

**KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK SERAT SABUT KELAPA
(cocos nucifera) HASIL PERLAKUAN KIMIA**

DISERTASI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Doktor**



Oleh :

**MUHAMMAD ARSYAD
117060203111017**

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK MESIN
MINAT TEKNIK MATERIAL**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

DISERTASI

**KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK SERAT SABUT
KELAPA (*cocos nucifera*) HASIL PERLAKUAN KIMIA**

Oleh :
MUHAMMAD ARSYAD

Telah dipertahankan di depan penguji

Pada Tanggal 10 April 2015

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Pembimbing



Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D.
Promotor



Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT.
Ko-Promotor



Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng.
Ko-Promotor

Mengetahui,
Ketua Program Studi Doktor Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19590703 198303 1 002

IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI

JUDUL DISERTASI:

KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK SERAT SABUT KELAPA (cocos nucifera) HASIL PERLAKUAN KIMIA

Nama: Muhammad Arsyad
NIM: 117060203111017
Program.....: Doktor Teknik Mesin
Minat: Teknik Material

KOMISI PROMOTOR:

Promotor.....: Prof. Ir. ING. Wardana, M.Eng., Ph.D
Ko-Promotor 1.....: Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT.
Ko-Promotor 2.....: Dr.Eng. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng.

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji 1..... : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.
Dosen Penguji 2..... : Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MMT.
Dosen Penguji Tamu..... : Prof. Ir. Agus Suprpto, M.Sc., Ph.D.

Tanggal Ujian Tertutup..... : 17 Maret 2015

Tanggal Ujian Terbuka..... : 10 April 2015

PERNYATAAN ORIGINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah DISERTASI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah DISERTASI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia DISERTASI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (DOKTOR) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 10 April 2015

Mahasiswa,



Nama : Muhammad Arsyad

NIM : 117060203111017

PD : S3 TEKNIK MESIN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Muhammad Arsyad (anak ke 6 dari 12 bersaudara) dilahirkan pada hari Senin 30 Zulhijjah tahun 1386 H bertepatan dengan 10 April 1967 M dari pasangan bapak Habe dan ibu Suhara disuatu dusun Bakingnge di kota Rappang, sekitar 188 km ke utara Makasaar, ibukota Provinsi Sulawesi Selatan.

Pendidikan SD, SMP, dan SMA diselesaikan di Rappang pada tahun 1986. Sejak tahun 1986 hijrah ke Makassar dan tercatat sebagai mahasiswa Universitas Hasanuddin (Unhas), dan Gelar Insinyur Teknik Mesin (Ir) diperoleh pada tahun 1992. Pada tahun 2001, melanjutkan pendidikan Pasca Sarjana di Unhas dan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) bidang Teknik Mesin pada tahun 2004. Pada tahun 2010, Muhammad Arsyad mendapat beasiswa dari Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan untuk melanjutkan Pendidikan Doktor di Universitas Teknologi Malaysia namun tidak diterima karena penyakit Hepatitis B. Mulai tahun 2011, Muhammad Arsyad tercatat sebagai mahasiswa Program Doktor Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

Sejak menyelesaikan pendidikan sarjana di Unhas, Muhammad Arsyad langsung diterima sebagai tenaga pengajar (PNS, 1994) di Politeknik Rekayasa Unhas, (tahun 1998, berdiri sendiri dengan nama Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP)). Muhammad Arsyad aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi : pengajaran, penulisan bahan ajar, penelitian (terapan), dan pengabdian pada masyarakat. Baik yang dibiayai dari dana DIPA PNUP, maupun yang dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pada tahun 2014, Muhammad Arsyad telah menulis buku dengan judul **Mekanisme Kinematika dan Dinamika Mesin Dalam Industri Pertambangan**, yang diterbitkan oleh Penerbit Deepublish (CV. Budi Utama) Sleman Yogyakarta. Salah satu hasil kegiatan penelitian yang sukses yaitu Perancangan dan Pembuatan Mesin Pencetak Batu Bata. Akhir-akhir ini, Muhammad Arsyad memfokuskan penelitian pada bidang material yaitu komposit berpenguat serat alam “serat sabut kelapa”. Selain di PNUP, Muhammad Arsyad juga aktif mengajar beberapa Perguruan Tinggi Swasta (PTS) hingga tahun 2012. Atas keaktifannya melaksanakan tri darma perguruan tinggi, pada Oktober 2008 telah mencapai Pangkat Pembina Utama Muda Golongan IVc pada Jabatan Lektor Kepala. Selain itu, Muhammad Arsyad juga pernah menduduki beberapa jabatan di PNUP, salah satunya sebagai Wakil Direktur Bidang Kemahasiswaan dari tahun 2006 hingga 2010.

RINGKASAN

Muhammad Arsyad, Program Doktor Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 10 April 2015. Karakteristik Sifat Mekanik Serat Sabut Kelapa (*cocos nucifera*) Hasil Perlakuan Kimia; Komisi Pembimbing, Ketua: ING. Wardana, Anggota: Pratikto dan Yudy Surya Irawan.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat, termasuk bidang teknologi material, maka serat alam yang tadinya tidak termanfaatkan dapat diolah menjadi material teknik. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh serat alam diantaranya jumlahnya melimpah, ramah lingkungan, biaya produksi rendah, dan elastis. Serat alam yang banyak digunakan sebagai bahan penguat atau pengisi komposit seperti : sisal , flex, hemp, jute, rami, sabut kelapa. Agar supaya komposit berpenguat serat alam memiliki kekuatan maka harus beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu (1) perikatan antara permukaan serat dengan matriks, (2) cara menyusun serat, (3) modulus elastisitas serat yang digunakan lebih tinggi dari pada matriksnya. Permukaan serat sabut kelapa (S2K) yang mengandung banyak kotoran akan mempengaruhi proses perikatan serat dengan matriks. Oleh karena itu, modifikasi perlakuan permukaan serat perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan kekuatan komposit berpenguat serat. Salah satu cara yang dilakukan untuk menghilangkan kotoran-kotoran tersebut ialah proses perlakuan kimia. Sebagaimana uraian di atas, maka yang menjadi pokok permasalahan ialah (1) bagaimana pengaruh perlakuan NaOH, NaOH dan KMnO_4 , serta NaOH dan KMnO_4 dan H_2O_2 terhadap bentuk morfologi permukaan S2K, (2) bagaimana pengaruh NaOH, NaOH dan KMnO_4 , serta NaOH dan KMnO_4 dan H_2O_2 terhadap kemampuan perikatan antara S2K dengan matriks polyester.

S2K diberi tiga jenis perlakuan. Perlakuan Pertama yaitu serat sabut kelapa diberi perlakuan masing-masing N1 (NaOH 5%), N2 (NaOH 10%), N3 (NaOH 15%), dan N4 (NaOH 20%) selama 3 jam. Setelah perlakuan pertama, serat sabut kelapa dikeringkan di dalam oven pada suhu 90°C selama 5 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu ruang. Perlakuan Kedua yaitu serat sabut kelapa diberi perlakuan masing-masing K1 (NaOH 5% kemudian KMnO_4 0,25%), K2 (NaOH 10% kemudian KMnO_4 0,5%), K3 (NaOH 15% kemudian KMnO_4 0,75%), dan K4 (NaOH 20% kemudian KMnO_4 1,0%) selama 3 jam. Setelah perlakuan kedua, serat sabut kelapa dikeringkan di dalam oven pada suhu 90°C selama 5 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu ruang. Perlakuan Ketiga yaitu serat sabut kelapa diberi perlakuan masing-masing H1 (NaOH 5% kemudian KMnO_4 0,25% kemudian H_2O_2 5%), H2 (NaOH 10% kemudian KMnO_4 0,5% kemudian H_2O_2 10%), H3 (NaOH 15% kemudian KMnO_4 0,75% kemudian H_2O_2 15%), dan H4 (NaOH 20% kemudian KMnO_4 1,0% kemudian H_2O_2 20%) selama 3 jam. Setelah direndam, serat sabut kelapa kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 90°C selama 5 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu ruang. Pengujian tarik serat tunggal, dan pull out dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik Testometric M500-25CT DBBMTCL-2500 kg ROCHDALE ENGLAND. Pengujian tarik, dan *pull out* dilakukan dengan kecepatan tarikan 1 mm/menit pada kedalaman tanam serat 2 mm. Bentuk morfologi perikatan serat dan matriks diperiksa dengan menggunakan mikroskop elektron Vega3 Tescan pada tegangan 5kV (SEM, *Scanning Electron Microscope*).

Perlakuan alkali mengakibatkan kadar lignin, dan selulosa menurun dibandingkan dengan S2K tanpa perlakuan. Kandungan lignin S2K tanpa perlakuan 33,5% berkurang menjadi 6,1%, kandungan selulosanya 37,9% pada S2K tanpa perlakuan berkurang menjadi 22,0% masing-masing pada perlakuan N4. Hal tersebut berarti, semakin tinggi konsentrasi larutan alkali semakin rendah pula kandungan lignin, dan selulosa.

tersebut karena larutan alkali mampu menembus dan menghancurkan ikatan lignin, dan sellulosa. Kekuatan tarik tertinggi S2K diperoleh pada saat kandungan lignin paling rendah sebesar 6,1% akibat perlakuan N4 diperoleh tegangan tarik terbesar S2K yaitu 280,94 MPa. Disamping itu, perlakuan alkali akan merusak ikatan hidrogen, dan membersihkan serat dari kotoran maupun minyak sehingga permukaan serat menjadi lebih kasar. Perlakuan alkali juga menyebabkan terjadinya peningkatan indeks kristalisasi dibandingkan dengan S2K tanpa perlakuan (60,14%), namun indeks kristalisasi menurun seiring dengan meningkatnya kadar konsentrasi alkali, 62,33% pada perlakuan N1 menjadi 45,09% pada perlakuan N4. Penurunan indeks kristalisasi karena berkurangnya kandungan sellulosa, dimana sellulosa ini merupakan senyawa yang bersifat kristalisasi. Pada perlakuan kalium permanganat, kristalisasi menghilang sebagaimana terlihat pada morfologi permukaan serat dan bentuk kurva difraksinya yang cenderung lurus. Perubahan kristalisasi tersebut menunjukkan bahwa larutan kalium permanganat dapat melarutkan alkali sehingga bentuk kekasaran permukaan serat berbeda dengan perlakuan alkali. Kalium permanganat menyebabkan terjadinya alur-alur seperti parit, dan adanya tonjolan-tonjolan pada permukaan serat. Alur-alur tersebut dapat memfasilitasi matriks untuk mengisi alur-alur tersebut sehingga bisa meningkatkan kemampuan perikatan antara serat dengan matriks. Pada perlakuan hidrogen peroksida, pada permukaan serat timbul gumpalan-gumpalan yang menutupi alur-alur sebelumnya namun tidak dapat meningkatkan kekuatan tarik serat malah cenderung turun seiring meningkatnya konsentrasi hidrogen peroksida. Hal ini terjadi karena gumpalan-gumpalan tersebut tidak mampu mengisi dengan baik alur-alur pada perlakuan sebelumnya. Pada saat serat ditanam dalam matriks, maka kristal-kristal akan bereaksi dengan matriks dan membentuk ikatan yang lebih kuat dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang memiliki kristal-kristal besar dan kurang kokoh.

Pada perlakuan pertama, tegangan geser rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan N4 yaitu 3,1 N/mm². Kristal-kristal yang timbul pada perlakuan pertama menghilang pada saat serat direndam pada larutan KMnO₄, berarti natrium larut dalam larutan kalium permanganat. Efek perlakuan kedua ini, pada permukaan serat muncul tonjolan-tonjolan dan alur-alur pada serat, semakin tinggi persentase konsentrasi larutan semakin besar pula tonjolan-tonjolan dan alur-alur yang terbentuk dan cenderung lurus. Namun demikian, kekuatan perikatan antara serat dan matriks tidak berbanding lurus dengan besarnya tonjolan dan alur besar tersebut. Oleh karena alur yang besar dan lurus justru akan mempermudah terlepasnya serat dari matriks karena cengkraman yang dimiliki matriks sangat rendah sehingga tegangan geser rata-rata yang diperoleh juga rendah. Tegangan geser rata-rata tertinggi pada perlakuan kedua ini diperoleh pada perlakuan K2 yaitu 2,82 N/mm², meskipun tonjolan-tonjolan dan alur yang terbentuk tidak besar tapi bercabang, justru bentuk seperti itu matriks mampu memberikan cengkraman yang kuat terhadap serat. Sedangkan morfologi permukaan serat akibat perlakuan ketiga membentuk alur-alur kecil yang akan memberikan cengkraman yang lebih kuat dibandingkan dengan alur-alur besar, sehingga pada perlakuan H2 memberikan perikatan yang tertinggi diantara perlakuan yang telah diberikan pada serat yaitu 4,1 N/mm². Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perlakuan S2K dengan larutan NaOH, KMnO₄, dan H₂O₂ dapat mengubah bentuk morfologi permukaan S2K menjadi lebih kasar, berpori, atau beralur sehingga mampu meningkatkan kemampuan perikatan antara S2K dengan matriks poliester. Perlakuan NaOH menurunkan kadar lignin dan sellulosa menyebabkan terjadinya kristalisasi pada permukaan serat. Tegangan geser tertinggi diperoleh pada perlakuan H2 yaitu 4,1 N/mm² sedangkan Tegangan tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan N4 yaitu 280,94 N/mm².

Summary

Muhammad Arsyad, Doctoral Program of Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty of Brawijaya University, April 10, 2015. Characteristic of Mechanical Properties of Coconut Fiber (*cocos nucifera*) as Result of Chemical Treatment ; Commission Supervisor, Chair: ING. Wardana, Members: Pratikto and Yudy Surya Irawan.

Development of science and technology so rapidly, including the field of material technology, the natural fiber that was not utilized can be processed into engineering materials. Advantages possessed by natural fibers such abundant, environmentally friendly, low production costs, and elastic. A lot of natural fibers used as a reinforcing material or filler composites are: sisal, flex, hemp, jute, hemp, coconut fiber. In order to composite natural fibers have the strength to be several factors that need to be considered, namely (1) the bonding between the surface of the fibers with the matrix, (2) how to arrange of the fibers, (3) the elasticity modulus of the fiber used has higher than the matrix. Coconut fiber surface which contains many impurities will affect the fiber bonding process with matrix. Therefore, modification of the fiber surface treatment should be considered to improve the strength composite fiber. One method to remove impurities on the fiber surface is chemical treatment process. As described above, which are at problems are (1) how the treatment effect of NaOH, NaOH and KMnO_4 , and NaOH and KMnO_4 and H_2O_2 to form the surface morphology coconut fiber, (2) the influence of NaOH, NaOH and KMnO_4 , and NaOH and KMnO_4 and H_2O_2 on the ability of the bonding between the coconut fiber with polyester matrix.

Coconut fiber was treated by three kind of treatments. First treatment that coconut fiber treated respectively N1 (NaOH 5%), N2 (NaOH 10%), N3 (NaOH 15%), and N4 (NaOH 20%) for 3 hours. After the first treatment, coconut fiber is dried in an oven at a temperature of 90°C for 5 hours. After it is cooled at room temperature. The second treatment are coconut fiber treated respectively (NaOH 5% then KMnO_4 0,25%), K2 (NaOH 10% then KMnO_4 0,5%), K3 (NaOH 15% then KMnO_4 0,75%), and K4 (NaOH 20% then KMnO_4 1,0%) for 3 hours. After the second treatment, coconut fiber is dried in an oven at a temperature of 90°C for 5 hours. After it is cooled at room temperature. The third treatment are coconut fiber treated respectively H1 (NaOH 5% then KMnO_4 0,25% then H_2O_2 5%), H2 (NaOH 10% then KMnO_4 0,5% then H_2O_2 10%), H3 (NaOH 15% then KMnO_4 0,75% then H_2O_2 15%), and H4 (NaOH 20% then KMnO_4 1,0% then H_2O_2 20%) for 3 hours. After soaking, coconut fiber is then dried in an oven at a temperature of 90°C for 5 hours. After it is cooled at room temperature. Single fiber tensile testing, and single fiber pull out is done by using a tensile test Testometric M500-25CT DBBMTCL 2500 kg ROCHDALE ENGLAND. Tensile testing was done in two stages. Single fiber tensile testing, and testing single fiber pull out with the pull rate of 1 mm/min at 2 mm depth of fiber embedded. The form of the fiber and matrix morphology bonding examined using an scanning electron microscope (SEM) at a voltage of 5kV Vega3 Tescan.

Alkali treatment resulted in lignin, and cellulose decreased compared with coconut fiber without treatment. Coconut fiber lignin content without treatment 33,5% was reduced to 6.1% due to the N4 treatment (20% NaOH), while the cellulose content of 37,9% in the untreated coconut fiber was reduced to 22.0% in the treatment N4. This means alkali treatment are decrease of lignin and cellulose, the higher of alkali solution concentration the lower of lignin and cellulose content. Decreased levels of lignin and cellulose such as able to penetrate and destroy lignin, and cellulose. Coconut fiber highest tensile strength obtained when the low lignin content of 6.1% due to the N4 treatment obtained

coconut fiber largest tensile stress is 280.94 MPa. In addition, alkali treatment will destroy hydrogen bonds, and clean the fibers from dirt and oil so that the surface of the fiber becomes rougher. Alkali treatment also led to an increase in crystallization index than the coconut fiber without treatment (60.14%), but the crystallization index decreased with increasing levels of alkali concentration, 62.33% in the treatment N1 be 45.09% on the N4 treatment. Crystallization index declines due to the reduced content of cellulose, cellulose which is a compound of crystallization. While the treatment of potassium permanganate, crystallization disappears, it appears on the surface topography of fibers and form the diffraction curves tend straight. The crystallization changes indicate that potassium permanganate solution can dissolve the alkali so different form the fiber surface roughness with alkali treatment. Potassium permanganate causes grooves such as trenches, and the presence of protrusions on the surface of the fiber. Grooves can facilitate matrix to fill the grooves so that it can improve the ability of bonding between the fibers with the matrix. While the hydrogen peroxide treatment, the surface of the fibers arise patches covering the grooves before but can not increase the tensile strength fibers tend to fall with increasing concentrations of hydrogen peroxide. This happens because the patches are not able to fill up with good grooves on previous treatment. At the time of the fiber grown in the matrix, the crystals will react with the matrix and form a stronger bond than the other treatments that have large crystals and less sturdy.

So at this first treatment, the shear stress obtained the highest average on the N4 treatment is 3.1 N/mm^2 . The crystals that occur in the first treatment disappeared when the fiber is soaked in a solution of KMnO_4 , it is mean sodium dissolved in a solution of potassium permanganate. The second effect of this treatment, the surface of the fiber appears bulges and grooves on the fiber, the higher the percentage, the greater the concentration of a solution of protrusions and grooves are formed and tend to be straight. However, the strength of the bonding between the fiber and the matrix is not directly proportional to the magnitude of the bulge and a great groove. Therefore, great grooves and straight it will facilitate the release of fibers from the matrix because of the grip that held the matrix is so low that the average shear stress obtained is very low. Average shear stress is highest in the second treatment was obtained at treatment K2 is 2.82 N/mm^2 , although protrusions and grooves are formed is not great but branched, it forms such a matrix capable of providing a strong grip on the fiber. While the fiber surface topography due to the third treatment form grooves that will give stranglehold little stronger than the large grooves, so the H2 treatment provides the highest engagement between the treatment that has been given to the fiber is 4.1 N/mm^2 . Based on the testing that has been done, the coconut fiber treatment with NaOH solution, KMnO_4 , and H_2O_2 can change the shape of the surface topography of coconut fiber becomes more rough, porous, or grooved so as to improve of bonding of coconut fiber with polyester matrix. NaOH treatment to reduce levels of lignin and cellulose causes crystallization on the surface of the fiber, while the NaOH treatment, KMnO_4 , and H_2O_2 resulted in a groove like trench on the surface of coconut fiber. The highest shear stress is obtained in the treatment of H2 is 4.1 N/mm^2 , while the highest tensile stress obtained in N4 treatment is 280.94 N/mm^2 .

KATA PENGANTAR

Puji syukur kekhadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik. Disertasi ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan jenjang strata tiga (Doktor), pada Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini, dengan tulus dan ikhlas penulis ucapkan terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Ir. ING. Wardana, M.Eng., Ph.D, selaku Promotor dan KPS Program Doktor Teknik Mesin yang telah membantu, membimbing, dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan, dan menyelesaikan, penelitian, publikasi, dan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT, dan Dr. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng., selaku Ko-Promotor yang juga telah membantu, membimbing, dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan, dan menyelesaikan, penelitian, publikasi, dan disertasi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc., dan Dr. Wahyono Suprpto, MMT., selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan pertanyaan, saran, arahan, masukan, dan bantuan sehingga disertasi ini menjadi lebih baik.
4. Prof. Ir. Agus Suprpto, M.Sc., Ph.D., selaku tim penguji tamu yang telah meluangkan waktu dan memberikan pertanyaan, saran, arahan, masukan, dan bantuan sehingga disertasi ini menjadi lebih baik.
5. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, yang telah membantu dalam menyediakan dana hibah doktor sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.
6. Rektor, Dekan Fakultas Teknik, Ketua Program Doktor Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, dan segenap jajarannya.
7. Direktur, Para Wakil Direktur, Ketua Jurusan, dan KPS Teknik Mesin, KPS Teknik Otomotif Politeknik Negeri Ujung Pandang, dan segenap jajarannya.
8. Dr. Subair, M.Eng., Drs. Badaruddin, M.Pd., Armayani S.Si., Nur Fadila, S.Si., (UNM), Mahlina Ekawati, S.T., M.T., (ATIM), Akhmad Rifai, S.Si., Muhammad Farid, S.ST., Armila Padjarrai, S.ST., (PNUP), dan Moch. Kurniawan (UB) yang telah mambantu penulis dalam melaksanakan serangkaian pengujian sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.

9. Nirwana Ali isteri tercinta, Ahmad Mundzir Arsyad, dan Ahmad Kemal Arsyad anak tersayang serta seluruh anggota keluarga penulis atas pengertian, bantuan, dan doa-doanya yang telah diberikan.
10. H. Habe (alm), Hj. Suhara, Muhammad Ali (alm), dan Hj. Maltina, orang tua dan mertua, atas segala dukungan, terutama doa'nya yang telah diberikan.
11. Kepada seluruh sahabat mahasiswa Program Doktor Teknik Mesin Universitas Brawijaya, khususnya Angkatan 2011 yang penulis tidak dapat sebut satu demi satu, yang telah menjadi teman diskusi dan canda sehingga tidak *stress* dalam penyelesaian disertasi ini.
12. Rekan-rekan, para sahabat, dan para staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah banyak membantu penulis selama menjadi mahasiswa Program Doktor Universitas Brawijaya.

Dalam disertasi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis meskipun telah dilakukan segala kemampuan untuk lebih teliti. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran yang konstruktif agar supaya tulisan ini dapat lebih baik, dan bermanfaat bagi para pembaca maupun masyarakat Indonesia pada umumnya, khususnya para peneliti.

Malang, 10 April 2015

Penulis

Muhammad Arsyad

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembaran Persetujuan Pembimbing	ii
Identitas Tim Penguji	iii
Pernyataan Orisinalitas Disertasi.....	iv
Riwayat Hidup Penulis	v
Ringkasan	vi
<i>Summary</i>	viii
Kata Pengantar	x
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xviii
Daftar Notasi	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jenis-Jenis Serat Alam.....	8
2.2 Mekanisme Perikatan Serat Matriks	19
2.3 Serat Sabut Kelapa	22
2.4 Matriks	25
2.5 Katalis	29
2.6 Perlakuan Serat	29
2.7 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i>	33
2.8 Pengukuran Kekasaran Permukaan	34
2.9 Uji Tarik	39
2.10 Uji Sinar X	45
2.11 Stoikiometri	46
2.12 Penelitian Terdahulu	55
2.13 Analisis Data	72
III. KERANGKA KONSEPTUAL	
3.1 Kerangka Konseptual	74

3.2 Hipotesis	76
IV. METODE PENELITIAN	
4.1 Rancangan Penelitian	77
4.2 Definisi Operasional	91
4.3 Pengukuran Variabel	91
4.4 Metode Pengambilan dan Pengumpulan Data.....	92
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Hasil	94
5.2 Pembahasan	102
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	119
6.2 Saran	120
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN-LAMPIRAN	126

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1.	Sifat-sifat Mekanik Beberapa Serat Alam 10
Tabel 2.2	Kandungan Lignosellulosa Beberapa Serat Alam 15
Tabel 2.3	Kandungan Serat Sabut Kelapa 24
Tabel 2.4	Tegangan Tarik dan Regangan Serat Sabut Kelapa..... 25
Tabel 2.5	Spesifikasi <i>Unsaturated Polyester Resin</i> <i>Yukallac 157 BQTN-FR</i> 28
Tabel 2.6	Kekuatan Lentur Komposit Serat Sabut Kelapa-Poliester 59
Tabel 2.7	Kandungan dan Kekuatan Tarik Serat Sabut Kelapa..... 69
Tabel 2.8	Karakteristik Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan NaClO_2 69
Tabel 4.1	Notasi Perlakuan Permukaan Serat Sabut Kelapa..... 79
Tabel 5.1	Kandungan Serat Sabut Kelapa 94
Tabel 5.2	Nilai Indeks Kristalisasi..... 96
Tabel 5.3	Nilai Tegangan Tarik Rata-Rata Serat Sabut Kelapa..... 96
Tabel 5.4	Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan S2K..... 99
Tabel 5.5	Nilai Tegangan Geser Serat Sabut Kelapa Dengan Matriks Poliester101

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Pengelompokkan Serat Alam 9
Gambar 2.2	Penampang Beberapa Jenis Serat Alam..... 10
Gambar 2.3	Hubungan antara Lignin, Sellulosa, Hemisellulosa 11
Gambar 2.4	Rantai Molekul Lignin, Sellulosa, Hemisellulosa 12
Gambar 2.5	Struktur Sellulosa 15
Gambar 2.6	Struktur Hemisellulosa.....18
Gambar 2.7	Struktur Lignin 19
Gambar 2.8	Metode Pengujian Kekuatan Perikatan Serat dan Matriks... 20
Gambar 2.9	Jenis-Jenis Ikatan antara Serat dan Matriks21
Gambar 2.10	Bagian-Bagian Buah Kelapa22
Gambar 2.11	Bagia-Bagian Serat Sabut Kelapa.....23
Gambar 2.12	Sabut Kelapa Sebelum dan Sesudah Diolah..... 23
Gambar 2.13	Struktur Kimia Matriks Poliester..... 28
Gambar 2.14	Bidang dan Profil pada Penampang Permukaan..... 35
Gambar 2.15	Profil Suatu Permukaan36
Gambar 2.16	Kedalaman Total dan Kedalaman Perataan 37
Gambar 2.17	Menentukan Kekasaran Rata-rata 38
Gambar 2.18	Kekasaran Rata-rata 38
Gambar 2.19	Kekasaran Rata-rata dari Puncak ke Lembah 39
Gambar 2.20	Tingkat Deformasi Material Komposit Diperkuat Serat 41
Gambar 2.21	Diagram Tegangan-Regangan Serat dan Matriks 42
Gambar 2.22	Perpanjangan Akibat Tarikan 42
Gambar 2.23	Spesimen Uji Serat Tunggal 43
Gambar 2.24	Mekanisme Uji <i>Single Fiber Pull-Out</i> 44
Gambar 2.25	Pola Difraksi XRD 46
Gambar 2.26	Pengaruh pembebanan serat dan lignin pada kekuatan lentur komposit 58
Gambar 2.27	Pengaruh pembebanan serat dan lignin pada modulus lentur komposit 59
Gambar 2.28	Tegangan Tarik Maksimum versus Kandungan Pengisi 60
Gambar 2.29	Serat sabut Kelapa untuk kursi mobil 61
Gambar 2.30	SEM Serat gelas/epoksi setelah uji tarik..... 62
Gambar 2.31	SEM Serat Sabut Kelapa/Epoksi setelah uji tarik..... 62

Gambar 2.32	Perbandingan Kekuatan untuk berbagai Perlakuan pada Serat dengan Panjang 0,315 dan 0,5 mm	63
Gambar 2.33	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Rosa0).....	64
Gambar 2.34	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Ferraz).....	64
Gambar 2.35	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Mir).....	64
Gambar 2.36	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Carvalho).....	65
Gambar 2.37	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Brahmakumar).....	66
Gambar 2.38	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Mulinari).....	66
Gambar 2.39	Permukaan Serat Sabut Kelapa Esmeraldo).....	67
Gambar 2.40	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Hemsri).....	68
Gambar 2.41	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Khan).....	68
Gambar 2.42	Permukaan Serat Sabut Kelapa (Muensri)	69
Gambar 2.43	Pengaruh Prosentasi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester	70
Gambar 2.44	Pengaruh Prosentasi Fraksi Volume Serat Terhadap Modulus Tarik Komposit Poliester.....	71
Gambar 2.45	Grafik Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa.....	71
Gambar 2.46	Permukaan Serat Sabut Kelapa	71
Gambar 3.1	Kerangka Konseptual	75
Gambar 3.2	Hipotesis Penelitian	76
Gambar 4.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	78
Gambar 4.2	Sabut Kelapa	81
Gambar 4.3	Serat Sabut kelapa	81
Gambar 4.4	Perlakuan Serat Sabut Kelapa	82
Gambar 4.5	Spesimen Uji Serat Tunggal	84
Gambar 4.6	Spesimen Uji <i>Single Fiber Pull Out</i>	84
Gambar 4.7	Proses Pengujian Tarik Serat Tunggal	85
Gambar 4.8	Proses Pengujian <i>Single Fiber Pull Out</i>	86
Gambar 4.9	Proses Pengujian SEM	87
Gambar 4.10	Proses Hidrolisis Uji Komposisi	90
Gambar 4.11	Proses Pengujian XRD	91
Gambar 5.1	Jumlah Kandungan Senyawa Serat Sabut Kelapa	94
Gambar 5.2	Profil Kurva Uji XRD	95
Gambar 5.3	Tegangan Tarik Serat Sabut Kelapa	97
Gambar 5.4	Regangan Serat Sabut Kelapa	97
Gambar 5.5	Morfologi Permukaan S2K Tanpa dan dengan Perlakuan Pertama	98
Gambar 5.6	Morfologi Permukaan S2K dengan Perlakuan Kedua.....	98

Gambar 5.7	Morfologi Permukaan S2K dengan Perlakuan Ketiga.....	99
Gambar 5.8	Nilai Kekasaran Permukaan S2K	100
Gambar 5.9	Tegangan Geser Serat dan Matriks Poliester.....	101
Gambar 5.10	Bentuk Alur dan Perikatan Serat Sabut Kelapa.....	101
Gambar 5.11	SEM Alur Tempat Serat Sabut Kelapa Pada Matriks Efek Uji <i>Single Fiber Pull Out</i>	102
Gambar 5.12	SEM Serat yang Terlepas dari Matriks akibat Uji <i>Single Fiber Pull Out</i>	102

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Notasi Proses Perlakuan	126
Lampiran 2 Data-data Hasil Pengujian	127
Lampiran 3 Hasil Foto SEM Permukaan Serat Sabut Kelapa.....	151
Lampiran 4 Hasil Uji <i>Single Fiber Pull Out</i>	153
Lampiran 5 Surat Keterangan Bebas Plagiasi	156
Lampiran 6 Pengesahan Jurnal International I (Published).....	157
Lampiran 7 Pengesahan Jurnal International II (Published).....	167

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
A	Luas penampang	mm^2
B	Massa residu B	gr
C	Massa residu C	gr
D	Massa residu D	gr
E	Massa residu E	gr
F	Gaya tarik	N
L	Panjang tanam serat	mm
M	Massa sampel M	gr
A_c	Kandungan abu	%
H_c	Kandungan hemisellulosa	%
S_c	Kandungan sellulosa	%
L_c	Kandungan lignin	%
W_c	Kadar air	%
d	Diameter serat	mm
\dagger	Tegangan tarik	N/mm^2
\ddagger	Tegangan geser antara serat Dengan matriks	N/mm^2
v	Regangan	%