

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI FASA PENGUAT PADA MATERIAL SANDWICH KOMPOSIT DI PROGRAM STUDI TEKNIK PESAWAT UDARA SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA

Lilies Esthi Riyanti.,SSiT.,MT⁽¹⁾, Ego Widoro.,ST⁽²⁾, Yudha Nur Cahyo⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

Abstrak

Material komposit adalah material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda. Komponen penyusun komposit yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Kekuatan dan sifat komposit dapat diperoleh dari fasa penyusunnya, komposisinya serta geometri dari fasa penguat. Terdapat perbedaan kekuatan pada komposit pada setiap jenis orientasi dimana penentuan orientasi ini juga akan mempengaruhi tingkat kekuatan terhadap beban yang diterima pada komposit. Setelah dilakukan pembuatan beberapa jenis sampel dengan orientasi yang berbeda kemudian dilanjutkan pengujian kekuatan pada masing-masing jenis sampel dengan menggunakan pengujian sesuai dengan standar pengujian untuk material komposit kemudian dilakukan dengan penghitungan dan analisis kekuatan serta kekakuan masing-masing sampel. Dari hasil tersebut dapat diperoleh data bahwa sampel komposit yang orientasi fasa penguatnya searah dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang paling besar, sedangkan sampel komposit yang orientasi fasa penguatnya tegak lurus dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang paling lemah. Oleh karena itu dalam pembuatan material komposit perlu diperhatikan dalam menentukan susunan orientasi pada setiap lapisan sesuai dengan arah beban yang akan diterima agar dapat menghasilkan tingkat kekuatan yang maksimal pada material komposit.

Kata Kunci

Material komposit, orientasi fasa penguat, arah pembebanan, kekuatan material komposit, kekakuan material komposit

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI FASA PENGUAT PADA MATERIAL SANDWICH KOMPOSIT DI PROGRAM STUDI TEKNIK PESAWAT UDARA SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA

Lilies Esthi Riyanti.,SSiT.,MT⁽¹⁾, Ego Widoro.,ST⁽²⁾, Yudha Nur Cahyo⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

Abstract

The composite material is the result of a combination of macroscopic material from two or more different components. Components of the composite in the form of reinforcement and a binder (matrix). The strength and properties of the composite can be obtained from the phase constituent, the composition and geometry of the reinforcing phase. There are differences in the strength of the composite on any kind of orientation in which the determination of this orientation will also affect the level of force against the load received on the composite. After the manufacture of some types of samples with different orientations and then continued testing the strength of each type of sample using standard tests according to testing for composite materials and then be done with the calculation and analysis of the strength and stiffness of each sample. From these results can be obtained from the data that the sample composite reinforcements phase orientation in the direction of loading levels of strength and stiffness of the greatest, while the orientation phase composite samples reinforcements perpendicular to the direction of loading levels of strength and stiffness of the weakest. Therefore, in the manufacture of composite materials need to be considered in determining the composition of each layer orientation in accordance with the direction of the load that will be accepted in order to generate maximum power level in the composite material.

Keywords

Composite material, reinforcements phase orientation, direction of load, strength of composite material, stiffness of composite material.

PENDAHULUAN

Material komposit adalah material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik daripada sifat masing-masing komponen penyusunnya. Kelebihan dari komposit sendiri yaitu memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang tinggi serta tahan terhadap korosi. Komponen penyusun komposit yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Kekuatan dan sifat komposit dapat diperoleh dari fasa penyusunnya, komposisinya serta geometri dari fasa penguat. Geometri fasa penguat disini adalah bentuk dan ukuran partikel, distribusi dan orientasinya. Dalam praktek pembuatan komposit di Program Studi Teknik Pesawat Udara terdapat berbagai macam tahapan pembuatan komposit yang meliputi pemilihan jenis penguat, penentuan jenis perekat, jumlah perekat yang digunakan, penggunaan bagian inti dari komposit serta penyusunan orientasi pada fasa penguat. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa tingkat kekuatan pada komposit salah satunya tergantung dari orientasi pada fasa penguat atau lapisan yang disusun. Terdapat perbedaan kekuatan pada komposit pada setiap jenis orientasi dimana penentuan orientasi ini juga akan mempengaruhi beban yang diterima pada komposit. Oleh karena itu penting untuk mengetahui seberapa besar pengaruh orientasi pada fasa penguat agar dapat memperoleh tingkatan beban dan jenis beban yang dapat ditahan oleh komposit. Tujuan dari analisis ini yaitu agar mengetahui besarnya pengaruh orientasi fasa penguat terhadap kekuatan dan kekakuan pada material komposit.

METODE

Dalam melakukan penelitian dan analisa pengaruh orientasi fasa penguat ini penulis menggunakan metode penelitian kuantitatif dimana penulis akan melakukan pengujian-pengujian untuk

mendapatkan data yang akurat berupa nilai-nilai tertentu lalu mendeskripsikannya untuk mengambil kesimpulan hasil akhir dari pengujian yang dilakukan. Penelitian dan analisa pengaruh orientasi fasa penguat dilaksanakan pada bulan April 2015 sampai dengan bulan Juli 2015 dimana pembuatan sampel dilakukan di *Composite Workshop*, Hangar 01 Program Studi Teknik Pesawat Udara. Sedangkan untuk pengujian material komposit menggunakan alat uji *Instron Universal Testing Machine* (lihat lampiran 3) yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Desain dan Bangunan Kekayuan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan dalam analisa ini diantaranya yaitu :

1. Serat gelas jenis *Fiber Cloth SW 220-B (Polyester)*
2. Perekat *Ripoxy Resin R-802 EX-1*
3. Katalis *Mepoxe M* dan *Yukalac Promotor P-EX*,
4. Inti *honeycomb* jenis *PP Honeycomb type A (VI)* dengan ketebalan 10 mm.

Alat yang digunakan dalam pembuatan sampel diantaranya yaitu *vacuum bagging film, vacuum hose, vacuum valve, peel ply, breather ply, sealant tape, scriper, gloove, lay up board, mixing cup & mixing stick, composite bonder sytem, heat gun, clear plastic, cutter, scale, compressor*, penggaris, gunting.

Diskusi

Sampel yang dibuat memakai serat fiber dengan tipe S-glass dengan alasan serat jenis ini mudah didapatkan dan mempunyai harga yang paling murah diantara serat lainnya namun memiliki tingkat kekuatan yang lebih kuat dibandingkan tipe serat fiber yang lain. Jenis perekat yang digunakan dalam pembuatan sampel ini yaitu resin Ripoxy R-802 EX-1. Untuk jenis katalis yang digunakan pada campuran resin ini menggunakan katalis Mepoxe M. Jenis inti yang digunakan pada panel komposit ini adalah PP honeycomb tipe A yaitu material inti berbentuk honeycomb yang terbuat dari plastik polypropylene yang dilapisi permukaannya dengan

polyester non-woven fabric yang digunakan khusus untuk proses produksi dengan sistem vakum dengan ketebalan inti yaitu 10 mm.

Teknik yang digunakan dalam pembuatan sampel komposit ini yaitu menggunakan teknik wet layup dimana pemberian resin dilakukan dengan menggunakan tangan pada setiap lapisan fibernya. Setelah itu sampel komposit di proses dengan cara vacuum bagged dalam proses curing. Untuk mempercepat proses curing pada saat pembuatan sampel maka dibantu dengan dipanaskan menggunakan heat gun. Pemilihan arah serat terbagi menjadi tiga arah yaitu arah serat searah dengan beban (orientasi sudut 0°) dimana arah ini bereaksi terhadap beban aksial, arah serat tegak lurus dengan beban (orientasi sudut 90°) dimana arah ini bereaksi terhadap beban samping dan mampu mengurangi efek dari rasio Poissons, arah serat gelas membentuk sudut +45° dimana arah ini bereaksi terhadap beban gunting. Arah serat ini mampu memberikan kestabilan terhadap buckling

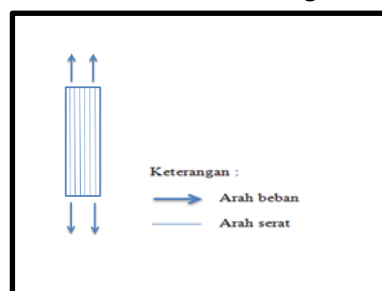
Pada tahapan pengujian sampel dengan jenis pengujian berupa uji tarik penulis menggunakan pengujian tarik dengan standar ASTM D3039. Ukuran sampel uji yaitu dengan lebar 25 mm dan panjang 250 mm dengan kecepatan pengujian tarik sebesar 2 mm/min, sampel uji tarik diberi penciutan pada bagian tengahnya agar didapatkan kerusakan atau hasil putus di tengah sampel.

Pengujian tarik dilakukan hingga sampel tersebut putus atau hingga beban yang diterima turun dan sampel tidak mampu lagi menahan beban yang ada. Pada pengujian tarik ini penulis membuat

panel komposit sebanyak tiga sampel untuk setiap jenis sudutnya untuk mendapatkan data-data yang akurat dan mencegah data yang tidak valid apabila terjadi manufacturing defect pada panel komposit.

Hasil pengujian dan analisis pengujian tarik arahserat searah terhadap arah beban:

Pada gambar 1, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tarik. Pengujian tarik ini ditentukan dengan arah serat searah dengan arah beban tarik atau disebut dengan orientasi sudut 0°.



Gambar 1. Arah beban pada pengujian tarik searah dengan arah serat

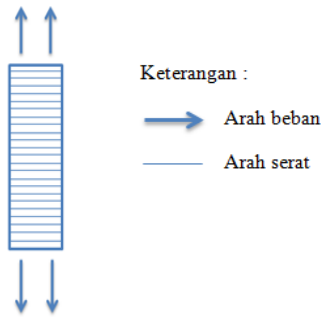
Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat searah dengan arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian. Hasil Pengujian tarik arah serat searah beban pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik arah serat searah dengan arah beban

No	Beban Maksimal (N)	U.T. Strength (N/m ²)	U.T. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	3.983,948	51.739.584,42	0,01589	3.256.109.781
Sampel ke-2	3.610,884	46.894.597,4	0,01482	3.164.277.827
Sampel ke-3	2.076,276	26.964.632	0,01119	2.409.707.954
Rata-rata	3.223,702	41.866.271,27	0,01397	2.943.365187

Hasil pengujian dan analisis pengujian tarik arah serat tegak lurus terhadap arah beban.

Pada gambar 2, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tarik. Pengujian tarik ini ditentukan dengan arah serat tegak lurus dengan arah beban tarik atau disebut dengan orientasi sudut 90°.



Gambar 2. Arah beban pada pengujian tarik arah serat tegak lurus terhadap arah beban

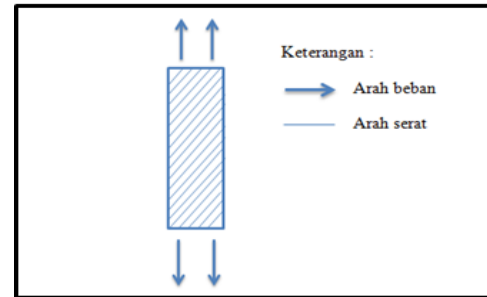
Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat tegak lurus dengan arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian. Hasil pengujian tarik arah serat tegak lurus terhadap arah beban pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik arah serat tegak lurus dengan arah beban

No	Beban Maksimal (N)	U.T. Strength (N/m ²)	U.T. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	598,822	7.776.909,091	0,01439	540.438.435,8
Sampel ke-2	588,384	7.641.350,649	0,01026	744.771.018,4
Sampel ke-3	452,329	5.874.402,597	0,0145	405.131.213,6
Rata-rata	546,511	7.097.554,112	0,01305	563.446.889,3

Hasil pengujian dan analisis pengujian tarik arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban.

Pada gambar 3, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tarik. Pengujian tarik ini ditentukan dengan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban tarik atau disebut dengan orientasi sudut 45°.



Gambar 3. Arah beban pada pengujian tarik arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban.

Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian

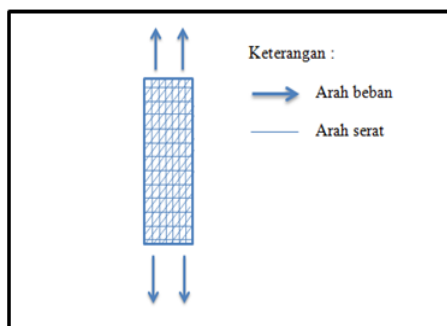
Hasil pengujian tarik arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban pada tabel 3.

yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga

Tabel 3. Hasil pengujian tarik orientasi sudut 45°

No	Beban Maksimal (N)	U.T. Strength (N/m ²)	U.T. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	1.356,516	17.617.090,91	0,01618	1.088.818.968
Sampel ke-2	2.470,903	32.089.649,35	0,01421	2.258.244.149
Sampel ke-3	1.375,950	17.869.480,52	0,01276	1.400.429.508
Rata-rata	1.734,456	22.525.406,93	0,01438	1.582.497.542

Hasil pengujian dan analisis pengujian tarik arah serat kombinasi. Pada gambar 4, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tarik. Pengujian tarik ini ditentukan dengan arah serat kombinasi yang terdiri dari orientasi sudut 0°, 45° dan 90°.



Gambar 4. Arah beban pada pengujian tarik arah serat kombinasi dan mengambil nilai rata-rata dari

sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel pengujian pada sampel dengan arah serat kombinasi pada tabel 4.

Berdasarkan dari nilai rata-rata yang telah diperoleh pada semua jenis orientasi fasa penguat penulis membandingkan setiap nilai tersebut dan didapatkan hasil bahwa pengujian tarik pada sampel komposit dengan arah serat searah dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang paling besar diantara sampel dengan orientasi yang lain dikarenakan serat akan memiliki kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban yang searah dengan arah serat. Sedangkan sampel dengan orientasi tegak lurus dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan

Tabel 4. Hasil pengujian tarik orientasi sudut kombinasi

No	Beban Maksimal (N)	U.T. Strength (N/m ²)	U.T. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	2.332,92	30.297.662,34	0,01341	2.259.333.508
Sampel ke-2	2.916,267	37.873.597,4	0,01029	3.680.621.711
Sampel ke-3	2.425,287	31.497.233,77	0,01208	2.607.386.901
Rata-rata	2.558,152	33.222.831,17	0,01192	2.869.114.040

setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian. Hasil Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat kombinasi terdapat beberapa data

kekakuan yang paling lemah diantara sampel dengan orientasi yang lain dikarenakan serat akan

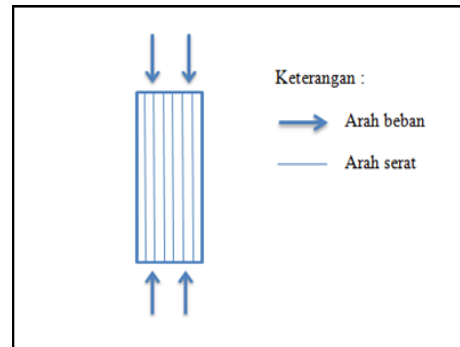
memiliki kekuatan yang rendah dalam menahan beban yang tegak lurus dengan arah serat.

Kemudian untuk orientasi yang membentuk sudut 450 terhadap arah beban memiliki tingkat kekuatan yang cukup kuat namun tidak lemah diantara sampel dengan sudut orientasi yang lain atau kekuatannya berada diantara orientasi arah serat searah dan arah serat tegak lurus terhadap pembebanan. Hal ini dapat terjadi karena orientasi yang ada pada sampel tersebut menyilang diantara kedua orientasi tersebut, sehingga beban yang diterima terbagi diantara orientasi arah serat searah dan arah serat tegak lurus terhadap pembebanan.

Dan yang terakhir untuk sampel dengan orientasi kombinasi memiliki tingkat kekuatan yang paling kuat kedua setelah orientasi serat searah terhadap beban ketika memperoleh pembebanan. Hal ini dapat terjadi karena pada sampel tersebut terdapat orientasi serat searah terhadap beban yang kuat ketika menerima pembebanan searah dengan arah serat dan pada sampel tersebut juga terdapat orientasi 450 dimana orientasi tersebut memiliki kekuatan yang cukup kuat apabila mendapat pembebanan. Hal yang menyebabkan orientasi kombinasi lebih rendah kekuatannya dibandingkan dengan orientasi serat searah terhadap arah beban dikarenakan terdapatnya orientasi serat tegak lurus yang akan menghasilkan kekuatan yang lemah apabila memperoleh pembebanan tegak lurus dengan arah beban. Untuk hasil kekuatan dan kekakuan pada setiap jenis orientasi dapat dilihat pada tabel 5.

Hasil pengujian dan analisis pengujian tekan arah serat searah terhadap arah beban.

Pada gambar 5, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tekan. Pengujian tekan ini ditentukan dengan arah serat searah dengan arah beban tekan atau disebut dengan orientasi sudut 0°.



Gambar 5. Arah beban pada pengujian tekan searah dengan arah serat

Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat searah dengan arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap

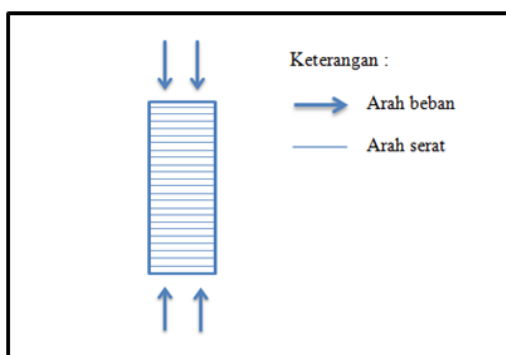
Tabel 5. Hasil pengujian tarik orientasi sudut kombinasi

Orientasi terhadap beban	Beban Maksimal (N)	U.T. Strength (N/m ²)	U.T. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Searah	3.223,71	41.866.271,27	0,01397	2.943.365.187
Tegak lurus	546,511	7.097.554,11	0,01305	563.446.889,3
45°	1.734,46	22.525.406,93	0,01438	1.582.497.542
Kombinasi	2.558,15	33.222.831,17	0,01192	2.869.114.040

Tabel 7. Hasil pengujian tekan tegak lurus arah beban

No	Beban Maksimal (N)	U.C. Strength (N/m ²)	U.C. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	754,68	2.744.290,91	0,02291	119.785.722,8
Sampel ke-2	510,55	1.856.545,45	0,01274	145.725.702,5
Sampel ke-3	597,91	2.174.534,54	0,02653	81.965.116,5
Rata-rata	621,047	2.258.456,97	0,02072	115.825.513,9

data yang telah diperoleh pada saat pengujian (tabel 6).



Gambar 6. Arah beban pada pengujian tekan arah serat tegak lurus terhadap arah beban

Hasil pengujian dan analisis pengujian tekan arah serat tegak lurus terhadap arah beban. Pada gambar 6, arah panah menunjukkan arah

dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian (tabel 7).

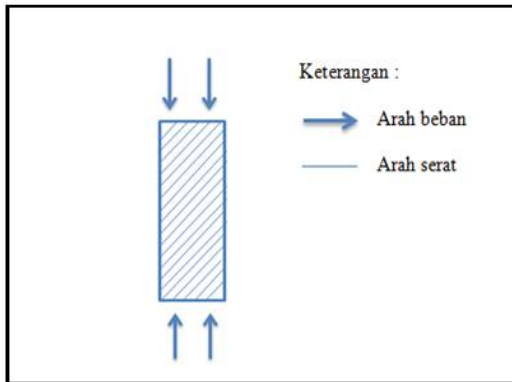
Hasil pengujian dan analisis pengujian tekan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban. Pada gambar 7, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tekan. Pengujian tekan ini ditentukan dengan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban tekan atau disebut dengan orientasi sudut 45°.

Tabel 6. Hasil pengujian tekan searah beban

No	Beban Maksimal (N)	U.C. Strength (N/m ²)	U.C. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	736,72	2.678.981,82	0,01535	174.526.502,8
Sampel ke-2	1359,46	4.943.490,91	0,01483	333.343.958,8
Sampel ke-3	1460,041	5.309.240	0,01637	324.327.428,2
Rata-rata	1185,407	4.310.570,91	0,01551	277.399.296,6

sampel menerima beban tekan. Pengujian tekan ini ditentukan dengan arah serat searah dengan arah beban tekan atau disebut dengan orientasi sudut 90°.

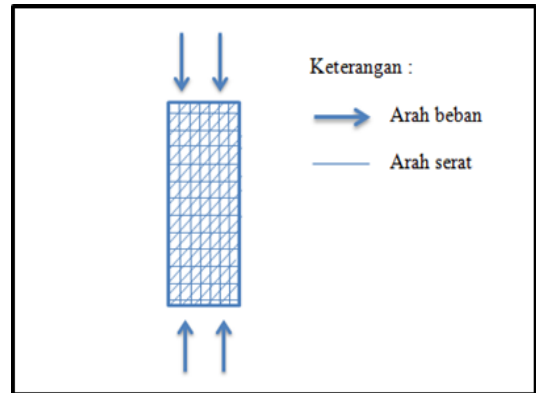
Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat tegak lurus dengan arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah



Gambar 7. Arah beban pada pengujian tekan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban

Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat membentuk sudut 45° terhadap arah beban terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian (tabel 8).

Hasil pengujian dan analisis pengujian tekan arah serat kombinasi. Pada gambar 8, arah panah menunjukkan arah sampel menerima beban tekan. Pengujian tekan ini ditentukan dengan arah serat kombinasi yang terdiri dari orientasi sudut 0°, 45° dan 90°.



Gambar 8. Arah beban pada pengujian tekan arah serat kombinasi

Pada hasil pengujian diperoleh beberapa nilai melalui hasil penghitungan, untuk penghitungan nilai ultimate compressive strain menggunakan persamaan (1), ultimate compressive strength menggunakan persamaan (2) dan untuk modulus young menggunakan persamaan (3). Pada hasil

Tabel 8. Hasil pengujian tekan orientasi sudut 45°

No	Beban Maksimal (N)	U.C. Strength (N/m ²)	U.C. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	703,73	2.559.018,18	0,0139	184.102.027,3
Sampel ke-2	770,89	2.803.236,36	0,0188	149.108.317
Sampel ke-3	761,874	2.770.450,91	0,01894	146.275.127,2
Rata-rata	745,498	2.710.901,82	0,01721	159.828.490,5

Tabel 9. Hasil pengujian tekan orientasi sudut kombinasi

No	Beban Maksimal (N)	U.C. Strength (N/m ²)	U.C. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Sampel ke-1	975,12	3.545.890,9	0,01615	219.559.808
Sampel ke-2	1391,44	5.059.781,81	0,01692	299.041.478,1
Sampel ke-3	814,89	2.963.236,36	0,01412	209.860.932
Rata-rata	1.060,48	3.856.303.02	0,01573	242.820.739,4

pengujian besaran beban diubah dari kgf menjadi newton dengan cara dikalikan dengan 9,81.

Dari hasil pengujian pada sampel dengan arah serat kombinasi terdapat beberapa data yang diperoleh seperti yang telah dijabarkan sebelumnya pada hasil pengujian. Dari ketiga sampel yang ada maka disini penulis akan membandingkan nilai kekuatan dan kekakuan pada ketiga sampel dan mengambil nilai rata-rata dari setiap data yang telah diperoleh pada saat pengujian (tabel 9)

Berdasarkan dari nilai rata-rata yang telah diperoleh pada semua jenis orientasi fasa penguat penulis membandingkan setiap nilai tersebut dan didapatkan hasil bahwa pengujian tekan pada sampel komposit dengan arah serat searah dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang paling besar diantara sampel dengan

yang ada pada sampel tersebut menyilang diantara kedua orientasi tersebut , sehingga beban yang diterima terbagi diantara orientasi arah serat searah dan arah serat tegak lurus terhadap pembebanan.

Dan yang terakhir untuk sampel dengan orientasi kombinasi memiliki tingkat kekuatan yang paling kuat kedua setelah orientasi serat searah terhadap beban ketika memperoleh pembebanan. Hal ini dapat terjadi karena pada sampel tersebut terdapat orientasi serat searah terhadap beban yang kuat ketika menerima pembebanan searah dengan arah serat dan pada sampel tersebut juga terdapat orientasi 45o dimana orientasi tersebut memiliki kekuatan yang cukup kuat apabila mendapat pembebanan. Hal yang menyebabkan orientasi kombinasi lebih rendah kekuatannya dibandingkan dengan orientasi serat searah terhadap arah beban

Tabel 10. Hasil nilai rata-rata pengujian tekan pada setiap jenis orientasi

Orientasi terhadap beban	Beban Maksimal (N)	U.C. Strength (N/m ²)	U.C. Strain	Modulus Young (N/m ²)
Searah	1185,407	4.310.570,91	0,01551	277.399.296,6
Tegak lurus	621,047	2.258.456,97	0,02072	115.825.513,9
45	745,498	2.710.901,82	0,01721	159.828.490,5
Kombinasi	1.060,48	3.856.303,02	0,01573	242.820.739,4

orientasi yang lain dikarenakan serat akan memiliki kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban yang searah dengan arah serat. Sedangkan sampel dengan orientasi tegak lurus dengan arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan dan kekakuan yang paling lemah diantara sampel dengan orientasi yang lain dikarenakan serat akan memiliki kekuatan yang rendah dalam menahan beban yang tegak lurus dengan arah serat.

Kemudian untuk orientasi yang membentuk sudut 45o terhadap arah beban memiliki tingkat kekuatan yang cukup kuat namun tidak lemah diantara sampel dengan sudut orientasi yang lain atau kekuatannya berada diantara orientasi arah serat searah dan arah serat tegak lurus terhadap pembebanan. Hal ini dapat terjadi karena orientasi

dikarenakan terdapatnya orientasi serat tegak lurus yang akan menghasilkan kekuatan yang lemah apabila memperoleh pembebanan tegak lurus dengan arah beban. Untuk hasil kekuatan dan kekakuan pada setiap jenis orientasi dapat dilihat pada tabel 10.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian tarik dan tekan pada sampel komposit yang terdiri dari beberapa jenis orientasi sudut dengan ukuran sampel yang sama maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

Sampel dengan orientasi fasa penguat dengan arah serat searah terhadap arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan yang paling besar diantara sampel dengan orientasi yang lain yaitu memiliki kekuatan sebesar 41.866.271,27 N/m² untuk pengujian tarik dan 4.310.570,91 N/m² untuk pengujian tekan. Sedangkan untuk tingkat kekakuan memiliki kekakuan sebesar 2.943.365.187 N/m² untuk pengujian tarik dan 277.399.296,6 N/m² untuk pengujian tekan.

Sampel dengan orientasi fasa penguat dengan arah serat tegak lurus terhadap arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan yang paling rendah diantara sampel dengan orientasi yang lain yaitu memiliki kekuatan sebesar 7.097.554,11 N/m² untuk pengujian tarik dan 2.258.456,97 N/m² untuk pengujian tekan. Sedangkan untuk tingkat kekakuan memiliki kekakuan sebesar 563.446.889,3 N/m² untuk pengujian tarik dan 115.825.513,9 N/m² untuk pengujian tekan.

Sampel dengan orientasi fasa penguat membentuk sudut 45° terhadap arah pembebanan memiliki tingkat kekuatan yang cukup kuat akan tetapi tidak lemah atau kekuatannya berada dengan orientasi fasa penguat dengan arah serat searah dan arah serat tegak lurus terhadap arah pembebanan yaitu memiliki kekuatan sebesar 22.525.406,93 N/m² untuk pengujian tarik dan 2.710.901,82 N/m² untuk pengujian tekan. Sedangkan untuk tingkat kekakuan memiliki kekakuan sebesar 1.582.497.542 N/m² untuk pengujian tarik dan 159.828.490,5 N/m² untuk pengujian tekan.

Sampel dengan orientasi fasa penguat dengan arah serat kombinasi memiliki tingkat kekuatan yang paling kuat kedua dari semua jenis sampel yang lain yaitu memiliki kekuatan sebesar 33.222.831,17 N/m² untuk pengujian tarik dan 3.856.303,02 N/m² untuk pengujian tekan.

Sedangkan untuk tingkat kekakuan memiliki kekakuan sebesar 2.869.114.040 untuk pengujian tarik dan 242.820.739,4 N/m² untuk pengujian tekan. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya gabungan dari beberapa orientasi yang menghasilkan kekuatan pada arahnya masing-masing pada saat menerima beban serta beban yang diterima akan di distribusikan secara merata oleh matriks pada setiap orientasi fasa penguat.

Sesuai dengan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat diperoleh pengetahuan bahwa orientasi fasa penguat akan mempengaruhi tingkat kekuatan dan kekakuan pada material komposit. Oleh karena itu dalam pembuatan material komposit perlu diperhatikan dalam menentukan susunan orientasi pada setiap lapisan sesuai dengan arah beban yang akan diterima agar dapat menghasilkan tingkat kekuatan yang maksimal pada material komposit. Untuk lebih mengetahui bahwa orientasi kombinasi akan menghasilkan kekuatan pada arahnya masing-masing pada saat menerima beban maka analisis ini nantinya dapat dilanjutkan dengan melakukan pengujian dan analisis pada sampel dengan orientasi kombinasi saat menerima pembebanan dari segala arah.

Daftar Pustaka

- ASTM International. 1996. *Standard & Publication*. Pennsylvania-USA
- Bondan,S.T. 2010. Pengantar Material Teknik. Jakarta : Salemba Teknika.
- Federal Aviation Administration. 2012. *AMT Handbook – Airframe volume 1*. Oklahoma
- Foreman, C. 2002. *Advanced Composites*. USA : Jeppesen
- Henkel, D. 2001. *Structure and Properties of Engineering Materials*. Singapore : McGraw Hill
- Lestari, F.P. 2008. Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al₂O₃ Terhadap Karakteristik Komposit Lamina Hibrid Al/SiC-Al/Al₂O₃ Produk Metalurgi Serbuk. Departemen Teknik Metalurgi dan Material : Universitas Indonesia
- Modul Praktikum Ilmu Bahan. 2013. Jakarta : Fakultas Metalurgi UI
- Muhib, A.Z. 2008. Kekuatan Bahan. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Wallenberger, F.T. & Bingham, P.A. 2009. *Fiberglass and Glass Technology: Energy-Friendly Compositions and Applications*. USA : Springer Science
- Young & Freedman. 2002. Fisika Universitas. Jakarta : Penerbit Erlangga Jakarta