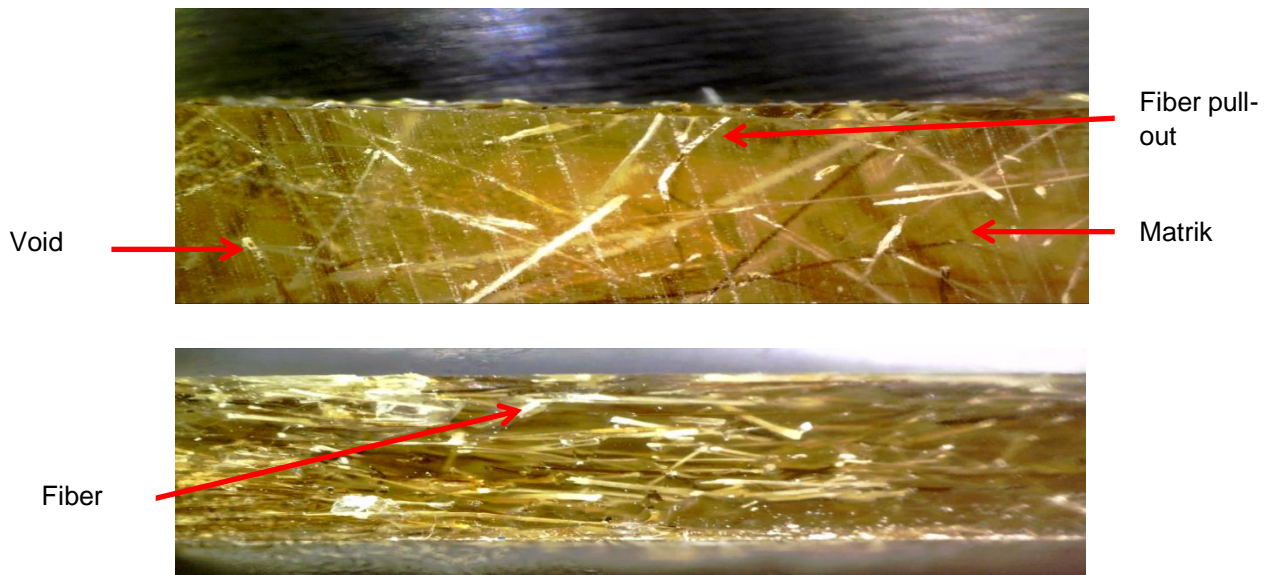
Pada serat bulu yang tanpa adanya pengaruh *NaOH* memiliki daya ikat yang lemah sehingga harga kekuatan tarik dan regangannya rendah yaitu 4.142 N/mm^2 dan 3.51 %. Hal ini disebabkan ikatan antara serat dengan matrik tidak dapat sempurna karena terhalang oleh adanya lapisan minyak pada bulu. Dengan dilakukannya perendaman serat dengan variasi prosentase *NaOH* adalah untuk menghilangkan lapisan minyak pada bulu agar terjadi ikatan yang kuat antara serat dengan matriknya. Akan tetapi dengan pengaruh prosentase perendaman lebih dari 5% *NaOH* akan menyebabkan rusaknya serat bulu sehingga serat menjadi rapuh dan mudah patah.

Modulus elastisitas komposit serat bulu kambing juga berubah dengan adanya pengaruh prosentase *NaOH*. Dengan bertambahnya prosentase *NaOH* menunjukkan penurunannya elastisitas serat. Hal ini disebabkan adanya penurunan harga regangan ketika serat dilakukan perendaman dengan penambahan prosentase *NaOH* yang terlalu banyak (lebih dari 5% *NaOH*).

3. Foto Makro Spesimen

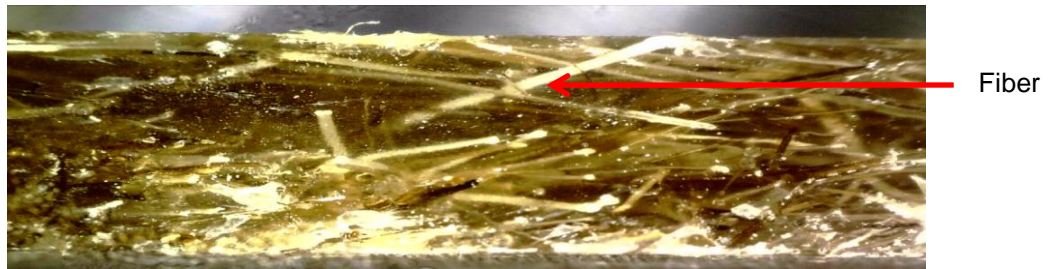


Gambar 14. Foto makro patahan perbesaran 50 kali pada spesimen komposit yang diperkuat serat tanpa pengaruh $NaOH$



Gambar 15. Foto makro patahan perbesaran 50 kali pada spesimen komposit yang diperkuat serat dengan pengaruh 5% $NaOH$





Gambar 16. Foto makro patahan perbesaran 50 kali pada spesimen komposit yang diperkuat serat dengan pengaruh 7% $NaOH$

4. Pembahasan Foto Makro

Pada gambar 14. komposit yang diperkuat serat tanpa pengaruh $NaOH$ menunjukkan banyaknya *fiber pull out* dan *void*. *Fiber pull-out* terjadi karena adanya serat yang tertarik keluar atau tidak terikat sempurna antara serat dengan matrik yang menunjukkan rendahnya *mechanical bonding* antara serat dengan matrik. Sedangkan *void* terjadi karena adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan.

Pada gambar 15. komposit yang diperkuat serat dengan pengaruh prosentase 5% $NaOH$ menunjukkan tidak terlalu menunjukkan adanya *fiber pull-out* dan terdapat *void* tetapi relative sedikit, serat terdistribusi dengan baik dan merata pada proses pembuatan komposit, hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matrik terjalin dengan sempurna yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit tersebut

Pada gambar 16. komposit yang diperkuat serat dengan pengaruh prosentase 7% $NaOH$ menunjukkan tidak adanya *fiber pull-out* dan *void* relative banyak yang dapat mempengaruhi rendahnya kekuatan tarik dari komposit tersebut.

E. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa pengujian serta pembahasan data yang diperoleh, dapat disimpulkan:

1. Pada komposit serat bulu kambing dengan pengaruh variasi prosentase 4%, 5%, 6%, 7% *NaOH* selama 60 menit memiliki kekuatan tarik rata-rata 18,333 N/mm², 19.254 N/mm², 14.097 N/mm², 8.664 N/mm². Komposit yang diperkuat serat bulu kambing dengan pengaruh prosentase 5% *NaOH* selama 60 menit memiliki harga kekuatan tarik tertinggi yaitu 19.254 MPa. Sedangkan komposit yang diperkuat serat bulu kambing dengan pengaruh prosentase 7% *NaOH* selama 60 menit memiliki kekuatan tarik terendah yaitu 8.664 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dilakukannya penambahan prosentase *NaOH* (lebih dari 5%), serat sudah mengalami kerusakan sehingga mudah patah yang menyebabkan rendahnya kekuatan tarik.
2. Pada foto makro struktur patahan komposit yang terjadi pada pengaruh prosentase 5% *NaOH* selama 60 menit tidak terlalu menunjukkan adanya *fiber pull out* dan sedikitnya *void*. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matrik terjalin dengan sempurna yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit tersebut. Sedangkan patahan komposit yang terjadi pada pengaruh prosentase 7% *NaOH* selama 60 menit menunjukkan adanya *void* yang relative banyak. Hal ini menyebabkan menurunnya kekuatan tarik.

F. Saran

Dari hasil pengujian yang telah dibahas dengan berbagai kekurangannya maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pada proses penuangan resin kedalam cetakan harus merata agar serat benar-benar terlapisi oleh resin, sehingga dapat meminimalkan terjadinya *void*.
2. Menentukan fraksi volume yang tepat karena akan berpengaruh terhadap kekuatan komposit.
3. Menentukan komposisi resin dan hardener yang tepat karena akan mempengaruhi keras dan tidaknya komposit yang dibuat.
4. Pada foto makro patahan, pemfokusan kamera harus jelas agar struktur patahan dapat terlihat dan dianalisa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, D, S., 2007, "Analisis Karakteristik Komposit Serat Nylon Dengan Resin *Polyester* Menggunakan Pola *Laminates Composites* (5 *Layers*) Susunan Sudut Serat 0° , -60° , -60° , 60° , 60° Dengan Metode *Hand Lay up*", Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Amin, Muh, 2012, "Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia", Jurnal S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang
-, *Annual Book of Standards, Section 8, D 638-02, "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics"*, ASTM, 2002.
- Diharjo, K., (2008), Pengaruh Alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat Rami-Polyester, jurnal Teknik Mesin Vol .8, No 1, Petra Christian University, Jakarta. *Composites. Polymer engineering and Science*, vol. 37. No 2 pp. 476-483.
- Gibson, R, F., 1994, " *Principle of Composite Material Mechanics*", McGraw-Hill, Inc, New York.

- Kurniawan, K., 2012, Uji “Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Serat *Agave Cantala Roxb* (Nanas) Anyaman 2D Pada Vrakasi Berat (40%, 50%, 60%)”, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kartini, R., 2002, “Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam”, Tugas Akhir S-1, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lokantara, P, 2009, “Studi Perlakuan Serat serta Penyerapan Air Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Tapis Kelapa/Polyester”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.
- M. M. Schwartz., 1984, “*Composite Materials Handbook*”, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Maria Valeria dkk, 2009, “Hair Fiber Characteristics and Methods to Evaluate Hair Physical and Mechanical Properties”, *Brazilian Journal of Pharmaceutial Sciences (BPJS)* vol. 45,n 1,jan./mar.,2009.
- Maryanti, B., 2011, “Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-*Polyester* Terhadap Kekuatan Tarik”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Universitas Brawijaya Malang, Malang.
- R. M. Jones., 1975, “*Mechanics of Composite Materials*”, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Wasingthon D.C.
- Robbins, C.R., 1994, *Chemical and physical behavior of human hair. 3.ed. New York: Springer, 1994. 391p.*
- Setyawan, J, W., 2002, “Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Serat Serabut Kelapa Bermatriks *Polyester*”, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Soekrisno, 1995, "Manfaat Rambut sebagai Penguat Bahan Komposit",
Forum Teknik Jilid 19 No. 2 Agustus 1995.

Surdia, T dan Saito, S., 1995, "Pengetahuan Bahan Teknik", Pradnya
Paramita, Jakarta.

Wibowo, R, D., 2014, "Sifat Fisis dan Mekanis Akibat Temperatur
Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang
Pisang Yang Di-Treatment Menggunakan $KMnO_4$ ", Tugas Akhir
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.