**r Pengaruh Variasi Persentase Campuran *Polymer Polyester* dan *Vinyl Ester* Terhadap Kekuatan Tegangan Lentur**

**Nusyirwan 1),Muthya Rahma Dini 2)**

1,2) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Indonesia

Email: [nusyirwan1802@gmail.com](mailto:nusyirwan1802@gmail.com)

|  |  |
| --- | --- |
|  | **ABSTRACT** |
| *Un-saturated Polyester (UP) adalah jenis resin thermosetting yang banyak digunakan sebagai pelapis yang banyak dipakai pada struktur otomotif, pesawat terbang, dan konstruki pembangunan kapal . Resin ini memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi, ekonomis dan memiliki ketahanan kimia dan air yang tinggi dan mudah dalam manufaktur ]. Namun kelemahan, UP memiliki ketangguhan yang rendah dan getas, relatif rapuh karena struktur memiliki rantai silang polimer (cross-lingked) dengan ikatan silang yang kaku].. Peningkatan sifat mekanik dari material polimer dapat dilakukan dengan cara pencampuran beberapa polimer.. Tujuan dari Polimer blend adalah untuk mendapatkan sifat mekanik dari masing-masing polimer yang dicampurkan, sehingga diperoleh material polimer paduan baru yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik. Dari pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan bending dari polymer blend polyester dan vinyl ester dengan variasi komposisi campuran 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 60%:40%, dan 0%:100%.*  *Dari hasil pengujian spesimen yang dilakukan pengujian bending dengan variasi komposisi polyester dan vinyl ester dengan metode hand lay up didapat nilai tegangan bending tertinggi pada komposisi polyester 60% dan vinyl ester 40% yaitu sebesar 126,88 MPa.*  **Kata Kunci**: *Polymer Blend, Polyester, Vinyl Ester, Bendimg Test* |
|
|
|
|

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Un-saturated Polyester (UP) adalah jenis resin thermosetting yang banyak digunakan sebagai pelapis yang banyak dipakai pada struktur otomotif, pesawat terbang, dan konstruki pembangunan kapal [1]. Resin ini memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi, ekonomis dan memiliki ketahanan kimia dan air yang tinggi dan mudah dalam manufaktur [2]. Namun kelemahan, UP memiliki ketangguhan yang rendah dan getas, relatif rapuh karena struktur memiliki rantai silang polimer (cross-lingked) dengan ikatan silang yang kaku [3]. Kelemahan ini membatasi aplikasi komersial dari resin UP tersebut. Banyak upaya telah dilakukan untuk meningkatkan ketangguhan bahan ini dengan pengisi termasuk serat eceng gondok [4] [5], nanotube halloysite [6], serat pinus sekrup [7], dan karet [8]. Pendekatan lain untuk ketangguhan UP adalah pengurangan kekakuan dengan mencampurnya dengan bahan kimia yang mengganggu struktur rantai (cross-linked) UP[9]. Studi sebelumnya telah mengeksplorasi kemungkinan tersebut diatas dengan menggunakan VE [10]. Pencampuran atau Blend dengan VE dapat meningkatkan sifat elastisitas dan ketangguhan UP karena gangguan terhadap jaringan rantai silang UP karena struktur rantai yang serupa antara kedua termoset ini [10]. Seperti yang dilaporkan sebelumnya bahwa penambahan resin VE 40% dalam resin UP telah ditemukan untuk menghasilkan peningkatan kekuatan tarik sebesar 63,6% dan pertambahan perpanjangan 85,7% dari campuran kedua resin tersebut [11]. Meskipun ada banyak pekerjaan tentang efek VE pada ketangguhan PU, hampir tidak ada informasi tentang bagaimana dispersi VE memodifikasi struktur rantai UP yang terhubung silang yang dapat diamati dari morfologi permukaan patahan campuran UP/VE. Oleh karena itu tujuan menghasilkan peningkatan kekuatan tarik sebesar 63,6% dan perpanjangan 85,7% saat putusnya campuran [11]. Meskipun ada banyak pekerjaan tentang efek VE pada ketangguhan PU, hampir tidak ada informasi yang jelas tentang bagaimana dispersi VE memodifikasi struktur rantai UP yang terhubung silang yang dapat diamati dari morfologi permukaan rekahan campuran UP/VE. Oleh karena itu tujuan diamati dari morfologi permukaan patahan campuran UP/VE [20].

Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi sifat kekuatan resin poliester kekekuatan mekanik UP yang dicampur dengan VE dan untuk menghubungkannya mengukur perbedaan sifat hingga perubahan struktur polimer. Novelti dari penelitian ini adalah dengan penambahan, MMA juga digunakan untuk mendispersi VE ke dalam matriks UP. Sifat yang diukur adalah viskositas, sifat tarik dan benturan, transparansi dan ketahanan termal. Lebih lanjut karakterisasi yang dilakukan adalah Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), sinar-X X difraksi (XRD), dan pengamatan mikroskop elektron pemindaian emisi lapangan (FESEM) dari permukaan patah morfologi sampel tarik.

Material polimer sangat berpotensi untuk ditingkatkan sifatnya seperti sifat mekanik dan sifat termalnya [1]. Sifat mekanik yang umumnya ditingkatkan dari material polimer ialah ketangguhan dan keuletan,ifat termal yang bermanfaat adalah mempunyai nilai konduktifita termal yang rendah yang dapat dijadikan isolasi termal yang baik. Alasan peningkatan sifat mekanik pada material polimer dikarenakan umumnya material polimer bersifat getas. Sifat dari material polimer yang cendrung getas menyebabkan mudahnya terjadinya retakan atau *crack*.

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi campuran *polyester* dan *vinyl ester* terhadap tegangan lentur material *polymer blend*.

# TINJAUAN PUSTAKA

## Polymer Blend

Polimer adalah kumpulan monomer-monomer yang saling memiliki ikatan satu sama lainnya. Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu *poly* dan *meros*. *Poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian-bagian atau unit-unit dasar [6].

Polimer *blend* sering disebut dengan campuran polimer dan dalam metalurgi sering disebut dengan istilah *alloys* [8]. *Alloys* adalah campuran yang mempunyai dua atau lebih fasa berbeda skala mikro, tetapi sifat-sifat makroskopiknya sama dengan material satu fasa [9]. Pencampuran atau perpaduan pada material polimer disebut dengan istilah *blend*. Polimer *blend* memiliki tujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik dari masing-masing polimer yang dicampurkan. Paduan polimer atau polimer *blend* merupakan istilah yang hanya digunakan pada pencampuran polimer dengan polimer. Istilah polimer *blend* ini tidak berlaku pada pencampuran material polimer dengan material non polimer.

## Polyester

*Polyester* merupakan polimer yang umum digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan material polimer. Penggunaan polimer akan disesuaikan dengan *output* dari produk dan sifat mekanik yang diinginkan nantinya. Sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tergolong baik dan jika ditinjau dari *reasonable costs* tergolong tidak mahal [4].

Berikut beberapa sifat dari *polyester* antara lain: *polyester* memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, resistensi terhadap regangan, bahan kimia dan lumut, memiliki ketahanan abrasi yang sangat baik, perawatan yang mudah, *polyester* memiliki sifat anti air dan cepat kering [10].

Jenis *polyester* yang digunakan pada penelitian ini adalah *unsaturated polyester* (*polyester* tak jenuh) dengan produk Yukalac 1560 BL-EX. Sifat-sifat mekanik *polyester* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik *Polyester*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Item | Satuan | Nilai |
| *Tensile strength*  *Tensile modulus*  *Ultimate strain*  *Poisson’s ratio*  Density  Tg  CTE  *Cure Shrinkage* | MPa  GPa  %  -  g/cm3  ˚C  10-6/˚C  % | 20-100  2,1-4,1  1-6  -  1,0-1,45  100-140  55-100  5-12 |

## Vinyl Ester

*Vinyl ester* merupakan polimer *thermosetting* yang memiliki kinerja yang tinggi terhadap suatu unsur paduan [12]. *Vinyl ester* memiliki sifat mekanik dan sifat termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan polimer lainnya. Selain itu, *vinyl ester* juga memiliki sifat mampu proses yang baik. *Vinyl ester* memiliki potensi yang baik untuk dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal pada suatu unsur paduan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal pada paduan *polyester* [12].

Secara umum*, vinyl ester* dapat dikatakan sebagai jenis resin yang memiliki kombinasi sifat kimia, sifat mekanik, dan sifat termal yang lebih baik dibandingkan resin *epoxy* dengan kemurnian yang lebih bagus dari resin *polyester* [13]. Sifat mekanik *vinyl ester* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Mekanik *Vinyl Ester*

|  |  |
| --- | --- |
| *Properties* | *Vinyl ester resin* |
| *Density* (g/cm3)  *Tensile strength* (MPa)  *Young’s modulus* (GPa)  *Elongation at break* (%)  *Compressive strength* (MPa)  *Cure shrinkage* (%)  *Water absorption* (%) | 1,2-1,4  69-83  3,1-3,8  4-7  86  7,14  0,2 |

Pada Tabel 2 dapat dilihat sifat mekanik dari beberapa polimer yang umum digunakan dalam pembuatan material polimer *blend*. *vinyl ester* digunakan dikarenakan sifat mekanik yang cukup baik, ringan, berkekuatan tinggi, mudah ditemukan,dan harga yang relatif murah dibandingkan dengan polimer lainnya [14]. Pemilihan *vinyl ester* sebagai material *blend* dalam *polyester* dikarenakan sifat mekanik yang baik, tahan temperatur tinggi, dan tahan korosi. Pada penelitian ini *polyester* dipadukan dengan *vinyl ester* yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material polimer *blend.*

## Methyl Methacrylate (MMA)

*Methyl methacrylate* atau sering disebut dengan MMA merupakan bahan polimer yang memiliki sifat *biocompatible*, di mana menjadikan MMA sebagai bahan penelitian dalam studi literatur material biomedis [16]. Molekul MMA yang tergabung dalam rantai ikatan mengarah pada jarak antar ikatan pada ikatan *polyester*, sehingga kekakuan dari struktur jaringan *polyester* berkurang [17]. MMA merupakan material polimer tidak berwarna dan memiliki biaya yang relatif murah [13].

Keuntungan penambahan MMA terhadap suatu paduan adalah menghasilkan material yang bersifat *non-toxicity*, biaya yang relatif lebih rendah, kemudahan dalam proses, kompabilitas, dan dapat digunakan untuk pengolahan material yang memiliki resistansi *fracture* yang besar [18]. Pencampuran MMA terhadap *thermosetting resins* dapat menurunkan viskositas dari polimer *blend* [19]. Penambahan MMA di sini diharapkan biasa membuat struktur jaringan dari *polyester* menjadi homogen [17]. Pada penelitian sebelumnya, didapatkan peningkatan harga impak pada penambahan 10% MMA [17]. Oleh karena itu, penggunaan MMA yang digunakan di sini adalah 10%.

## Pengujian Bending

Uji *bending* (uji lentur) adalah pengujian yang dapat menemukan kualitas suatu material karena dapat memberikan informasi mengenai kekuatan lenturnya. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. Kekakuan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Tegangan atau beban yang diberikan pada spesimen uji haruslah dibawah harga beban maksimum agar spesimen tidak mengalami deformasi plastis.

Uji lentur (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual, saat material diberi beban pada daerah elastis.

Perhitungan kekuatan *bending* didasarkan pada pembebanan arah transversal pada material uji sampai saat terjadinya patah pada material uji. Dengan mengacu pada kondisi pembebanan yang terpusat ditengah-tengah material uji, yang sering disebut “*Three Point Bending*”. Persamaan yang digunakan sebagai berikut [5]:

(1)

Keterangan:

σ = Tegangan lentur(N/mm2)

P = Beban *bending* maksimum (N)

L = Jarak tumpuan (mm)

b = Lebar material uji (mm)

h = Tebal material uji (mm)

# METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) atau melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah pembuatan *polymer blend* yang menggunakan *polyester* dan *vinyl ester* dengan 5 macam variasi campuran yang berbeda, kemudian dilakukan pengujian *bending* yang hasilnya akan dibandingkan dengan komposisi campuran *polymer blend*.

## Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini ada tiga jenis variabel, antara lain:

### **Variabel Bebas**

Variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan komposisi campuran *polyester* dan *vinyl ester* dengan variasi (*polyester* 100% : *vinyl ester* 0%); (*polyester* 90% : *vinyl ester* 10%); (*polyester* 80% : *vinyl ester* 20%); (*polyester* 60% : *vinyl ester* 40%); (*polyester* 0% : *vinyl ester* 100%).

### **Variabel Terikat**

Variabel terikat yang digunakan adalah kekuatan *bending* dan modulus elastisitas.

### **Variabel Terkontrol**

Variabel terkontrol yang digunakan antara lain:

1. Penambahan *Methyl Methacrylate* (MMA) sebanyak 10% dari campuran.
2. Penambahan *catalyst* sebanyak 4% dari campuran.
3. Ukuran spesimen uji *bending* sesuai dengan ASTM D 790.

## Peralatan Penelitian

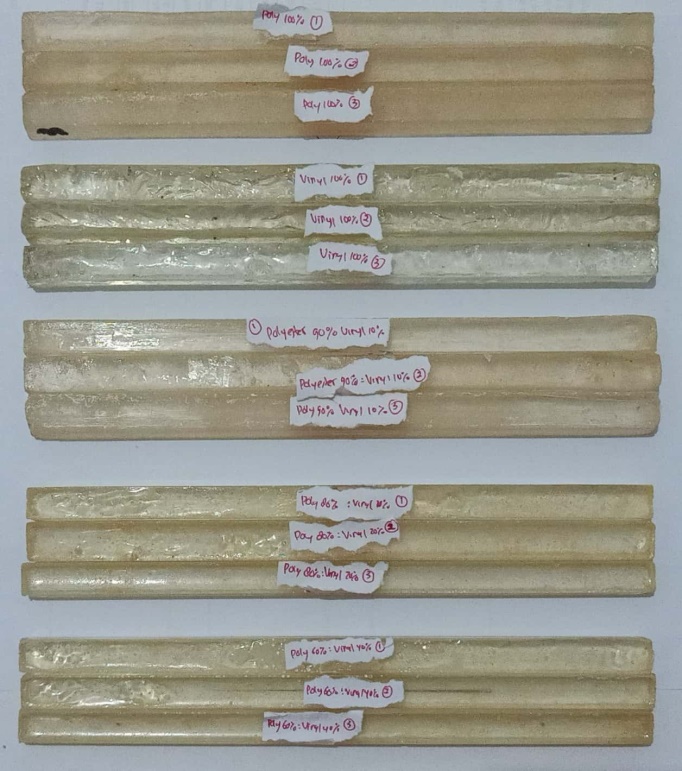
1. Timbangan Digital
2. Cetakan Uji *Bending*
3. Pipet Tetes
4. Gelas Kimia Ukuran 250 ml
5. *Hot Plat Magnetic Stirrer*
6. GALDABINI *universal testing machine series* 32559

## Bahan Penelitian

1. *Unsaturated Polyester*
2. *Vinyl Ester*
3. *Catalyst*
4. *Methyl Methacrylate* (MMA)

## Pembuatan Spesimen Uji Bending

Persiapan material awal berupa pencampuran *polyester,* *vinyl ester, Methyl Methacrylate* (MMA), dan *catalyst* sesuai dengan penentuan perbandingan campuran, dan dilakukan pencetakkan *polymer blend* dengan cetakan spesimen uji *bending* dengan ukuran sesuai dengan ASTM D 790. Jumlah spesimen yang dicetak sesuai dengan banyaknya pengulangan data yang akan diambil sebanyak tiga kali tiap komposisi campuran.



Gambar 1. Spesimen Uji *Bending*

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## Pengujian Bending

Pada data hasil pengujian *bending* diambil dari sampel hasil yang menunjukkan besarnya besarnya harga gaya beban maksimal. Pengujian *bending* ini didapatkan harga gaya beban, tegangan lentur maksimal, regangan dan modulus elastisitas. Dari tiap variabel pengujian terdapat tiga sampel spesimen. Gambar 2 merupakan spesimen saat pengujian bending sedangkan pada tabel 3 dan tabel 4 merupakan hasil dari perhitungan data yang didapat pada saat pengujian *bending* yang dikelompokkan berdasarkan variasi campuran *polymer blend*.



Gambar 2. Pengujian *Bending*

Tabel 3. Nilai Beban dan Tegangan Uji *Bending.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Komposisi *Polyester* : *Vinyl Ester*** | **Beban (Kg)** | **σb (N/mm)** | **Standar Deviasi** |
| 100% : 0 % | 25 | 49,71 | 3,86 |
| 90% : 10% | 32,67 | 63,27 | 2,97 |
| 80% : 20% | 45,33 | 93,79 | 7,88 |
| 60% : 40% | 58 | 126,88 | 11,30 |
| 0% : 100% | 29 | 56,50 | 5,78 |

Tabel 4. Nilai Elongasi Uji *Bending.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Komposisi *Polyester* : *Vinyl Ester*** | **Elongasi (mm)** | **Standar Deviasi** |
| 100% : 0 % | 4,93 | 3,86 |
| 90% : 10% | 5,09 | 2,97 |
| 80% : 20% | 8,85 | 7,88 |
| 60% : 40% | 11,51 | 11,30 |
| 0% : 100% | 7,96 | 5,78 |

Gambar 3. Grafik perbandingan rata-rata nilai beban terhadap komposisi *polymer blend*

Gambar 4. Grafik perbandingan nilai tegangan lentur terhadap komposisi *polymer blend*

Gambar 5. Grafik perbandingan nilai dofleksi makimal terhadap komposisi *polymer blend*.

Berdasarkan hasil pengujian an pengolahan data uji *bending* rata-rata (tabel 3). Harga kekuatan *bending* maksimum terdapat pada komposisi *polymer blend polyester* 60% dan *vinyl ester* 40% yaitu sebesar 126,88 MPa sedangkan harga kekuatan *bending* terendah pada komposisi *polymer blend polyester* 100% dan *vinyl ester* 0% yaitu sebesar 49,71 MPa.

Gambar 6. Grafik perbandingan nilai dofleksi terhadap komposisi *polymer Poly*s*eter blend Vinyle*s*ter.*

Pada komposisi *polymer blend polyester* 90% dan *vinyl ester* 10% nilai rata-rata untuk tegangan *bending* yang diperoleh adalah 63,27 MPa. Dan nilai rata-rata tegangan *bending* untuk komposisi *polyester* 80% dan *vinyl ester* 20% adalah 93,79 MPa. Sedangkan pada komposisi *polyester* 0% dan *vinyl ester* 100% nilai rata-rata tegangan *bending*  adalah 56,50 MPa.

# KESIMPULAN DAN SARAN

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran pada *polymer blend* memiliki pengaruh terhadap harga tegangan *bending*. Hal ini ditunjukkan oleh:

1. Harga tegangan lentur *polymer blend* berubah seiring perbedaan komposisi campuran yang diberikan.
2. Harga tegangan *bending* tertinggi terdapat pada campuran *polyester* 60% : *vinyl ester* 40%, yaitu sebesar 126,88 MPa.
3. Harga tegangan *bending* terendah terdapat pada campuran *polyester* 100% : *vinyl ester* 0%, yaitu sebesar 49,71 MPa.

## Saran

Dalam penelitian ini penulis merasa masih banyak kekurangan, untuk peneliti selanjutnya perlu mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Untuk pembuatan spesimen uji disarankan harus lebih teliti dan hati-hati karena campuran yang digunakan berbeda-beda.
2. Untuk pembuatan spesimen uji ini masih dilakukan secara *hand lay up* yang sangat bergantung pada kemampuan pekerja dan peralatan yang sederhana. Disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah ahli dan dengan peralatan yang lebih modern sehingga diperoleh spesimen uji yang benar-benar baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Riswiyanto, *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga, 2009.

[2] J. C. B. and J. W. Gillespie, “The effects of a thermoplastic polyester preform binder on vinyl ester resin,” *J. Thermoplast. Compos. Mater*, vol. 18, hal. 157–179, 2005.

[3] D. S. Longnecker, *Background and perspective*, vol. 9781441964. ACADEMIC PRESS, INC, 2013.

[4] and A. M. T. A. S. A. N. Mohammed, E.S Zainudin, S. M. Sapuan, M. D. Azaman, “Introduction to Natural Fiber Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites,” *Elsevier Ltd*, 2018.

[5] “(ASTM), AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS,2000a,” *Flexural Prop. unreinforced Plast. Electr. Insul. Mater. ASTM D790. Annu. B. ASTM Stand. Am. Soc. Test. Mater. Philadelphia*.

[6] and R. L. j. oroh, F. P. Sappu, *No Title*. Jurusan teknik Mesin Univ. Sam Ratulangi, 2013.

[7] D. Feldman, *Bahan Polimer Konstruksi, Terjemahan Anton J, Hartono*. PT Gramedia Pustaka Utama, 1995.

[8] D. S. Longnecker, “Background and Perspective,” *Acad. Press. INC*, vol. 9781441964, 2013.

[9] L. Utracki, “Commercial Polymer Blends Hardcover. Springer. W.A. (2014). Pendahuluan Polimer.,” 1998.

[10] B. & all Deopura, “Polyesters and Polyamides. North America: CRC Press LLC.,” 2009.

[11] & all Benmokrane, “Construction and Building Materials,” vol. 9, hal. 353–364, 1995.

[12] & all Ardhyananta, H., “Mechanical and Thermal Properties of Unsaturated Polyester/Vinyl Ester Blends Cured at Room Temperature. IOP Conf. Ser. Mater. Sci.Eng,” vol. 202, no. 1, 2017.

[13] M. B. Launikitis, *Handbook of Composites*. New York: Springer, Boston, MA, 1982.

[14] P. et al Hansmann, “Physical Review B,” vol. 88, 2013.

[15] D. Ratna, *Handbook of Thermoset Resin*. United Kingdom: Ismithers, 2009.

[16] and S. P. S. Jaiswal, P. K. Dutta, S. Kumar, J. Koh, “SC, Carbohydr. Polym,” 2019.

[17] and D. H. H. Abral, R. Fajrul, M. Mahardika, “Improving impact, tensile and thermal properties of thermoset unsaturated polyester via mixing with methyl merhacrylate and thermoset vinyl ester,” 2019.

[18] and N. A. B. U. Ali, K. J. B. A. Karim, “A Riview of the Properties and Applications of Poly (Methyl Methacrylate) (PMMA),” *Polym Rev*, vol. 55, no. 4, hal. 678–705, 2015.

[19] S. K. and S. Vashistha, “Surface Modification of Sisal Fibers 9 (Agave Sisalana) Using Bacterial Cellulase and Methyl Methacrylate,” *J. Polym. Env.*, vol. 20, no. 1, hal. 142–151, 2012.

[20] & S. Khamid, Abdul, “Rancanga Bangun Alat Uji Bending Sistem Hidrolik dan Hasil Pengujian untuk Bahan Uji Besi Cor,” 2011.