



Analisa statistik terhadap variabel penelitian jumlah lapisan fiberglass dan waktu paparan sinar ultraviolet pada komposit poliester tak jenuh

Tri Partuti^{a,1}, Muhamad Fadil^a, Yanyan Dwiyaniti^b

^aJurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman Km. 03, Cilegon, 42435, Indonesia

¹E-mail: tri.partuti@untirta.ac.id

^bJurusan Statistik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman Km. 03, Cilegon, 42435, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 00 Desember 00
Direvisi pada 00 Januari 00
Disetujui pada 00 Februari 00
Tersedia daring pada 00 Maret 00

Kata kunci:

Kaca jendela, fiberglass, indeks bias, paparan sinar UV, uji korelasi

Keywords:

Window glass, fiberglass, refractive index, UV exposure, correlation test

ABSTRAK

Material jendela seperti kaca mudah pecah. Perlu dicari alternatif material pengganti dengan sifat seperti kaca yang tembus pandang tetapi tidak mudah pecah. Material komposit dapat digunakan sebagai alternatif pengganti kaca. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit matriks poliester tak jenuh dengan penguat chopped strand mat (CSM) dengan metode hand lay-up. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh jumlah lapisan CSM terhadap kuat tarik, indeks bias dan sifat fisik komposit terhadap paparan sinar ultraviolet (UV) selama 3 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lapisan CSM dapat meningkatkan nilai kuat tarik komposit dengan nilai kuat tarik sampel 0, 1, 2, 3 lapis sebesar 26,55 MPa, 36,06 MPa, 51,34 MPa, dan 63,91 MPa. Sedangkan paparan sinar-UV ternyata dapat menurunkan kuat tarik komposit. Pada sampel 0, 1, 2, dan 3 lapis setelah penjemuran selama 3 bulan terjadi penurunan nilai kuat tarik sampel masing-masing 15,81 MPa, 20,33 MPa, 21,69 MPa, dan 51,99 MPa. Hasil pengujian indeks bias menunjukkan paparan sinar-UV berpengaruh terhadap nilai indeks bias. Indeks bisa meningkat pada 0 dan 1 lapisan, tetapi menurun untuk 2 dan 3 lapisan setelah paparan UV 3 bulan. Hasil pengamatan menunjukkan terdapat perubahan warna menjadi kuning pada komposit yang telah dijemur selama 3 bulan. Indeks bias material komposit yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 15-0047-2005 untuk kaca lembaran, yaitu 1,49 -1,55. Korelasi antara variabel paparan sinar UV dengan indeks bias mempunyai kategori korelasi lemah, yaitu 0,159, sedangkan hubungan antara jumlah lapisan fiberglass dan indeks bias mempunyai kategori korelasi kuat, yaitu 0,896.

ABSTRACT

The glass in the windows breaks easily. It is necessary to look for alternative replacement materials with properties like glass that are transparent but do not break easily. Composite can be used as an alternative to glass. In this research, unsaturated polyester matrix composite was made with chopped strand mat (CSM) fiberglass reinforcement with hand lay-up method. This research was conducted to know the effect of CSM fiberglass layers on tensile strength, refractive index and physical properties of composites on exposure to ultraviolet (UV) for 3 months. The results showed that addition of CSM fiberglass layers can increase the tensile strength value of composites with sample tensile strength values of 0, 1, 2, 3 layers by 26.55 MPa, 36.06 MPa, 51.34 MPa, and 63.91 MPa, respectively. While exposure to UV was found to reduce the tensile strength of composite. In samples 0, 1, 2, and 3 layers, after 3 months UV exposure, there was a decrease in tensile strength values of samples to 15.81 MPa, 20.33 MPa, 21.69 MPa, and 51.99 MPa, respectively. Refractive index test showed that exposure to UV had an effect to refractive index value. The samples changed in color to yellow after exposure to UV for 3 months. The index could increase for 0 and 1 layer, but decrease for 2 and 3 layers after 3 months of UV exposure. The refractive index of composite material did not meet SNI 15-0047-2005 standard for flat glass, namely 1.49 -1.55. Correlation between UV exposure variables and refractive index had weak correlation category, namely 0.159, while relationship between number of fiberglass layers and refractive index had strong correlation category, namely 0,896.

Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.36055/furnace>



1. Latar Belakang

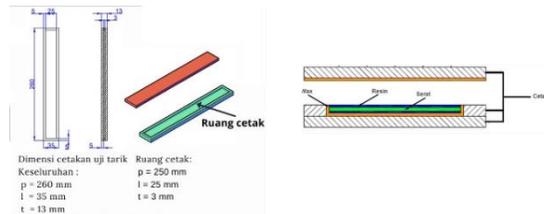
Material jendela sebagai bagian dari rumah biasanya terbuat dari kaca. Sifat kaca adalah transparan, tahan terhadap cuaca, tetapi mudah pecah, sehingga perlu dicari alternatif penggantinya yang tidak mudah pecah. Salah satu alternatifnya adalah material komposit. Material komposit dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan matriks penyusunnya, yaitu Metal Matrix Composite (MMC), Ceramic Matrix Composite (CMC) dan Polymer Matrix Composite (PMC). PMC memiliki kelebihan yaitu lebih ringan dan mudah dalam fabrikasinya. Matriks PMC dapat berupa polimer termoplastik ataupun termoset. Polimer termoset lebih mudah dalam pembuatannya karena dalam proses fabrikasinya dapat dilakukan dalam suhu ruang dan tidak perlu pemanasan. Polimer termoset yang sering digunakan dalam penelitian adalah resin epoksi, vinyl ester dan poliester. Resin poliester lebih ekonomis dibandingkan epoksi dan vinyl ester.

Penelitian komposit dengan matriks poliester dan *woven roving* (WR) fiberglass sebagai penguat telah dilakukan dengan memvariasikan komposisi serat 0% (0 lapis), 23,0% (4 lapis), 27,2% (5 lapis), dan 30,9% (6 lapis) [1]. Berdasarkan hasil pengujian tarik, diperoleh nilai kekuatan tarik yang mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya komposisi serat yang digunakan. Nilai kuat tarik berturut-turut setiap variasi 0%; 23%; 27,2%; dan 30,9% berturut-turut adalah 23,73 MPa, 127 MPa, 138,99 MPa dan 185,24 MPa. Penelitian lainnya juga pernah dilakukan dengan menggunakan pengujian cuaca, dimana matriks yang digunakan adalah resin poliester dan berpenguat *chopped strand mat* (CSM) fiberglass dan *woven roving* (WR) fiberglass yang disusun bertumpuk seperti sandwich [2]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit yang dilakukan penjemuran pada area terbuka mengalami penurunan tegangan dan regangan, tetapi mengalami peningkatan pada nilai modulus. Penelitian menggunakan resin BS3532/Crystic 491E isotalik dan E-Glass Mat BS 3496 sebagai penguat [3]. Sampel diambil dengan rata-rata 10 hari untuk dilakukan pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu penjemuran. Pada penelitian ini ditemukan, kelembaban di atas 40% meningkatkan degradasi komposit.

Penelitian menggunakan resin poliester dengan serat fiberglass belum pernah dilakukan untuk mengetahui indeks bias komposit. Analisa statistik untuk mengetahui pengaruh antar variabel penelitian pada material komposit juga masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan material komposit dengan resin poliester dan fiberglass sebagai alternatif material pengganti kaca jendela. Jenis fiberglass yang digunakan adalah *chopped strand mat* dalam bentuk lembaran karena diharapkan mampu mengisi sudut cetakan [4]. Lapisan fiberglass terdiri dari 1, 2 dan 3 lapis. Metode yang digunakan adalah *hand lay-up*. Pengujian terhadap material komposit yang dilakukan adalah uji tarik, uji indeks bias, uji fisik sebelum dan setelah material komposit dipaparkan di bawah sinar matahari selama 1, 2, dan 3 bulan, serta uji statistik mengetahui hubungan antar variabel penelitian. Diharapkan material komposit memiliki indeks bias yang menyerupai kaca lembaran sesuai standar SNI 15-0047-2005, yaitu 1,49 -1,55.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan membuat cetakan sesuai dengan standar uji tarik ASTM D3039 seperti terlihat pada Gambar 1. Serat gelas CSM dipotong sesuai dengan ukuran cetakan. Variasi CSM adalah 1, 2, dan 3 lapis. Resin poliester dicampurkan dengan metil etil keton (MEK) dengan rasio 20:1. Fiberglass dan resin disusun dalam cetakan dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Sampel komposit yang telah dicetak dikeringkan selama 3 jam. Komposit selanjutnya dijemur di area terbuka, dipaparkan sinar ultraviolet yang berasal dari sinar matahari dengan durasi waktu selama 1, 2, dan 3 bulan. Selanjutnya, komposit dilakukan pengujian tarik dan pengujian indeks bias dengan refraktometer. Sampel komposit sebelum dipaparkan sinar ultraviolet terlihat pada Gambar 2. Analisa statistik selanjutnya dilakukan untuk mengetahui pengaruh hubungan antar variabel penelitian.



Gambar 1 Cetakan sampel uji tarik standar ASTM D3039.

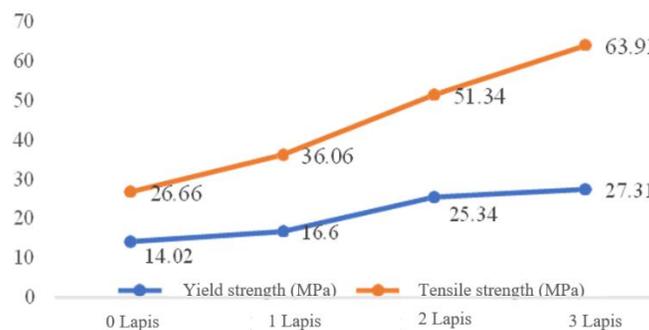


Gambar 2 Sampel komposit dengan 0, 1, 2, dan 3 lapis fiberglass CSM.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh jumlah lapisan fiberglass CSM terhadap kekuatan tarik komposit enulisan Sub Bagian

Sifat mekanik pada komposit dipengaruhi oleh sifat mekanik dari matrik dan penguatnya. Selain dari material penyusunnya, sifat mekanik komposit juga dipengaruhi oleh ikatan antara matrik dan penguatnya. Salah satu dari sifat mekanik tersebut adalah kuat tarik. Kuat tarik dapat didefinisikan sebagai tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material saat di tarik sebelum patah [5].



Gambar 3 Hasil uji tarik sampel komposit terhadap variasi lapisan fiberglass CSM.

Semakin tinggi nilai kuat tarik maka semakin kuat material tersebut dapat menahan suatu beban. *Yield Strength* (YS) dapat didefinisikan sebagai tegangan maksimum yang dapat diterima material sebelum terjadi deformasi plastis. Jika tegangan yang diberikan di bawah nilai YS suatu material maka material tersebut akan kembali ke bentuk awal jika tegangan dilepas. Namun jika tegangan yang diberikan melebihi dari YS maka material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk awal ketika tegangan dilepaskan [6]. Berdasarkan hasil uji tarik pada Gambar 3 terlihat bahwa kuat tarik dari komposit meningkat dengan bertambahnya jumlah lapisan fiberglass CSM. Pada sampel komposit 0 lapis

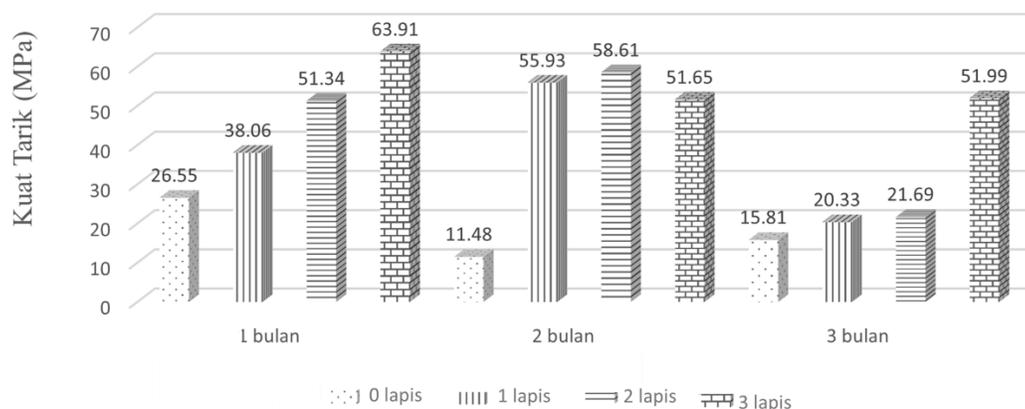


terjadi peningkatan nilai kuat tarik sebesar 35,8% menjadi 36,06 MPa dengan penambahan 1 lapisan, kenaikan sebesar 42,3% menjadi 51,34 MPa pada sampel 2 lapis, dan kenaikan sebesar 36,1% menjadi 63,91 MPa pada sampel 3 lapis. Peningkatan nilai kuat tarik dikarenakan *fiberglass* CSM memiliki sifat kekuatan dan modulus tinggi sehingga bisa berperan sebagai penguat dalam komposit polimer [7].

Meningkatnya jumlah *fiberglass* CSM di dalam matriks polimer mengakibatkan semakin banyak serat yang dapat mentransfer tegangan ke seluruh bagian komposit, sehingga menyebabkan beban yang diterima dari setiap serat akan berkurang. Hal itu mengakibatkan komposit dapat menerima beban yang lebih tinggi. Selain itu CSM memiliki adhesi antarmuka yang baik dengan matriks. Sifat antarmuka serat-matriks dapat mempengaruhi kinerja komposit secara signifikan, seperti menciptakan transfer beban yang efisien dari resin polimer ke serat, mengurangi konsentrasi tegangan dan meningkatkan sifat mekanik komposit [8].

3.2. Pengaruh waktu paparan sinar ultraviolet terhadap kekuatan tarik komposit

Komposit yang dibuat pada penelitian ini akan diaplikasikan sebagai kaca jendela pada rumah. Selama masa pemakaiannya, kaca rumah akan terkena paparan dari lingkungan eksternal, salah satunya paparan sinar ultraviolet yang bersumber dari matahari. Untuk itu perlu dilakukan analisa pengaruh paparan sinar ultraviolet terhadap sifat fisik dan mekanik komposit. Hubungan antara waktu paparan sinar ultraviolet terhadap nilai kuat tarik pada setiap jumlah lapisan *fiberglass* CSM terlihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa nilai kuat tarik komposit 0 lapis (tanpa *fiberglass*) mengalami penurunan kuat tarik di bulan kedua sebesar 56,7% menjadi 11,48 MPa, namun pada bulan ketiga terjadi peningkatan sebesar 37,7% menjadi 15,81 MPa. Pada komposit 1 lapis dan 2 lapis terjadi peningkatan secara berturut-turut pada bulan kedua sebesar 46,9% menjadi 55,93 MPa dan 14,1% menjadi 58,61 MPa, namun pada bulan ketiga terjadi penurunan nilai kuat tarik sebesar 63,7% menjadi 20,33 MPa dan 63,1% menjadi 21,69 MPa. Sedangkan pada sampel 3 lapis terjadi penurunan nilai kuat tarik sebesar 19,1% menjadi 51,65 MPa, kemudian terjadi peningkatan sebesar 0,6% menjadi 51,99 MPa.



Gambar 4 Hasil uji tarik sampel komposit terhadap waktu paparan sinar ultraviolet.

Meskipun terdapat beberapa peningkatan pada beberapa titik, dapat dilihat secara garis besar kekuatan komposit semakin menurun. Penurunan terbesar terjadi pada bulan ketiga untuk sampel 1 lapis dan 2 lapis *fiberglass*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya dan menunjukkan bahwa sinar ultraviolet dapat menyebabkan terjadinya fotodegradasi karena foton ultraviolet diserap oleh rantai ikatan molekul pada matriks polimer yang menyebabkan terjadinya *chain scission* [9]. *Chain scission* adalah fenomena lepasnya rantai utama pada polimer yang mengakibatkan turunnya berat molekul dan sifat mekanik pada polimer tersebut [10]. Semakin lama durasi komposit terkena paparan sinar ultraviolet maka akan semakin besar juga dampak yang ditimbulkan. Dampak yang ditimbulkan mulai dari kerusakan pada permukaan hingga berkurangnya ikatan antarmuka antara matriks dan penguat



[11]. Berdasarkan penelitian tersebut ditemukan bahwa ketebalan dan banyaknya serat penguat dalam komposit dapat mengurangi efek paparan sinar ultraviolet karena kerusakan yang diakibatkan oleh sinar ultraviolet terbatas pada permukaan, sehingga kerusakan yang ditimbulkan paparan sinar ultraviolet terhadap penguat komposit menjadi minimal. Oleh karena itu penurunan nilai kuat tarik pada sampel 3 lapis di bulan ketiga tidak sebesar pada sampel 1 dan 2 lapis *fiberglass*.

3.3. Pengaruh waktu paparan sinar ultraviolet dan jumlah lapisan fiberglass CSM terhadap indeks bias

Pengujian indeks bias dilakukan dengan menggunakan refraktometer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama waktu paparan sinar ultraviolet dan jumlah lapisan *fiberglass* SCM terhadap nilai indeks bias. Temperatur rata-rata pada saat penelitian dilakukan adalah 29 °C. Pengujian dengan menggunakan refraktometer dapat dilihat pada Gambar 5 dengan menggunakan sampel komposit berpenguat 2 lapis *fiberglass*.



Gambar 5 Pengujian indeks bias.

Pembiasan/pembelokan arah rambat cahaya terjadi jika cahaya merambat dari suatu medium menembus ke medium lain yang memiliki kerapatan yang berbeda. Pembiasan adalah proses pembelokan cahaya yang mengenai bidang batas antara dua medium. Pembiasan yang terjadi pada suatu zat akan berbeda dengan zat lainnya bergantung pada kerapatan medium zat tersebut. Dengan kerapatan medium zat yang berbeda-beda akan menghasilkan indeks bias yang berbeda pula. Indeks bias merupakan perbandingan laju cahaya di ruang hampa terhadap laju cahaya di dalam medium. Semakin besar indeks bias suatu zat maka semakin besar cahaya dibelokkan oleh zat tersebut [12]. Nilai dari indeks bias suatu material dapat diketahui dengan menggunakan [Ref 1].

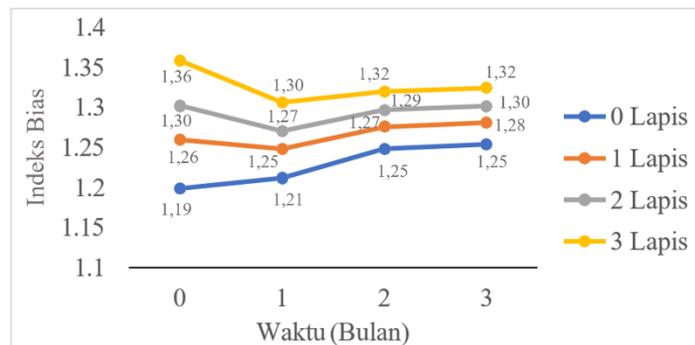
$$n_i \times \sin \theta_i = n_r \times \sin \theta_r \quad (1)$$

Hubungan antara pengaruh lama waktu paparan sinar ultraviolet dan jumlah lapisan *fiberglass* SCM terhadap nilai indeks bias terlihat pada Gambar 6. Gambar 6 memperlihatkan bahwa paparan sinar ultraviolet tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai indeks bias. Pada komposit 0 dan 1 lapis *fiberglass* terjadi peningkatan indeks bias dari bulan 0 ke bulan 3 pada masing-masing sampel sebesar 4,6%, 1,7%. Pada sampel 2 lapis *fiberglass* tidak terjadi perubahan nilai indeks bias, sedangkan pada sampel 3 terjadi penurunan sebesar 2,5%. Hal itu dikarenakan sinar ultraviolet yang tidak dapat merubah kerapatan suatu material sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap indeks bias. Namun sinar ultraviolet dapat mempengaruhi transparansi dari komposit melalui fenomena *yellowing*.

Nilai indeks bias dapat dipengaruhi oleh jumlah lapisan penguat CSM. Hal ini disebabkan oleh densitas CSM sebesar 2,56 gr/cm³ [13] lebih tinggi dibandingkan dengan densitas resin poliester tidak jenuh sebesar 1,2 gr/cm³ [14]. Penambahan lapisan CSM mengakibatkan nilai densitas dari komposit meningkat, dimana peningkatan nilai densitas berbanding lurus dengan indeks bias. Semakin tinggi densitas dari suatu benda maka semakin banyak molekul yang dapat menghamburkan cahaya sehingga nilai indeks bias meningkat [15]. Nilai indeks bias yang



diperoleh ternyata tidak memenuhi standar SNI 15-0047-2005, yaitu 1,49 -1,55. Dari hasil ini sebaiknya material komposit pengganti jendela sebaiknya digunakan untuk penggunaan *indoor* yang tidak terkena sinar matahari.



Gambar 6 Pengaruh paparan sinar ultraviolet dan lapisan fiberglass terhadap indeks bias.

3.4. Analisa statistik terhadap variabel penelitian

Untuk melihat seberapa besar pengaruh variabel jumlah lapisan *fiberglass* CSM dan waktu paparan sinar ultraviolet dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistik. Metode pengujian statistik yang digunakan adalah uji korelasi Pearson. Uji korelasi Pearson dilakukan untuk mengetahui hubungan monoton antara 2 variabel. Hubungan monoton antara 2 variabel adalah hubungan dimana ketika nilai 1 variabel meningkat, maka nilai variabel tersebut juga akan meningkat atau menurun. Berdasarkan pengujian tersebut didapati hubungan korelasi antara masing-masing variabel [16].

Namun sebelum melakukan pengujian korelasi Pearson data tersebut harus memiliki distribusi yang normal. Normalnya distribusi data dapat diketahui dengan menggunakan uji normalitas. Salah satu metode yang digunakan adalah metode Shapiro-Wilk. Metode Shapiro-Wilk digunakan karena metode tersebut cocok digunakan pada sampel dengan populasi kurang dari 50 [17]. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil pengujian normalitas variabel bulan dengan metode Shapiro-Wilk.

Indeks bias	Bulan	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
	Bulan 0	.135	4	.	.999	4	.998
	Bulan 1	.141	4	.	1.000	4	1.000
	Bulan 2	.146	4	.	.996	4	.988
	Bulan 3	.146	4	.	.996	4	.988

Normalnya suatu data dapat dilihat dari nilai signifikan (P) yang terdapat pada Tabel 1 dan 2. Jika nilai P dari suatu data kecil dari 0,05, maka sampel tidak terdistribusi secara normal. Sedangkan jika nilai P besar dari 0,05 maka sampel dapat dikatakan sampel terdistribusi secara normal. Berdasarkan nilai Tabel 1 dan Tabel 2 dapat kita lihat semua data pada variabel bulan dan lapisan memiliki nilai $P > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data dari penelitian tersebut berdistribusi normal. Data yang berdistribusi normal dapat mempresentasikan populasi dari sampel penelitian [17].



Tabel 2 Hasil pengujian normalitas variabel lapis dengan metode Shapiro-Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Lapis	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Indeks bias	Lapis 0	.270	4	.	.879	4	.336
	Lapis 1	.237	4	.	.940	4	.657
	Lapis 2	.355	4	.	.750	4	.038
	Lapis 3	.304	4	.	.906	4	.462

Nilai korelasi antara variabel paparan sinar ultraviolet dan indeks bias adalah 0,159. Sedangkan nilai korelasi antara variabel banyak lapisan dan indeks bias adalah 0,896. Dengan menggunakan penelitian [16] sebagai acuan, maka hubungan antara variabel tersebut dapat ditentukan. Nilai korelasi antara 0,10-0,39 termasuk kategori korelasi lemah, sedangkan jika nilai korelasi antara 0,70–0,89 termasuk dalam katagori korelasi kuat. Sehingga dapat ditentukan korelasi variabel paparan sinar ultraviolet dan indeks bias masuk dalam kategori korelasi lemah, sedangkan hubungan antara variabel banyak lapisan dan indeks bias masuk dalam kategori korelasi kuat. Hasil uji pearson dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji korelasi Pearson

Keterangan		Bulan	Lapis	Indeks bias
Pancaran sinar UV	Pearson Correlation	1	0	0,159
	Sig.(2-tailed)	0	1	0,556
	N	16	16	16
Lapis	Pearson Correlation	0	1	0,896
	Sig.(2-tailed)	1	0	0
	N	16	16	16
Indeks bias	Pearson Correlation	0,159	0,896	1
	Sig.(2-tailed)	0,556	0	0
	N	16	16	16

3.5. Pengaruh paparan sinar ultraviolet terhadap fisik material komposit

Paparan sinar ultraviolet dari matahari dapat menyebabkan rusaknya sifat mekanik dan fisik pada komposit. Kerusakan fisik yang disebabkan oleh paparan sinar ultraviolet dapat mengakibatkan penurunan kualitas dari komposit, Salah satunya adalah perubahan warna. Perubahan warna dapat menimbulkan beberapa masalah seperti masalah estetika dan transparansi material. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan sifat fisik untuk melihat efek paparan sinar ultraviolet terhadap sifat fisik komposit. Pemeriksaan fisik meliputi pengamatan pada permukaan dan identifikasi warna pada komposit dengan menggunakan aplikasi *just color picker*. Perbandingan sampel pada bulan pertama dan bulan ketiga dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Pengaruh paparan sinar ultraviolet terhadap perubahan warna sampel komposit.

Gambar 7 terlihat permukaan sampel rata dan memiliki warna yang cerah dengan kode warna #E6ECE2 untuk sampel sebelum dipaparkan sinar ultraviolet. Setelah dipaparkan sinar matahari selama 3 bulan terlihat sampel komposit menjadi kusam dan terjadi penguningan dengan kode warna #7C7A52. Fenomena menguning (*yellowing*) terjadi karena reaksi *photo-oxidation*. *Photo-oxidation* pada komposit mengakibatkan putus rantai utama resin polimer pada komposit dan menghasilkan gugus kromofor [18]. Gugus kromofor ini dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kuning jika menyerap gelombang cahaya [19]

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu semakin banyak jumlah lapisan fiberglass CSM maka nilai kuat tarik komposit semakin meningkat. Nilai kuat tarik tertinggi adalah komposit dengan penguat 3 lapis fiberglass dengan nilai kuat tarik 63,91 MPa, kuat tarik terendah terdapat pada sampel 0 lapis dengan nilai kuat tarik 26,55 MPa. Semakin lama komposit terkena paparan sinar ultraviolet maka nilai kuat tarik komposit akan menurun. Pada sampel 0, 1, 2, dan 3 lapis fiberglass terjadi perubahan nilai kuat tarik secara berurutan dari 26,55 MPa menjadi 15,81 MPa, 38,06 MPa menjadi 20,33 MPa, 51,34 MPa menjadi 21,69 MPa, 63,91 MPa menjadi 51,99 MPa. Paparan sinar ultraviolet tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai indeks bias. Pada sampel 0 dan 1 lapis terjadi peningkatan nilai indeks bias pada bulan ketiga dari 1,1992 menjadi 1,2544 dan dari 1,2601 menjadi 1,2817. Pada sampel 2 dan 3 lapis terjadi penurunan nilai indeks bias pada bulan ketiga dari 1,3022 menjadi 1,3017 dan dari 1,3590 menjadi 1,3245. Korelasi variabel sinar ultraviolet termasuk dalam kategori korelasi lemah terhadap indeks bias karena menunjukkan angka 0,159. Akan tetapi, korelasi jumlah lapisan terhadap indeks bias termasuk dalam kategori korelasi kuat karena menunjukkan angka 0,896. Indeks bias material komposit yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 15-0047-2005 untuk kaca lembaran, yaitu 1,49 -1,55, sehingga material komposit cocok digunakan di dalam ruangan (*indoor*) yang tidak terkena sinar ultraviolet secara langsung.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Kemenristekdikti melalui hibah PPTI, PT Asia Global Fibertek selaku mitra penelitian, laboratorium Teknik Metalurgi FT Untirta serta semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kristianto, L. (2019). Pengaruh persentase serat fiberglass terhadap kekuatan tarik komposit matriks polimer polyester. Skripsi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [2] Al Bastaki, N. M. S. (1995). Effect of Local Atmospheric Conditions in Bahrain on the Mechanical Properties of GRP. *Polymer testing*, 14, 263–272.
- [3] Abdullah, H., Araimi, S. Al and Siddiqui, R. A. (2000). The effect of weathering on mechanical properties of glass fiber reinforced plastics (GRP) materials. *American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP 413*, 2. 63-68.
- [4] Mallick, K. (2017). Processing of Polymer Matrix Composites. *Engineering & Technology, Physical Sciences* (1st edition). CRC Press: Boca Raton.
- [5] Pal, T, Pramanik, S., Verma, K.D., Naqfi, S.Z., Manna, P.K., Kar, K.K. (2022). Fly ash reinforced polypropylene composites. *Handbook of fly ash*, 243-270.
- [6] Abdewi, E.F. (2017). Mechanical Properties of Reinforcing Steel Rods Produced by Zliten Steel Factory. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.



FURNACE: JURNAL METALURGI DAN MATERIAL

Homepage jurnal: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jf>



- [7] Rashid, B., Sadeq, A., Ebraheem, M., & Mohammed, A. R. (2019). Mechanical properties of hybrid woven roving and chopped strand mat glass fabric reinforced polyester composites. *Materials Research Express*, 6, 10.
- [8] Vitorino, L.S., & Oréface, R. L. (2017). Layer-by-Layer technique employed to construct multitask interfaces in polymer composites. *Polimeros*, 27, 4, 330–338.
- [9] Mahzan, S., Fitri, M., & Zaleha, M. (2017). UV radiation effect towards mechanical properties of Natural Fibre Reinforced Composite material: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 166, 1.
- [10] Shokrieh, M. M., & Bayat, A. (2007). Effects of ultraviolet radiation on mechanical properties of glass/polyester composites. *Journal of Composite Materials*, 41, 20, 2443–2455.
- [11] Huang, S., Fu, Q., Yan, L., Kasal, B. (2021). Characterization of interfacial properties between fibre and polymer matrix in composite materials - A critical review. *Journal of materials research and technology*, 13, 1441-1484.
- [12] Malik, A., Mardianti, D., Nurlutfiah, D., Izzah, D. W., Mulhayatiah, D., Nasrudin, D., & Suhendi, H. Y. (2021). Determination of refractive index on three mediums based on the principle of refraction of light. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806, 1.
- [13] Hossain, M. M., Elahi, A. H. M. F., Afrin, S., Mahmud, M. I., Cho, H. M., & Khan, M. A. (2017). Thermal aging of unsaturated polyester composite reinforced with e-glass nonwoven mat. *Autex Research Journal*, 17, 4, 313–318.
- [14] Attallah, M. S., Mohammed, R. A., & Al-Zubidi, A. B. (2019). Flexural, compressive and thermal characterization of hybrid composite materials. *AIP Conference Proceedings*, 2123.
- [15] Liu, Y., & Daum, P. H. (2008). Relationship of refractive index to mass density and self-consistency of mixing rules for multicomponent mixtures like ambient aerosols. *Journal of Aerosol Science*, 39, 11, 974–986.
- [16] Schober, P., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, 126, 5, 1763–1768.
- [17] Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67–72.
- [18] Yousif, E., & Haddad, R. (2013). Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. *SpringerPlus*, 2 (398).
- [19] Kumar, B. G., Singh, R. P., & Nakamura, T. (2002). Degradation of Carbon Fiber-reinforced Epoxy Composites by Ultraviolet Radiation and Condensation. *Journal of composites materials*, 36, 24.