

**ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN TEKUK KOMPOSIT SANDWICH
CARBON FIBER POLYFOAM CORE SEBAGAI MATERIAL PADA
MODEL PESAWAT TANPA AWAK**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Gelar Strata 1 Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Wahid Hasyim Semarang



Diajukan oleh:

Nama : Dadang Setiyawan

NIM : 143010053

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG**

2019



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

HALAMAN PENGESAHAN

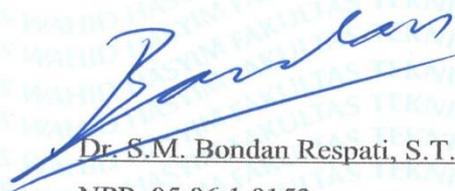
ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN TEKUK KOMPOSIT *SANDWICH* *CARBON FIBER POLYFOAM CORE* SEBAGAI MATERIAL PADA MODEL PESAWAT TANPA AWAK

Telah diperiksa dan disetujui untuk dapat dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

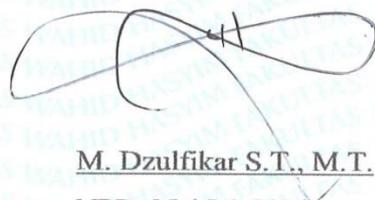
Pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 15 Agustus 2019

Semarang, 15 Agustus 2019

Pembimbing 1


Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T.
NPP. 05.06.1.0153

Pembimbing II


M. Dzulfikar S.T., M.T.
NPP. 05.15.1.0324



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN/ REVISI

Nama Mahasiswa : Dadang Setiawan
NIM : 143010053
Judul TA : ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN TEKUK
KOMPOSIT *CARBON FIBER POLYFOAM CORE* SEBAGAI
MATERIAL PADA PESAWAT TANPA AWAK

Telah dipertahankan dan direvisi di depan Dewan Penguji Tugas Akhir
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

1. Penguji 1
Nama : Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T
Tanggal Pengesahan : 11 - 9 - 2019
Tanda Tangan :
2. Penguji 2
Nama : Imam Syafa'at, S.T., M.T
Tanggal Pengesahan : 21/9/2019
Tanda Tangan :
3. Penguji 3
Nama : Darmanto, S.T., M. Eng
Tanggal Pengesahan : 11 - 9 - 2019
Tanda Tangan :

Semarang, 11 September 2019
Mengetahui
Ketua Program Studi

(Dr. S.M Bondan Respati, S.T., M.P)
NPP : 05.06.1.0153

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dadang Setiawan
NIM : 143010053
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa tugas akhir tidak merupakan jiplakan dan juga bukan dari karya orang lain

Semarang, 15 Agustus 2019

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop that ends in a small arrowhead pointing downwards and to the right.

Dadang Setiawan

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Lebih baik di persiapkan tidak dipakai daripada di pakai tapi tidak siap. Dimana tidak ada orang pintar, hanya orang yang lebih banyak tau di anggap pintar”

Persembahan

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang aku sayangi dan aku cintai:

- Bapak dan Ibu tercinta, yang senantiasa memberi semangat dan motivasi terbesar dalam hidupku, atas semua pengorbanan yang telah menghantarku sampai kini.
- Saudaraku Srimulyani, Windarti, yang selalu memberi semangat dan selalu mendukung untuk selalu berjuang dan jangan mudah putus asa dalam menggapai cita-cita.
- Calon istri yang tak bisa saya sebutkan namanya yang selalu setia menunggu dan bersabar menjadi motivasi terbesar untuk terus melangkah dan membahagiakannya.
- Sahabat-sahabat seperjuangan di kampus UNWAHAS, dan semua teman-teman yang tak bisa saa sebutkan satu-persatu.

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN TEKUK KOMPOSIT *SANDWICH* *CARBON FIBER POLYFOAM CORE* SEBAGAI MATERIAL PADA MODEL PESAWAT TANPA AWAK

D. Setiyawan*, S.M.B. Respati, M. Dzulfikar

Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang 50236

*E-mail: dadangasoyy@gmail.com

Perkembangan teknologi di dunia kedirgantaraan semakin maju. Ketergantungan pada bahan buatan yang semakin tinggi menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang ringan namun tetap kuat tanpa meninggalkan aspek-aspek keselamatan. Perkembangan teknologi komposit makin serius di kembangkan. Salah satunya teknologi komposit dengan material serat inti busa (*Fiber Foam Core*). Dalam penelitian ini variasi yang digunakan adalah lapisan bagian atas 1 sampai 3 lapisan. Pembuatan material menggunakan metode *hand lay-up*, spesimen menggunakan standar ASTM D 638 dan ASTM C 393. Pengujian tarik dan *Bending* dengan pengulangan 3 kali. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan *Bending* tertinggi di dapat pada 3 lapisan atas komposit karbon fiber *core Styrofoam* sebesar 605,38 kg/cm² dan untuk pengujian *Bending* 702,7 kg/cm².

Kata kunci: Komposit Karbon, Uji Tarik, Uji Bending

KATA PENGANTAR

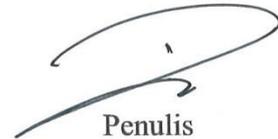
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir dengan judul “**ANALISA KEKUATAN KOMPOSIT SANDWICH KARBON FIBER DENGAN CORE STYROFOAM SEBAGAI MATERIAL PADA MODEL PESAWAT TANPA AWAK (UJI TARIK & UJI BENDING)**” sebagai salah satu syarat kelulusan pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Penulis banyak sekali mendapatkan doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan makalah Tugas Akhir ini. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Allah SWT, Tuhan sekaligus Pengatur Kehidupan yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir hingga selesai.
- Kedua Orang Tua, terutama Ibu, Yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan kasih sayang yang luar biasa kepada penulis.
- Kakak-kakakku yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis agar cepat selesai
- Kedua Pembimbing, Bondan Respati dan M. Dzulfikar selaku pembimbing tugas akhir yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, waktu berbagi, nasihat dan mengembalikan semangat serta arah ketika penulis terjatuh dan kehilangan arah selama penyusunan tugas akhir.
- Tabah Priangkoso selaku dosen wali penulis yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam merencanakan studi penulis di Jurusan Teknik Mesin.
- Semua Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang yang telah sabar dalam memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama penulis berkuliah.

- Staf dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang khususnya Nurkolis dan Kusdi yang telah membantu penyediaan internet selama pengerjaan Tugas Akhir.
- Rekan-rekan senior yang telah banyak membantu penulis dalam memahami analisa pengujian tarik dan *Bending*.
- Rekan-rekan seperjuangan Tugas Akhir angkatan 2014 yang lain yang tak kenal lelah memberikan motivasi kepada penulis agar segera menyelesaikan Tugas Akhir.
- Penemu Google, E-mail, YM, Browser, Sistem Operasi, Musik Handphone, Sepeda Motor, Laptop yang telah memberikan kemudahan dalam pengerjaan penulisan

Dan berbagai pihak yang tak dapat penulis sebutkan di sini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberkati dan membalas semua kebaikan yang telah dilakukan. Penulis menyadari masih banyak yang dikembangkan pada tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan, semoga Tugas akhir ini dapat memberikan manfaat.

Semarang, 15 Agustus 2019



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN/REVISI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO & PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR LAMBANG.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Tinjauan Pustaka.....	4
II.2 Pesawat Tanpa Awak.....	5
II.3 Gaya Angkat Pada Pesawat.....	7
II.4 <i>Styrofoam</i>	9
II.5 Karbon Fiber.....	9
II.6 Komposit.....	10
II.6.1 Komposit <i>Sandwich</i>	13

II.7 Penguat (<i>Reinforcement</i>).....	13
II.8 Matriks	13
II.9 Pengujian Tarik	16
II.10 Pengujian <i>Bending</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
III.4 Rencana Penelitian.....	
III.5 Diagram Alur Penelitian	28
III.3 Variabel Penelitian.....	26
III.1 Alat dan Bahan Yang Digunakan	21
III.2 Prosedur Pengujian	24
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
IV.1 Pengambilan Data.....	31
IV.2 Massa Jenis Komposit <i>Sandwich Core Styrofoam</i>	31
IV.3 Uji Tarik	32
IV.4 Uji <i>Bending</i>	33
IV.5 Foto Makro	36
IV.6 Pemilihan Bahan.....	38
BAB V PENUTUP.....	40
V.1 Kesimpulan	40
V.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Reinforcing fibers commonly use in aerospace applications</i>	6
Tabel 2.2 Sifat Fisik Karbon Fiber (Filament 300).....	10
Tabel 4.1 Massa dan Volume Spesimen	30
Tabel 4.2 Massa Jenis Spesimen	30
Tabel 4.3 Rata-rata Tegangan Tarik.....	31
Tabel 4.4 Data Pengujian <i>Bending</i>	33
Tabel 4.5 Tegangan <i>Bending</i> Komposit Karbon <i>Sandwich Core Styrofoam</i>	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat Tanpa Awak (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>).....	5
Gambar 2.2 Persentase Penggunaan Material pada pesawat Boing 787.....	6
Gambar 2.3 Laju Aliran Udara Pada Penampang Airfoil	7
Gambar 2.4 Sudut Serang Pada Penampang Airfoil	7
Gambar 2.5 Hubungan Gaya Angkat Terhadap Sudut Serang	8
Gambar 2.6 Struktur Komposit Sandwich	12
Gambar 2.7 Pertambahan Panjang Spesimen.....	17
Gambar 2.8 Kurva Umum Tegangan-Regangan.....	18
Gambar 2.9 Pemasangan Spesimen Uji Bending.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Sketsa Variasi <i>Upper Skin</i> pada Komposit <i>Sandwich</i>	22
Gambar 3.3 Laminasi <i>Styrofoam</i>	22
Gambar 3.4 Kuas Busa.....	23
Gambar 3.5 Lycal Resin 1011.....	23
Gambar 3.6 Polyfoam 3 mm	24
Gambar 3.7 Serat Karbon Fiber	24
Gambar 3.8 Mesin CNC Router.....	25
Gambar 3.9 Ukuran Spesimen ASTM D638	26
Gambar 3.10 Mesin Uji Tarik	26
Gambar 3.12 Mesin Uji <i>Bending</i>	27
Gambar 3.12 Metode <i>Hand Lay-Up</i>	29
Gambar 3.13 Skema Pengepressan Komposit <i>Sandwich</i>	29
Gambar 4.1 Diagram Tegangan Tarik Terhadap Variasi Lapisan Komposit	32
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tegangan <i>Bending</i> Terhadap Jumlah Lapisan ...	34
Gambar 4.3 Patahan 1 Lapisan Atas	35
Gambar 4.4 Patahan 2 Lapisan Atas	36
Gambar 4.5 Patahan # Lapisan Atas	36

DAFTAR PERSAMAAN

(2.1) Gaya Angkat	8
(2.2) Tegangan	16
(2.2) Regangan	16
(2.4) Pertambahan Panjang	18
(2.5) Modulus Elastisitas.....	18
(2.6) Tegangan <i>Bending</i>	20
(2.7) Tegangan <i>Bending</i> ASTM C393	20
(2.8) <i>Modulus Elastisitas Bending</i>	20
(2.9) Momen	20
(2.10) Momen Inersia	21
(2.11) Tegangan Lentur	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik Pengujian Tarik

Lampiran 2. Pembuatan Spesimen

DAFTAR LAMBANG

A	Luas Penampang	(mm ²)
E	Modulus Elastisitas	($\frac{kg}{cm^2}$)
CL	<i>Coeffisient Lift</i>	(-)
ϵ	<i>Strain</i>	(-)
σ	<i>Stress</i>	($\frac{kg}{cm^2}$)
F	Gaya	(N)
L	Panjang	(mm)
b	Lebar	(mm)
t	Tebal	(mm)
d	Diameter	(mm)
σ_y	<i>Yield Stress</i>	($\frac{kg}{cm^2}$)
σ_b	Tegangan <i>Bending</i>	(MPa)

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di dunia kedirgantaraan semakin maju dan ketergantungan pada bahan buatan yang semakin tinggi menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang ringan namun tetap kuat tanpa meninggalkan aspek-aspek keselamatan untuk terciptanya mutu kehidupan yang lebih baik. Perkembangan teknologi komposit makin serius di kembangkan. Salah satunya teknologi komposit dengan material serat inti busa (*Fiber Foam Core*).

Sifat busa yang ringan merupakan faktor pendukung penggunaan material ini. Salah satu busa yang menjadi objek penelitian adalah busa jenis *polyfoam* atau biasa dikenal dengan depron. Secara umum *polyfoam* digunakan untuk tempelan majalah dinding.

Bahan konstruksi seperti untuk sayap dan badan pesawat tanpa awak dibutuhkan bahan yang ringan setara dengan kayu balsa atau bahkan lebih ringan tetapi tetap kuat. Sifat bahan yang demikian diperoleh pada komposit dengan struktur *sandwich* atau lebih di kenal dengan istilah komposit *sandwich*. Konstruksi ini diterapkan ketika diharapkan kekuatan tekuk yang memadai dengan berat relatif ringan.

Komposit *Sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Banyak variasi definisi dari komposit *Sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekuatan lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *Sandwich* (Prasetyo, 2010).

Serat karbon merupakan salah satu material yang cocok untuk komposisi komposit *Sandwich* dengan inti busa di dalamnya. Serat karbon memiliki berat yang ringan serta ketangguhan yang dapat diandalkan.

Kekuatan komposit *Sandwich* biasanya tergantung pada jumlah lamina dan inti (*core*) pada komposisi komposit tersebut. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik serta kekuatan bahan yang di inginkan. *Core* pada komposit *Sandwich* haruslah seringan mungkin untuk mendapatkan berat jenis yang ringan dari komposit *Sandwich*.

Dari uraian diatas, maka penggunaan *Styrofoam* sebagai bahan *core* pada komposit *sandwich* merupakan solusi kreatif untuk mendukung perkembangan teknologi komposit *Sandwich* yang ramah lingkungan.

I.2 Rumusan Masalah

1. Berapa berat komposit *Sandwich* dengan *core Styrofoam* agar bisa menjadi material pada Model Pesawat Tanpa Awak ?
2. Bagaimana kekuatan komposit *Sandwich* serat karbon dengan *core Styrofoam* dan resin sebagai polimer yang dikenai pembebanan statik berupa beban *Bending* dan tarik ?
3. Bagaimana bentuk fisik patahan komposit *Sandwich* dengan *core Styrofoam*?
4. Dari spesimen uji manakah yang bisa menjadi material pada Model Pesawat Tanpa Awak?

I. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui densitas serta berat pada komposit *Sandwich* dengan *core Styrofoam* untuk Model Pesawat Tanpa Awak.
2. Mengetahui kekuatan *Bending* dan tarik dari material komposit karbon *fiber Sandwich* dengan *core Styrofoam*.
3. Foto makro untuk melihat bentuk patahan.
4. Pemilihan bahan dari 3 spesimen yang di uji.

I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Jenis *Styrofoam* yang digunakan adalah polyfoam.
2. Resin yang digunakan adalah resin bening dengan merk Lycal.
3. Proses produksi komposit menggunakan *Hand Lay-Up*

I.5 Maanfaat Penelitian

Manfaat dari penilitian yang dilakukan adalah pengetahuan mengenai kekuatan material komposit *Sandwich* dengan core *Styrofoam* serta pemanfaatan limbah *Styrofoam* yang sulit terurai secara alami.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Pustaka

Banyak peneliti terdahulu yang melakukan pengujian kekuatan komposit *Sandwich*. Diantara penelitian tersebut adalah uji kekuatan banding pada komposit *Sandwich*. Peneliti terdahulu melakukan banyak variasi komposit *Sandwich* untuk di uji *banding*.

Diharjo (2007) Menganalisa kekuatan *Bending* komposit hibrid *Sandwich* kombinasi serat kanaf dan serat gelas dengan *core* kayu sengon laut menunjukkan komposit *hibrid Sandwich* mampu menahan beban *Bending* lebih tinggi (53,74 kg) di bandingkan dengan komposit GFRP *Sandwich* (43,20 kg). Penggunaan serat *kenaf woven roving* pada *skin* komposit *hibrid Sandwich* mampu meningkatkan kekuatan *Bending* sebesar 10,93% di atas kekuatan *Bending* komposit GFRP *Sandwich*, yaitu dari 87,98 Mpa menjadi 97,50 Mpa.

Wijoyo, Ahmad N. (2014) melakukan pengujian *Bending* komposit *Sandwich* serat aren-*polyester* dengan *core* gedebog pohon pisang yang memperlihatkan bahwa kekuatan *Bending* komposit *sandwich* serat aren dengan *core* gedebog pohon pisang dengan jumlah lamina 1 *layer*, 2 *layer* dan 3 *layer* pada bagian atas dan 1 *layer* pada bagian bawah berturut adalah 1,106 N/mm², 1,181 N/mm², dan 1,367 N/mm², sedangkan kekuatan banding pada serat aren 1 *layer*, 2 *layer*, 3 *layer* berturut-turut adalah 0,730 N/mm², 0,738 N/mm², dan 0,726 N/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina (*layer*) semakin besar kekuatan banding komposit *Sandwich*.

Nanang Endrianto, dkk (2015) melakukan pengujian sifat mekanik komposit *Sandwich* serat pelepah pisang dengan *core* kayu biti memperlihatkan bahwa kekuatan *Bending* sebesar 48,90 N/mm². Kekuatan *Bending* yang baik dapat di sebabkan oleh terjadinya interface antar core-resin-matrik yang baik sehingga komposit menjadi lebih kuat.

M. Wahyu Prihantoro, Hartono Y. (2017) juga melakukan pengujian kekuatan *Bending* serat pelepah siwalan dengan variasi sudut serat yang

memperlihatkan bahwa serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata tegangan *Bending* sebesar 14,61 Mpa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 18,35 Mpa, sudut 45° mempunyai rata tegangan *Bending* 2,886 Mpa dan memiliki nilai tertinggi 3,65 Mpa, sudut 90° mempunyai rata-rata tegangan *Bending* sebesar 2,448 Mpa dan memiliki nilai terbesar 4,19 Mpa. Nilai rata-rata modulus elastisitas sengan sudut 0° (2422,96 N/mm²), sudut 45° (1386 N/mm²), sudut 90° (1239,75 N/mm²).

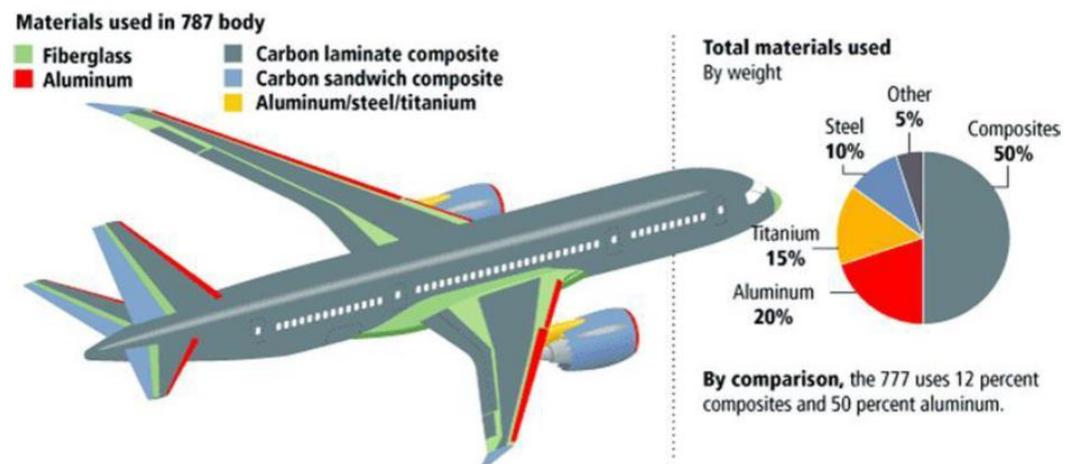
II.2 Pesawat Tanpa Awak (*Unmanned Aerial Vehicle*)

UAV merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan menggunakan kendali jarak jauh lewat gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*), yaitu sistem berbasis elektro-mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram dengan karakteristik tanpa awak pesawat, beroperasi dalam mode mandiri baik secara penuh atau sebagian, sistem yang di rancang untuk dipergunakan secara berulang. Bodi UAV biasanya terbuat dari bahan yang ringan. *Styrofoam* dan kayu balsa adalah material yang sering dipergunakan untuk pembuatan UAV.



Gambar 2.1 Pesawat Tanpa Awak (*Unmanned Aerial Vehicle*)

Pada pesawat Boing 787 penggunaan material komposit pada bodi sudah mencangkup di angka 50% (Nikhil V., Nayak, 2014). Persentase penggunaan material pada pesawat Boeing 787 bisa dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



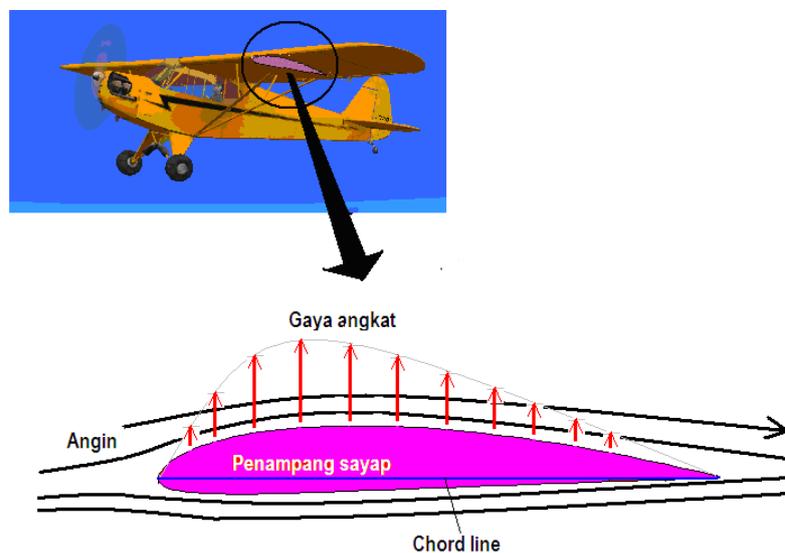
Gambar 2.2 Persentase penggunaan material pada pesawat Boeing 787
(Nikhil V., Nayak, 2014)

Tabel 2.1 *Reinforcing fibers commonly use in aerospace applications*

Fibre	Density (g/cc)	Modulus (GPa)	Strength (GPa)	Application areas
Glass				
E-glass	2.55	65-75	2.2-2.6	Small passenger a/c parts, air-craft interiors, secondary parts; Radomes; rocket motor casings
S-glass	2.47	85-95	4.4-4.8	Highly loaded parts in small passenger a/c
Aramid				
Low modulus	1.44	80-85	2.7-2.8	Fairings; non-load bearing parts
Intermediate modulus	1.44	120-128	2.7-2.8	Radomes, some structural parts; rocket motor casings
High modulus	1.48	160-170	2.3-2.4	Highly loaded parts
Carbon				
Standard modulus (high strength)	1.77-1.80	220-240	3.0-3.5	Widely used for almost all types of parts in a/c, satellites, antenna dishes, missiles, etc.
Intermediate modulus	1.77-1.81	270-300	5.4-5.7	Primary structural parts in high performance fighters
High modulus	1.77-1.80	390-450	2.8-3.0	Space structures, control surfaces in a/c
Ultra-high strength	1.80-1.82	290-310	4.0-4.5 7.0-7.5	Primary structural parts in high performance fighters, spacecraft

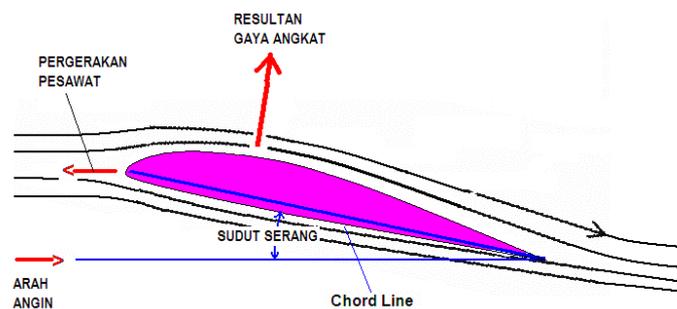
II.3 Gaya Angkat Pada Pesawat

Sayap adalah salah satu komponen pesawat yang menghasilkan sebagian besar gaya angkat. Pada sayap pesawat terbang mempunyai penampang sayap yang disebut dengan *airfoil*. *Airfoil* bergerak kedepan membelah udara sehingga mengalir di bagian atas dan bawah *airfoil*. Perbedaan kecepatan aliran udara bagian atas dan bawah *airfoil* menumbulkan perbedaan tekanan pada penampang *airfoil* sehingga terjadi gaya angkat.



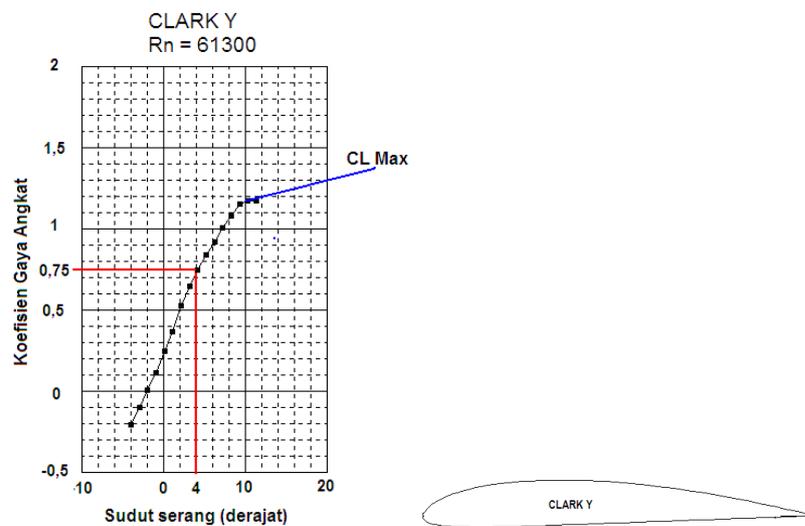
Gambar 2.3 Laju aliran udara pada penampang *airfoil*

Untuk menambah gaya angkat pada sayap, sayap harus diposisikan sedemikian rupa sehingga membentuk sudut serang (*angle of attack*). Tetapi bertambahnya gaya angkat maka gaya hambatnya juga bertambah, gaya hambat ini disebut dengan *drag*.



Gambar 2.4 Sudut serang penampang *airfoil*

Contoh grafik di bawah untuk airfoil yang salah satunya bernama Clark Y, pada Reynold number 61300. Sewaktu airfoil diposisikan dengan sudut serang 4° , airfoil menghasilkan koefisien gaya angkat (CL) 0,75. Kemudian CL Max adalah koefisien gaya angkat maksimumnya yang bisa dihasilkan oleh airfoil Clark Y tersebut. Pada airfoil Clark Y, CL max nya adalah = 1,2 pada sudut serang 10° . Koefisien gaya angkat tidak mempunyai satuan besaran.



Gambar 2.5 Hubungan gaya angkat terhadap sudut serang

Untuk mengetahui gaya angkat yang sesungguhnya, koefisien gaya angkat harus dikalikan dengan kerapatan udara, kecepatan pesawat dan luas sayapnya.

Sewaktu pesawat sedang terbang gaya angkat sama dengan berat pesawat. Gaya angkat pada pesawat sebagian besar dihasilkan oleh sayap. Besarnya gaya angkat adalah:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot CL \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- L = Gaya Angkat (N)
- ρ = Densitas udara dipermukaan air laut (kg/m^3)
- CL = *Coefisien Lift*
- V = Kecepatan pesawat (m/s^2)
- A = Luas Sayap (m^2)

II.4 Polyfoam

Polyfoam atau plastik busa merupakan salah satu jenis plastik dari sekian banyak bahan lainnya. *Polyfoam* lazim digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getaran barang-barang yang fragile, seperti elektronik.



Gambar 2.6 *Polyfoam* ukuran 50cm x 100cm x 0,5cm

II.5 Karbon Fiber

Secara Morfologi karbon fiber ada dalam berbagai bentuk, bubuk karbon aktif, pelumas padat karbon seperti gelas hitam yang sangat keras (Surdia dan Saito, 2000: 371). Jenis dan penggunaan karbon sangat luas. Sekarang sudah ada produksi masal dari serat karbon yang elastis dan dengan sifatnya yang ringan bahan ini memberikan harapan pada berbagai penggunaan. Karbon fiber adalah sebuah material komposit atau plastik diperkuat fiber yang sangat kuat, ringan, tetapi mahal. Plastik diperkuat gelas sering disebut fiberglass, material komposit umumnya ditunjukkan oleh nama serat penguatnya (Karbon fiber). Bahan ini memiliki banyak aplikasi dalam konstruksi pesawat, otomotif, kapal layar, dan terutama banyak dipakai pada rangka sepeda modern, di mana kekuatan dan berat yang ringan sangat penting.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan sejenis plat baja tipis yang didalamnya terdapat serat-serat karbon dan fiber. Pemakaian CFRP pada suatu konstruksi biasanya disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

- a. Terjadinya kesalahan pada perencanaan.
- b. Adanya kerusakan-kerusakan dari bagian struktur bagian dikhawatirkan tidak berfungsi sesuai dengan harapan.
- c. Adanya Perubahan fungsi pada sistem struktur dan adanya penambahan beban yang melebihi beban rencana

Kepadatan serat karbon juga lebih rendah daripada densitas dari baja, sehingga ideal untuk aplikasi yang memerlukan berat konstruksi rendah selain itu sifat dari serat karbon seperti kekuatan tarik tinggi, berat yang rendah membuatnya sangat populer dikedirgantaraan, teknik sipil, teknik mesin militer, dan olahraga motor, namun relatif mahal jika dibandingkan dengan bahan yang sama seperti fiberglass atau plastik. Serat karbon yang sangat kuat ketika meregangkan atau bengkok, tapi lemah ketika tekanan atau terkena shock tinggi (misalnya serat karbon bar sangat sulit untuk menekuk, tetapi akan retak dengan mudah jika dipukul dengan palu. Penggunaan karbon fiber memerlukan bahan pengikat agar diperoleh aksi komposit antara material dan karbon fiber. Serat karbon dengan *filament* 3000 mempunyai berat 0,210 gr/m.

Tabel 2.2 Sifat fisik karbon fiber (*Filament* 3000)

<i>Physical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Comments</i>
<i>Density</i>	1.79 gr/cc	0.0647 lb/in ³	
<i>Mechanical properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Comments</i>
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	4070 MPa	590000 psi	
<i>Elongation at Break</i>	1.8 %	1.8 %	
<i>Modulus of Elasticity</i>	228 GPa	33100 ksi	<i>Tensile modulus calculated at secant 6000-1000</i>

Sumber: *ASM (Aerospace Specification Metal, inc.)*

II.6 Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Komposit pada dunia industri merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang diturunkan dari minyak bumi ataupun bahan alam lainnya seperti karet dan serat). Dapat dikatakan bahwa komposit adalah gabungan antara bahan matrik atau pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat dibentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain (Surdia dan Saito, 2000: 371.)

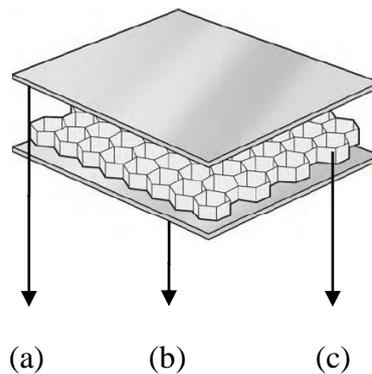
Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan terhadap keausan.

Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui pencampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat (Mehta, 1986).

II.6.1 Komposit *Sandwich*

Komposit *Sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari plat sebagai *skin* dan *core* pada bagian tengahnya. Terdapat beberapa variasi definisi dari komposit *Sandwich*, tetapi factor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekuatan dari lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *Sandwich*.



Gambar 2.7 Struktur komposit *sandwich* (Venkata, 2005)

a. *Upper skin*, b. *Lower skin*, c. *Core*

Konstruksi *Sandwich* telah banyak digunakan secara luas dalam beberapa industri yang membutuhkan suatu konstruksi yang ringan dan kaku. Komponen penyusun komposit *Sandwich* secara umum terdiri dari tiga yaitu:

a. *Face (skin)*

Yang dimaksud *face (skin)* adalah bagian terluar dari komposit *Sandwich*. Material atau bahannya terbuat dari berbagai macam bahan yang dibentuk menjadi lembaran.

Berbagai jenis material dapat digunakan sebagai *skin*. Lembaran plat logam seperti aluminium, baja, titanium dan *polymer* diperkuat serat merupakan beberapa contoh umum material yang biasanya digunakan sebagai

skin. Sifat yang ada pada *skin* harus memiliki kekuatan yang baik, namun tetap memberikan kelenturan, kekuatan tarik dan desak yang baik dan tahan terhadap dampak dan gesekan.

b. *Core*

Core adalah inti (pengisi) dari komposit *Sandwich*. Tujuan dari penambahan *core* adalah agar terjadi penambahan ketebalan tanpa terjadi penambahan berat yang berarti, sehingga didapatkan kekuatan yang relatif tinggi. *Core* komposit *Sandwich* harus mempunyai sifat ringan.

c. *Adhesive*

Adhesive adalah perekat yang digunakan untuk mengikat *face* dengan *core*. Kekuatan tarik *adhesive* harus lebih kuat dibanding kekuatan tarik *core*. *Adhesive* juga harus memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan panas supaya daya rekatnya tidak mudah rusak (Venkata, D. M. 2005).

II.7 Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement (penguat) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Bahan penguat yang umum digunakan adalah jenis partikel, serat serat alam, serat karbon, serat gelas dan keramik.

Jenis-jenis material komposit berdasarkan penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu:

- a. Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi, misalnya serat dan resin sebagai perekat.
- b. Komposit berlapis (*laminated composite*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.
- c. Komposit partikel (*particulate composite*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan

matriks seperti butiran (batu dan pasir). Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih seragam (Van Vlack, 1985).

II.8 Matriks

Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Matriks juga bergungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi (Gibson, 1994).

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar. Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
2. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
4. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
5. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Komposit matriks mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut:

1. Matriks memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
2. Pada pembebanan dapat merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
3. Memberikan sifat : *ductility, toughnes dan electrical insulation*.

Klasifikasi matriks dalam struktur komposit dapat dibedakan menjadi:

1. Matriks polimer

Polimer merupakan bahan matriks yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer yaitu:

- a. Thermoset adalah plastik atau resin yang tidak bisa berubah karena panas (tidak bisa didaur ulang). Misalnya: *epoxy, polyester, phenolic*.
- b. Termoplastik adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). Misalnya: *Polyamid, nylon, polysurface*.

2. Matriks keramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matriks yang tahan pada temperatur tinggi. Misalnya SiC dan SiN yang sampai tahan pada temperatur 1650°C.

3. Matriks logam

Matriks cair dialirkan sekeliling sistem *fiber* yang telah diatur dengan perekatan difusi atau pemanasan.

4. Matriks karbon

Fiber direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi, pemilihan matriks harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan *filler*. Perlu diperhatikan berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi *filler*.

Pada komposit semakin banyak *void* (kekosongan) maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat. *Void* yang terjadi pada matriks sangat berbahaya, karena pada bagian tersebut *fiber* tidak didukung oleh matriks, sedangkan *fiber* selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal

Matriks berfungsi untuk mendistribusikan beban kedalam seluruh bagian penguat komposit dan sebagai pengikat bahan penguat dalam pembuatan

sebuah komposit dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh faktor lingkungan. Matriks *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz, 1986).

Keuntungan matriks *polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. Salah satu keunggulan material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan diharapkan saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada setiap material penyusunnya (Jones, 1975).

II.10 Pengujian Tarik

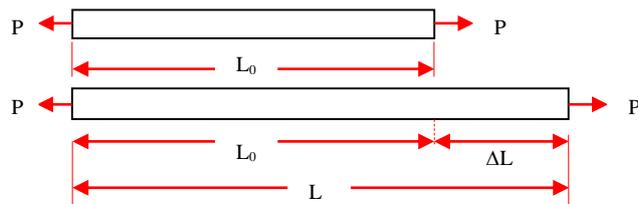
Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan Dieter dkk, (1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji Davis, dkk (1955). Kurva tegangan regangan diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji. Seperti diperlihatkan dalam persamaan 2.2 dibawah ini:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (gage length) benda uji, ΔL , dengan awalnya, L_0 ditunjukkan dalam persamaan 2 dibawah ini. Terjadinya regangan dapat dilihat dalam

Gambar 2.7 dimana pada gambar terdapat perbedaan awal ukuran sebelum proses pengujian tarik dan setelah proses pengujian tarik.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots (2.3)$$



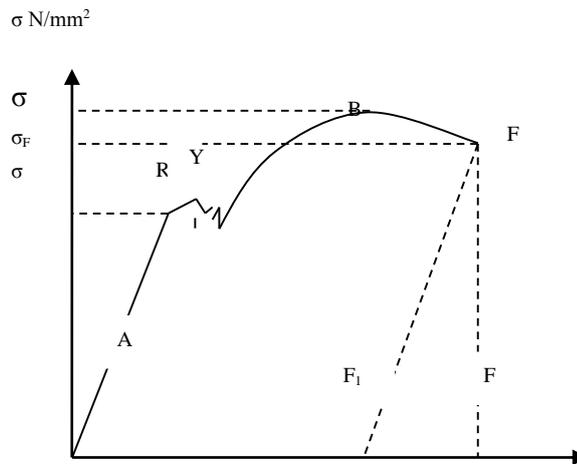
Gambar 2.8 Benda kerja bertambah panjang ΔL ketika diberi beban P
(Irwanto, 2013)

Pada waktu menetapkan tegangan harus diperhatikan:

1. Pada material lunak sebelum patah terjadi pengerutan (pengerutan penampang) yang besar.
2. Regangan terbesar terjadi pada tempat patahan tersebut, sedang pada ujung benda uji paling sedikit meregang.

Benda yang di uji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya.

Benda yang diuji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada tegangan bahan yang diuji. Dari pegangan bahan gaya akan diteruskan ke spesimen yang akan di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian. Standar baku pengujian ini menggunakan standar ASTM D638. Dari spesimen yang telah diuji tarik maka akan mendapatkan data hasil pengujian. Dari hasil pengujian perlu didapatkan hubungan yang terjadi pada proses pengujian. Hasil akhir dari perhitungan kekuatan tarik didapatkan kurva tegangan regangan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2.9 Kurva umum tegangan-regangan hasil uji tarik (Irwanto, 2013)

Kurva tegangan regangan hasil uji tarik umumnya tampak seperti Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat di lihat:

1. AR garis lurus. Pada bagian ini pertambahan panjang sebanding dengan pertambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini berlaku hukum Hooke: (ASTM, 2003)

$$\Delta L = \frac{(\sigma \cdot A_0)}{A} \times \frac{(\frac{\Delta L}{L_0})}{E} \dots\dots\dots (2.4)$$

- dengan:
- ΔL = Pertambahan panjang benda kerja (mm)
 - L_0 = Panjang benda kerja awal (mm)
 - P = Beban yang bekerja (N)
 - A = Luas alas (mm²)
 - E = Modulus elastisitas bahan (N/mm²)

Dari persamaan (2.3) dan (2.2), bila di substitusikan ke persamaan (2.3), maka akan diperoleh:

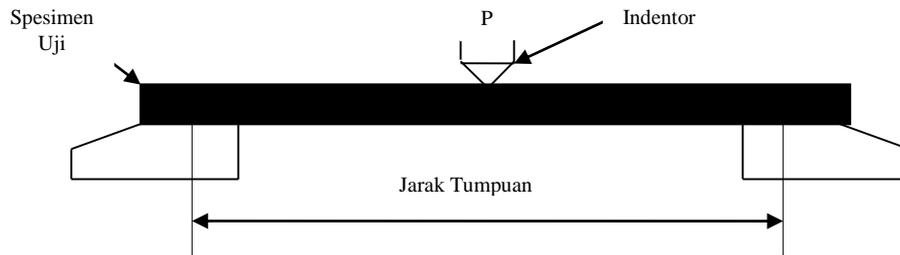
$$E = \frac{\sigma (Tegangan)}{\sigma (Regangan)} \dots\dots\dots (2.5)$$

2. Y disebut titik luluh (*yield point*) atas.
3. Y' disebut titik luluh bawah.

4. Pada daerah YY' benda kerja seolah olah mencair dan benda kerja naik turun disebut daerah luluh.
5. Pada titik B beban mencapai maksimum dan titik ini biasa disebut tegangan tarik maksimum atau kekuatan tarik bahan (σ_B). Pada titik ini terlihat jelas benda kerja mengalami pengecilan penampang (*necking*).
6. Seterlah titik B, beban mulai turun dan akhirnya patah di titik F (*failure*).
7. Titik R disebut titik proporsional, yaitu batas daerah elastis dan daerah AR disebut daerah *elastis*. Regangan diperoleh pada daerah ini disebut regangan elastis.
8. Melewati batas proporsional sampai dengan benda kerja putus, biasanya dikernal dengan daerah plastis dan regangannya disebut regangan plastis.
9. Jika setelah benda kerja putus dan disambungkan lagi (disejajarkan) kemudian diukur pertambahan panjangnya (ΔL), maka regangan yang diperoleh dari hasil pengukuran ini adalah regangan plastis (AF').

II.11 Pengujian *Bending*

Untuk mengetahui Tegangan *Bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *Bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *Bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *Bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *Bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *Bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *Bending* pada sisi bagian atas sama nilainya dengan kekuatan *Bending* pada sisi bagian bawah. Pengujian *Bending* dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 2.10 Pemasangan Benda Uji (Wijoyo, 2014)

Sehingga kekuatan *Bending* dapat dirumuskan sebagai berikut: (ASTM, 2003)

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bt^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Pada perhitungan kekuatan *Bending* ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM C 393, sama seperti pada persamaan di atas, yaitu:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bt^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana: σ_b = Tegangan *Bending* (Mpa)
 P = Beban/*Load* (N)
 L = Panjang *Span* (mm)
 b = Lebar (mm)
 t = Tebal (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas *Bending* menggunakan rumus

$$E_b = \frac{L^3m}{4bd^3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana: E_b = Modulus Elastisitas *Bending* (Mpa)
 L = Panjang *Span* (mm)
 b = Lebar (mm)
 t = Tebal (mm)
 m = *Slope Tangent* pada kurva beban defleksi (N/mm)

Untuk menghitung momen bisa menggunakan persamaan

$$M = F.d \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana: M = Momen (kg.cm)
 F = Gaya (N)

d = Jarak tumpuan (m)

(Khurmi, 2005)

Untuk mencari momen inersia dapat menggunakan persamaan

$$I = \frac{b.t^3}{12} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana: I = Momen Inersia (cm⁴)

b = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

(Khurmi, 2005)

Kemudian untuk mencari tegangan lentur digunakan persamaan 2.11

$$\sigma = \frac{m.y}{I} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana: σ = Tegangan Lentur (kg/cm²)

M = momen (kg.cm)

y = Pusat massa (cm)

I = Momen inersia (cm⁴)

(Khurmi, 2005)

The logo of Universitas Wahid Hasyim Semarang is a circular emblem with a scalloped border. It features a central shield with an open book and a quill pen. The text 'UNIVERSITAS WAHID HASYIM' is written in a semi-circle above the shield, and 'SEMARANG' is written below it. The entire logo is rendered in a light, semi-transparent green and yellow color.

HALAMAN INI TIDAK TERSEDIA
BAB III DAN BAB IV
DAPAT DIAKSES MELALUI
UPT PERPUSTAKAAN UNWAHAS

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat di ambil kesimpulan pada akhir penulisan diantaranya meliputi

1. Massa jenis pada komposit karbon sandwich core styrofoam 1 lapisan atas, 2 lapisan atas, 3 lapisan atas secara berturut-turut $0,38 \text{ g/cm}^2$, $0,40 \text{ g/cm}^2$, $0,43 \text{ g/cm}^2$. Berat untuk body pesawat dengan bentang sayap 3 meter sebesar 3460 gram.
2. Pada pengujian tarik, nilai kekuatan tarik yang didapat dalam komposit karbon *sandwich core Styrofoam* 1 lapisan atas, 2 lapisan atas, 3 lapisan atas secara berurutan sebesar 463 kg/cm^2 , 540 kg/cm^2 , 605 kg/cm^2 . Sedangkan pada pengujian *Bending* nilai tegangan *Bending* yang didapat secara berurutan sebesar $491,7 \text{ kg/cm}^2$, $559,8 \text{ kg/cm}^2$, $702,7 \text{ kg/cm}^2$.
3. Dari foto makro di simpulkan bahwa ketiga spesimen mengalami patah getas namun memiliki perbedaan karakter patahan antar spesimen uji di karenakan tidak imbangnya antara lapisan bawah dan lapisan atas.
4. Dari peneitian di atas untuk pemilihan bahan jatuh pada spesimen dengan 1 lapisan atas pada komposit karbon *fiber core polyfoam* yaitu dengan densitas $0,38 \text{ g/cm}^2$ dengan kekuatan tarik 463 kg/cm^2 dan kekuatan *Bending* sebesar $491,7 \text{ kg/cm}^2$.

V.2 SARAN

Dalam penelitian ini penulis merasa masih banyak kekurangan yang di sebabkan oleh keterbatasan alat, dana, dan waktu, sehingga untuk peneliti selanjutnya perlu mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Untuk pembuatan spesimen uji baik 1 lapisan atas, 2 lapisan atas, 3 lapisan atas masih menggunakan metode hand lay-up yang bergantung pada kemampuan peneliti dan peralatan yang sederhana, oleh karena itu disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah ahli dalam

bidang komposit serat karbon sehingga diperoleh spesimen uji yang benar-benar baik, homogen dan presisi.

2. Untuk penggunaan resin ya di tujukan untuk *foam core* sebaiknya menggunakan jenis resin yang tidak merusak *polyfoam*.
3. Untuk pengujian spesimen uji ini masih berorientasi pada variasi pada jumlah lapisan atas pada komposit *Sandwich* saja, sehingga disarankan pada penelitian berikutnya agar berorientasi pada jenis *core* (inti) dan tebal *core* (inti).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, “*Annual Book of ASTM Standard*”, West Conshohocken, 2003.
- Andi Lennon, 1996. *Basic of R/C Model Aircraft Desight*. USA: Air Age Media Inc.
- Davis, Harmer E., Troxell, George Earl, Wiskocil, Clement T.. 1955. *The testing and inspection of engineering material*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Dieter G., E., 1987. “*Mechanical Metallurgy*”, 2nd Edition, McGraw Hills Company, Tokyo.
- Diharjo, 2007, Kekuatan Bending Komposit Hibrid Sandwich Kombinasi Serat Kenaf Dan Serat Gelas Dengan Core Kayu Sengon Laut, *Jurnal, Jurusan Teknik Mesin*, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Gibson, O. F., 1994. *Principle of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Jones, R, M, 1975. *Mechanics of Composite Materials*, Scripta Book Company, Washington D.C., USA
- Krevelen, D. W. Van. 1994. *Properties of Polymers, Their Correlation with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction from Additional Group Contributions, Threed Edition*. Elsevier Science B. V. Amsterdam. Nederlands. Hlm 33.
- Khurmi RS Gupta, JK., 2005, *Text Book of Machine Design Eurasia*, Publising House, ltd Ram Nagar, New Delhi.
- Mehta, P.K., 1986, “*Concrete Structure Properties and Materials*”, *Prentice Hall, Inc.*, Englewood Cliffs, New Jersey.
- M. Wahyu Prihantoro, H. Yudo, 2017, Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (Borassus Flabellifer) Sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 05, No. 3, Hal 575-584, ISSN: 2338-0322.
- Nanang E., Kadir, Alim, 2015, Analisis Sifat Mekanik Komposit Sandwich Serat Pelepah Pisang Dengan Core Kayu Biti, *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 6, No. 2, ISSN: 2085-8817.

- Nukhil V., Nayak, 2014, *Composite Material in Aerospace Apalications, Internasional Journal of Scientific and Research Publication*, Vol. 3, Issue 9, ISSN 2250-3153.
- Prasetyo, A.J., 2010, Aplikasi Metode Elemen Hingga (Meh) Pada Struktur Rib Bodi Angkutan Publik, *Jurnal, Jurusan Teknik Mesin*, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. "modern physical metallurgy and materials engineering", *Hill International Book Company*, New York.
- Schwartz, M.M., 1986, *Composite Materials HandBook*, McGraw-Hill Inc, New York, USA.
- Surdia, T., dan Saito, S. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*, 371.
- Van-Valck, LH, 1985 "Elements of Material Sience and Engineering", Addison-Wasely.
- Venkata, D. M. 2005. *Composite Sandwich Structure with Grid Stiffened Cor*, Osmania University, Hyderabad, India.
- Wijoyo, Achmad N., 2014, Kajian Komprensif Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester Dengan Core Gedebog Pohon Pisang, *Jurnal Teknologi*, Vol. 7, No. 4, Hal 128-123.