

PENGARUH VARIASI ANYAMAN SERAT DAN RESIN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT KARBON DENGAN CORE HONEYCOMB

Hary Prasetya Nugraha

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: hary.17050754058@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan karena banyaknya keluhan pengguna *skateboard* tentang papan yang cepat rusak karena pelapukan. Penggunaan material kayu sebagai bahan pembuatan papan *skateboard* memiliki bobot yang terhitung berat dan kelemahan yang tidak tahan terhadap air. Dari berbagai macam keluhan yang ada, penulis menjadi tertarik untuk meneliti alternatif lain untuk bahan pembuatan papan *skateboard* yang memiliki keunggulan lain seperti menggunakan material hasil komposit dengan serat karbon dan resin jenis *epoxy* serta *polyester*.

Metode penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen. Material komposit ini menggunakan matriks resin *polyester yukalac BQTN 157 – EX* dengan campuran katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide (MEKP)* dikarenakan memiliki harga murah dan memiliki sifat mekanik yang tinggi dan resin *Epoxy bisphenol a-epiclorohydrin* dengan *hardener polyiminoamide*. Penguat yang digunakan dalam pembuatan komposit ini menggunakan anyaman serat karbon dikarenakan masih sedikitnya penelitian mengenai penguat tersebut dan penggunaan nya untuk aplikasi pembuatan papan *skateboard* yang masih sangat sedikit. Dalam pembuatan material komposit ini peneliti membandingkan antara jenis resin yang digunakan dan jenis anyaman dari serat karbon yang digunakan. Pembuatan komposit ini menggunakan metode *Hand lay-up* dengan tujuan untuk meminimalkan budget sehingga ketika sudah jadi harga jual dari papan *skate board* tidak kalah saing karena terlalu mahal harganya.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa semakin panjang jarak anyaman maka nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending semakin menurun. Begitupula untuk jenis variasi resin yang digunakan mendapatkan nilai kekuatan yang berbeda dengan signifikan. Nilai kekuatan tarik anyaman plain menggunakan resin *epoxy* mendapatkan hasil uji 38,07 MPa. Sedangkan untuk jenis anyaman *twill* dengan resin *epoxy* mendapatkan hasil uji 36,50 MPa. Untuk variasi anyaman *plain* dengan resin *polyester* mendapatkan kekuatan tarik 36,92 MPa, sedangkan untuk anyaman *twill* dengan resin *polyester* mendapatkan nilai sebesar 28,49 MPa.

Kekuatan bending yang di dapatkan dari penelitian yang saya lakukan dengan variasi anyaman plain resin *epoxy* mendapatkan hasil 20,71 MPa, kemudian untuk anyaman *twill* resin *epoxy* mendapatkan hasil 19,30 MPa. Sementara itu untuk variasi anyaman plain dan resin *polyester* mendapatkan hasil nilai 5,65 MPa dan jenis anyaman *twill* dengan resin *polyester* mendapatkan nilai 4,96 MPa.

Untuk hasil penelitian yang mendapatkan pengujian dengan nilai tertinggi diperoleh pada variasi jenis anyaman plain dengan resin *epoxy* yang mendapatkan kekuatan tarik 38,07 MPa dan kekuatan bending 20,71 MPa

Kata kunci: Komposit Sandwich, Bending, Tarik, Serat Karbon, *Hand Lay-up*

Abstract

This research project was conducted out in response to several user complaints from skateboarders regarding boards that weather-damage too soon. Using wood to make skateboards and other boards Its weight is somewhat substantial, and its inability to withstand water is a drawback. Because of the numerous concerns, the author became curious in different materials that may be used to make skateboards. These materials include composite materials made of carbon fiber, epoxy resin, and polyester, all of which have additional benefits.

Experimental research is the research methodology employed. Because it is inexpensive and has good mechanical qualities, this composite material employs a resin matrix polyester yukalac BQTN 157 – EX with a catalyst mixture of methyl ethyl ketoperoxide (MEKP) and resin epoxy bisphenol a-epiclorohydrin with hardener polyiminoamide. Weaved carbon fiber is the reinforcement utilized in this composite because its application in the production of boards has not received much attention. skateboard, which remains tiny. Researchers compared the types of carbon fiber weave and resin utilized in the creation of this composite

material. The goal of creating this composite with the Hand lay-up approach is to keep costs as low as possible so that when it becomes the selling price of the board skate board not less competitive because the price is too expensive.

The results of this research state that the longer the weaving distance, the tensile strength and bending strength values decrease. Likewise, the various types of resin used have significantly different strength values. The tensile strength value of plain webbing using epoxy resin obtained test results of 38.07 MPa. Meanwhile, the twill woven type with epoxy resin obtained a test result of 36.50 MPa. For variations of plain woven with polyester resin, the tensile strength is 36.92 MPa, while for twill woven with polyester resin the value is 28.49 MPa.

The bending strength obtained from the research I conducted with variations of plain epoxy resin woven results was 20.71 MPa, then for epoxy resin twill woven results it was 19.30 MPa. Meanwhile, the plain woven and polyester resin variations obtained a value of 5.65 MPa and the twill woven type with polyester resin obtained a value of 4.96 MPa

The research results that obtained the highest test scores were obtained from variations of the plain woven type with epoxy resin which obtained a tensile strength of 38.07 MPa and a bending strength of 20.71 MPa.

Keywords: composite Sandwich, Bending, Tensile, Carbon Fiber, Hand Lay-up

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi secara pesat diberbagai berbagai bidang mendorong tercipta banyaknya bermacam-macam material yang ringan dengan efisiensi yang tinggi sesuai dengan kebutuhan diinginkan dan lebih kompetitif. Hasil penelitian suatu material komposit diharapkan menghasilkan produk yang lebih kuat, ringan, dan ekonomis. Penggunaan material komposit dapat diterapkan untuk pembuatan papan *skateboard* sesuai dengan sifat dari material komposit yang ringan serta kuat dan tahan lama. Material pengganti dari logam yang sudah banyak digunakan dalam pembuatan berbagai macam produk adalah komposit.

Komposit adalah alternatif material dari perpaduan dua atau lebih materi pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen dimana masing-masing material pembentuknya memiliki sifat mekanik yang berbeda (Widodo, 2008). Secara umum komposit banyak digunakan di bidang industri otomotif, dirgantara maupun perkapalan. Material komposit sebagai bahan penguat secara umum berbahan dasar serat kaca, kevlar, karbon, ataupun serat alam. Matrik yang biasa digunakan adalah resin *epoxy* dan *polyester*. Harga material komposit diharapkan dapat turun 50% dari harga logam dengan terus dikembangkannya produk komposit dengan material serat sintetis.

Salah satu potensi yang bisa banyak dikembangkan dari komposit berjenis komposit *sandwich*. Pembuatan komposit *sandwich* bertujuan untuk memiliki efisiensi masa yang optimal, namun mempunyai kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Banyak variasi dari komposit *sandwich*, tetapi faktor utama dari komposit ini merupakan *core* yang ringan sehingga memperkecil masa jenis dari material serta skin yang memberikan kekuatan pada

komposit *sandwich* (wijoyo, 2014). Metode pembuatan komposit terbagi menjadi proses cetakan terbuka dan proses cetakan tertutup (Nayiroh, 2013)

Salah satu material yang cocok digunakan sebagai komposisi komposit *sandwich* adalah serat karbon dengan inti *honeycomb*. Serat karbon memiliki masa yang ringan serta ketangguhan yang bisa diandalkan. Kekuatan komposit *sandwich* secara umum bergantung pada jumlah lapisan serat dan jenis inti yang digunakan yang disesuaikan dengan tujuan pembuatan material sesuai karakteristik material yang diinginkan. Komposit *sandwich* untuk dapat digunakan harus diuji kekuatannya dalam pengujian kekuatan ini diperlukan pengujian tarik dan *bending* (Hariyanto, 2007).

Hasil penelitian tentang penelitian komposit yang telah dilakukan oleh Katsir, Ibnu dkk (2020) yang berjudul “Body Mobil dengan Komposit Matriks *Fiber Carbon-Honeycomb* dan Penguat Resin *Lycal*” yang menggunakan bahan anyaman serat karbon tipe *Twill 2/2* dengan lebar 1500mm, massa 220 gram/m² dan jumlah filamen 3000 filamen/ anyaman. Hasil tegangan tarik rata-rata yang di dapatkan dari hasil spesimen 1 lapisan adalah 1562,31 kg/mm², spesimen 2 2954,12 kg/mm², spesimen ketiga 3449,49 kg/mm². Uji *bending* dengan metode *tri point bending* standar ASTM D790-02, dengan spesifikasi spesimen Panjang 100mm, lebar 30mm, dan tebal (9,11,13) mm. Hasil dari pengujian *bending* 1 lapisan menggunakan beban rata rata 3,5 kg/cm², spesimen kedua 4,4 kg/cm², dan spesimen ketiga 5 kg/cm².

Pada penelitian Rahmat Firman Septiyanto, Akbar Hanif Dawam Abdullah (2015) dengan judul “Perbandingan Komposit Serat Alam dan Serat Sintetis melalui Uji Tarik dengan Bahan Serat jute dan *e-glass*” menyatakan hasil dengan menggunakan tiga lapis serat yang digunakan pada masing-masing jenis serat yang

digunakan. Pada penelitian tersebut dilakukan uji tarik yang kemudian didapatkan data kekuatan tarik maksimal pada serat alam 45,961 MPa dengan pertambahan panjang sebesar 8,9278%, sedangkan pada komposit yang menggunakan serat sintetis didapatkan kekuatan tarik maksimal sebesar 123,77 MPa dengan pertambahan Panjang 8,2299%.

Penelitian dilakukan juga oleh Andriana Erlangga dkk, 2017 dengan berjudul “Proses Perancangan Papan Skateboard dengan Menggunakan Struktur Sandwich Composite” menghasilkan alternatif desain pertama menghasilkan tebal papan 8 mm dengan kekakuan lentur 269,51 Nm³, kemudian pada alternatif desain kedua menghasilkan ketebalan 8 mm dengan kekakuan lentur 251,27 Nm³, pada alternatif desain kedua menghasilkan ketebalan 11 mm dengan kekakuan lentur 209,46 Nm³, pada alternatif desain empat menghasilkan ketebalan 11 mm dengan kekakuan lentur 227,75 Nm³, pada alternatif desain terakhir menghasilkan ketebalan 11 mm dengan kekakuan lentur 205,16 Nm³. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian diatas alternatif desain yang paling optimal yaitu alternatif desain ketiga yaitu struktur sandwich dengan material face dari Generic EGlass/Epoxy Unidirectional Prepreg dan core dari kayu Balsa dengan massa jenis 96 kg/m³.

Dalam pembuatan material komposit sebagai bahan alternatif pengganti papan skateboard masih membutuhkan proses permesinan lanjut untuk membentuk papan sesuai dengan standard papan skateboard. Berdasarkan hal tersebut penggunaan inti honeycomb merupakan solusi kreatif sebagai pengembangan teknologi komposit ramah lingkungan dengan serat sintetis berupa serat karbon.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jenis resin berkuat serat karbon yang berbeda terhadap pengujian tarik dan pengujian bending :

- Alat yang dipakai dalam pengujian tarik T.Grocki dengan ASTM D638-03.
- Pengujian bending mengacu pada standard ASTM D790-03

Waktu Dan Tempat Penelitian

➤ Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2021 – Mei 2021.

➤ Tempat

Penelitian ini dilakukan di :

- Proses pembuatan spesimen dilakukan di workshop GARNESA Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian Bending dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.
- Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.

Obyek Penelitian

Orientasi penelitian final ini merupakan spesimen komposit dengan variasi yang digunakan.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah

➤ Variabel bebas

- Anyaman Serat karbon berjenis Plain (C-19) dan Anyaman Twill (C-13)
- Resin Epoxy dan Resin Polyester

➤ Variabel Terikat

Pada penelitian ini menggunakan variabel terikat pengujian bending dan pengujian tarik.

➤ Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah

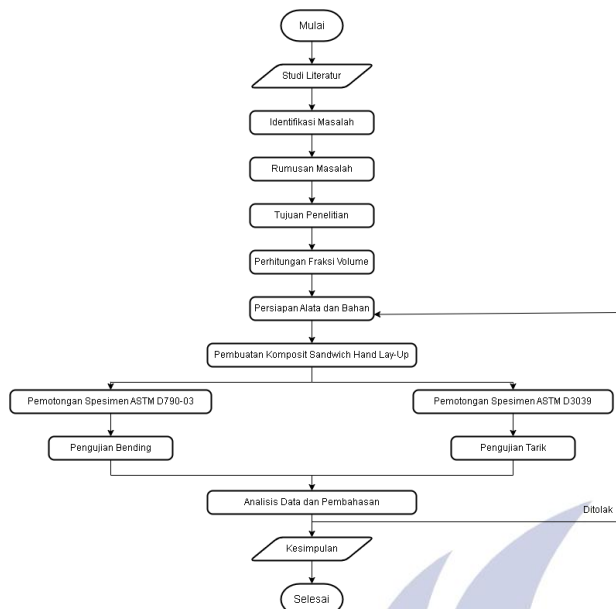
- Matrik Epoxy Bisphenol a-epiclorohydrin dengan hardener Polyiminoamide
- Matriks yang digunakan yaitu polyester yukalac 157 BQTN-EX dengan katalis Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO)
- Layer serat karbon sebanyak 1 lapis
- Fraksi volume skin 4%
- Tebal core komposit sandwich sebesar 10mm

Spesimen Penelitian

Spesimen uji berupa material komposit yang sesuai dengan standard pengujian tarik ASTM D638-03 dan sesuai dengan standard pengujian bending ASTM D790-03

Rancangan Penelitian

Berikut rancangan penelitian ini yang disajikan dalam bentuk flowchart pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowcart Penelitian

Bahan, Peralatan Dan Instrumen Penelitian

➤ Bahan Penelitian

- Serat karbon bertipe C-19 dan C-13
- Resin *epoxy* dengan hardener
- Resin *polyester* dan katalis
- *Honeycomb*
- *Wax*
- *Thinner A Spesial*
- *Acrylic sheet*

➤ Peralatan Penelitian

- Kuas
- Gelas plastik
- Gerinda Potong
- Gunting
- Timbangan digital

➤ Instrumen Penelitian

- Mesin uji bending
- Mesin uji tarik

Proses Pembuatan Komposit *Hand Lay-Up*

➤ Langkah proses:

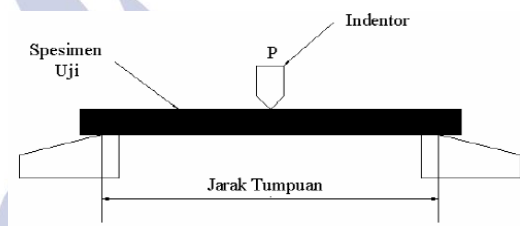
- Persiapan alat dan bahan.
- Pengolesan *mirror glaze* pada permukaan cetakan.
- Pemotongan inti *honeycomb*.
- Pemotongan serat karbon.
- Menaruh serat karbon sebagai skin pada cetakan dan mengoleskan resin
- Menaruh inti *honeycomb* yang sudah diolesi resin diatas lapisan skin pertama.
- Mengoles inti pada bagian yang belum tertutup resin.

- Meletakkan serat sebagai skin paling atas setelah dioles resin secara merata.
- Menaruh lembar akrilik yang sudah di oles wax pada bagian paling atas dan diberi pemberat
- Mengeluarkan material komposit yang sudah mengering
- Pemotongan sesuai dengan ASTM yang digunakan untuk spesimen siap uji

Pengujian Bahan

➤ Uji Bending

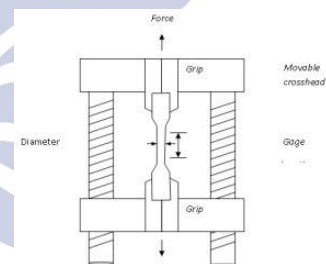
Pengujian bending menggunakan metode *three point bending* pada bagian atas spesimen dengan ASTM D790-03



Gambar 2. Spesimen Uji Bending

➤ Uji Tarik

Uji tarik mengacu pada standard ASTM D790-03.



Gambar 3. Bentuk Spesimen Uji Tarik

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, digunakan teknik analisis data kuantitatif deskriptif dan kualitatif deskriptif. Kualitatif deskriptif dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

➤ Uji Bending

Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik

Variasi Resin	Model Anyaman	Spesimen	Beban Bending Maks (kg)	Beban Bending Maks (N)	Tegangan Bending (Mpa)
Epoxy Bisphenol a-epidolohydrin	C-13 Twill	1	32,4	317,74	21,51
		2	31,2	305,97	20,71
		3	23,6	231,44	15,67
		Rata - Rata	29,06	285,05	19,30
	C-19 Plain	1	32,2	315,77	21,38
		2	30,0	294,20	19,92
		3	31,4	307,93	20,84
		Rata - Rata	31,2	305,96	20,71
polyester yukalac 157 BQTN-EX	C-13 Twill	1	5,4	52,96	3,58
		2	8,8	86,29	5,84
		3	8,2	80,41	5,44
		Rata - Rata	7,46	73,22	4,96
	C-19 Plain	1	8,0	78,45	5,31
		2	8,6	84,28	5,70
		3	10,2	100,3	6,79
		Rata - Rata	7	83,58	5,93

➤ Uji Tarik

Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik

Variasi Resin	Model Anyaman	Spesimen	Beban Tarik Maks (kg)	Beban Tarik Maks (N)	Tegangan Tarik (Mpa)
Epoxy Bisphenol a-epidolohydrin	C-13	1	361,66	3544,32	34,08
		2	386,82	3790,8	36,45
		3	413,77	4054,96	38,99
		Rata - Rata	382,89	3752,32	36,50
	C-19	1	428,42	4198,48	40,37
		2	393,28	3854,24	37,06
		3	390,53	3827,20	36,80
		Rata - Rata	377,37	3698,24	36,07
polyester yukalac 157 BQTN-EX	C-13	1	304,15	2980,64	28,66
		2	288,55	2827,76	27,19
		3	314,55	3082,56	29,64
		Rata - Rata	302,34	2962,96	28,49
	C-19	1	382,57	3749,2	36,05
		2	379,06	3714,88	35,72
		3	413,77	4054,96	38,99
		Rata - Rata	383,95	3762,72	36,92

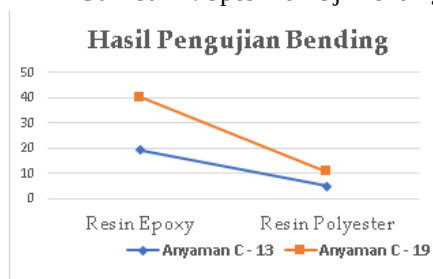
Pembahasan

➤ Analisis Pengujian Bending

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada jenis variasi yang diteliti, dinyatakan bahwa jenis variasi anyaman yang digunakan tidak terlalu berpengaruh signifikan. Sedangkan pada jenis resin yang digunakan terdapat perubahan nilai uji yang sangat signifikan.



Gambar 4. Spesimen Uji Bending



Gambar 5. Diagram Bending Spesimen

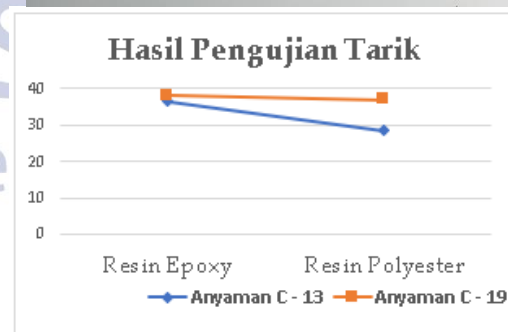
Hasil dari pengujian bending yang sudah dilakukan dengan variasi jenis anyaman *plain* menggunakan resin *epoxy* memiliki hasil pengujian tertinggi mencapai 20,71 Mpa. Sedangkan untuk jenis anyaman *twill* dengan resin *epoxy* mendapatkan hasil uji 19,30 Mpa. Kemudian untuk hasil uji tertinggi yang menggunakan resin *polyester* juga ketika menggunakan jenis anyaman *plain* dengan nilai 5,93 Mpa. Sedangkan untuk jenis anyaman *twill* hanya mendapatkan nilai sebesar 4,96 Mpa.

Hasil uji dengan nilai tertinggi ditemukan pada variasi anyaman *plain* dengan menggunakan resin *epoxy*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang membandingkan kekuatan tarik dan kekuatan bending dari serat karbon yang dilakukan oleh Jamal Bidadi, Hamed Saeidi (2023) yang menyatakan bahwa kekuatan tarik serat karbon bisa mencapai 3,5 GPa – 7 GPa, sedangkan kekuatan bending nya cenderung lebih rendah sekitar 1,5 GPa hingga 2,5 GPa.

➤ Analisa Pengujian Tarik

Berdasarkan pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat dengan jenis anyaman *plain* dan resin *epoxy* menjadi jenis variasi yang terbaik. Diperkuat oleh jurnal penelitian yang sudah dilakukan oleh Febri Wulandari (2022,) “Semakin panjang jarak anyaman maka nilai kekuatan tensil akan menurun”.

Gambar 6. Spesimen Uji Tarik



Gambar 7. Diagram Uji Tarik

Hasil dari pengujian tarik yang sudah dilakukan dengan variasi jenis anyaman *plain* menggunakan resin *epoxy* memiliki hasil pengujian tertinggi mencapai 38,07 Mpa. Sedangkan untuk jenis anyaman *twill* dengan resin *epoxy* mendapatkan hasil uji 36,50 Mpa. Kemudian untuk hasil uji tertinggi

yang menggunakan resin *polyester* juga ketika menggunakan jenis anyaman plain dengan nilai 36,92Mpa. Sedangkan untuk jenis anyaman *twill* hanya mendapatkan nilai sebesar 28,49 Mpa.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian, pengujian, dan Analisa yang telah dilakukan pada komposit sandwich maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaruh jenis anyaman dan resin yang digunakan pada hasil pengujian tarik tertinggi didapatkan pada variasi anyaman *plain* (C-19) dengan resin *epoxy* yang didapatkan nilai 38,07 Mpa. Sedangkan nilai pengujian tarik terendah terjadi pada variasi anyaman *twill* (C-13) dengan resin *polyester* dengan nilai 28,49 Mpa. Untuk variasi anyaman *plain* (C-19) dengan resin *polyester* didapatkan nilai kekuatan tarik 36,92 Mpa, sedangkan untuk nilai tarik variasi anyaman *twill* (C-13) resin *polyester* adalah 28,49 Mpa. Hasil data pada pengujian tarik tersebut menunjukkan bahwa jenis resin yang digunakan berpengaruh sedangkan untuk jenis anyaman yang digunakan tidak terlalu berpengaruh dalam pembuatan spesimen komposit sandwich.
- Pengaruh jenis anyaman dan resin yang digunakan pada hasil pengujian bending tertinggi didapatkan pada variasi anyaman *plain* (C-19) dengan resin *epoxy* yang mencapai 20,71 Mpa. Sedangkan hasil pengujian bending terendah didapatkan pada variasi *twill* (C-13) dengan menggunakan resin *polyester* mendapatkan hasil 4,93 MPa. Untuk variasi lain yang digunakan seperti *plain* (C-19) resin *polyester* mendapat hasil uji 5,93 Mpa. Untuk variasi *twill* (C-13) resin *epoxy* mendapatkan nilai 19,30 Mpa. Hasil dari data pengujian bending tersebut menunjukkan bahwa jenis resin yang digunakan sangat berpengaruh dalam pembuatan spesimen yang di uji.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya :

- Diharapkan peneliti selanjutnya untuk memberikan variasi jumlah layer dari serat karbon yang digunakan untuk lebih banyak.
- Diharapkan penelitian selanjutnya memberikan pelapisan yang lebih merata dan tidak hanya sekali Ketika mengoles serat karbon menggunakan resin.
- Proses pemotongan spesimen harus lebih presisi sesuai dengan standar astm yang digunakan jika menginginkan pengujian yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2003. D790-03 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. United states.
- Cahyo, Mohammad Teguh Dwi. 2015. "Studi Tebal Core Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat *Carbon* Terhadap Kekuatan Bending Dengan Matrik *Polyester*". Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Kopeliovich & Dimitri. 2012. "Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites". Wayback Machine.substech.com.
- Pangestuti, Endah Kanti dan Fajar Sri Handayani. 2009. Penggunaan *Carbon Fiber Renforced Plate* Sebagai Tulangan Eksternal Pada Struktur Balok Beton. *Media Teknik Sipil*, Volume IX. No 2: 107-115.
- Prayoga, Devit Alda. 2020. "Pengaruh Jumlah Laminasi Core Komposit *Sandwich* Serat *Kenaf* Dengan Core Kayu Sengon 86 Terhadap Kekuatan Bending". Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Sari, Nindya. 2018. "Analisa Pengaruh Sudut Karbon *Twill* Dan *Fiber E-Glass* Dengan Core *Polyurethane* Pada Komposit *Sandwich* Menggunakan Metode *Bagging Vacuum* dan Pengujian *Three Point Bending*". Tugas Akhir. Fakultas Vokasi. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.
- Suyadi, Hafez Haris Ariya. 2015. "Pengaruh Metode Hand Lay Up Dan Vacuum Infusion Terhadap Sifat Mekanik Material Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Pada Pembuatan Kapal Patroli Bea Cukai". Diploma Thesis. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya: Surabaya.
- Hadi B. (2001) Mekanika struktur komposit.
- Tim Penyusun Skripsi. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1)*. Universitas Negeri Surabaya.