

# Optimalisasi Nilai Kekuatan *Bending* Pembuatan Komposit UPRS - Cantula 3D dengan Metode Taguchi

Lujeng Widodo<sup>1</sup>, Teguh Wiyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Akademi Teknologi Warga Surakarta  
<sup>1</sup>at-warga@atw.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Pratama Mulia Surakarta  
<sup>2</sup>masgoeh@yahoo.com

## ABSTRACT

The needs industry on composite materials made from natural fibers with a quality that meets the standards is expected. Because of the existing raw materials can not meet the needs of material is strong, lightweight, inexpensive and environmentally friendly. Number Variations of thread, Total Torsion, Structure and Percentage Resin wicker is used as a combination of factor levels. Composite tensile testing refers to the , for bending testing refers to the standard ASTM D 790-97. The statistical testing performed; Normality, homogeneity, Anova, SNR and different test. To simplify ANOVA the writer used Taguchy methode. The results show that the fabric construction, especially the number of torsion and resin concentration effect on tensile strength while the type and concentration of resin wicker affect tensile strength while the optimal value is achieved for Pull strength 1,02 MPa. At the factor level combination  $Ne_1$  0.8, Twist 500, Woven with 16 cards and 35% resin concentration.

**Keywords:** Composite, Yarn, twist, 3D Woven, resin concentration, Taguchy methode

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini para ilmuwan terus melakukan penelitian untuk menemukan material yang kuat, ringan, tahan lama, murah serta ramah lingkungan. Kebutuhan akan material ini telah mendorong dikembangkannya teknologi komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat (*composite reinforced fiber*). Komposit serat sendiri memiliki berbagai macam bentuk dan variasi distribusi serat, baik yang berwujud serat *unidirectional* (serat searah), serat dalam berbagai macam bentuk *mats* (*plain weave*, *Harness satin weave* dll), dan juga teknologi yang terbaru yaitu anyaman 3D (*3D woven*). Syarief (2011) penggunaan serat alam sebagai penguat komposit polimer adalah sifatnya yang *hydrophilic* atau cenderung menyerap air, sedangkan polimer bersifat *hydrophobic* atau cenderung menolak air. perlunya perlakuan pada serat sehingga memperbaiki ikatan antara serat

dan matriks. Penelitian ini dilakukan pembuatan komposit Polimer (*Unsaturated Polyester*) dengan menggunakan serat alam yaitu serat Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*).

Romels dkk (2011) Variasi fraksi volume serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa pada resin *polyester* berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan ketangguhan komposit *hybrid polyester* serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa dengan nilai maksimum ada fraksi volume.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

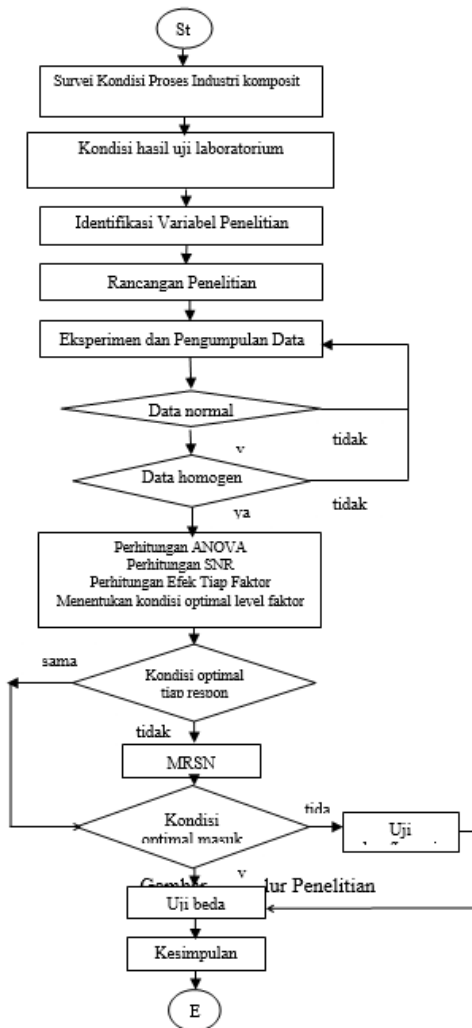
Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data-data hasil pengujian laboratorium komposit Perusahaan Industri. Pada penelitian ini dilakukan dengan 4 faktor dan 2 level, untuk mempermudah digunakan metode taguchi,

Variabel bebas (*Independent Variable*) adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat/*variable* respons

(Sugiyono 2009). Dalam Penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah : - Nomor Benang cantula, Twist Per Meter Kantula, anyaman 10 dan 16 kartu serta variasi resin 30 dan 35 %.

Tabel 1 Faktor dan Level

NO	Faktor	Level	
		1	2
1	Nomor Benang cantula	Ne <sub>1</sub> 0,8	Ne <sub>1</sub> 0,6
2	Twist Per Meter	400	500
3	Anyaman kartu doobby	10	16
4	Resin Ansatureted %	30	35



### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian Sebelumnya

Hasil Penelitian terdahulu mengenai pengujian nilai kekuatan Tarik komposit matriks cantula UPRS dengan kombinasi level faktor yang digunakan sebagai pembanding yaitu: nomor benang cantula, *twist* per meter, jenis anyaman dengan kartu doobby dan Persentase Resin *Unsaturated Polyester*.

Model yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan analisis regresi berganda (*ordinary least square*) OLS.

Tabel 2 Hasil Uji penelitian sebelumnya dengan level faktor

No	UjiBending Mpa
1	0,88
2	0,86
3	0,90
Jml	2,64
Rerata	0,880

Sumber : Lujeng W, Rahardjo W. dan Dody A (2008)

Diambil dari penelitian karakteristik mekanik komposit matriks *unsaturated polyester-serat cantula roxb*.

#### B. Data Uji Kekuatan Tarik

Banyaknya level yang dipakai dalam Penelitian ini sebanyak 2 (dua) level dengan jumlah faktor sebanyak 4, rancangan percobaan yang dipilih menggunakan L8 (2<sup>4</sup>).

Tabel 3 Hasil rerata uji bending

Jml	Orthogonal Array				Replikasi			Jumlah	Rerata
	A	B	C	D	I	II	III		
1	1	1	1	1	0,99	0,93	0,87	2,79	0,93
2	1	1	1	2	0,76	0,82	0,75	2,33	0,776667
3	1	2	2	1	1,08	0,99	0,98	3,05	1,016667
4	1	2	2	2	0,94	0,90	0,99	2,83	0,943333
5	2	1	2	1	0,96	0,92	1,08	2,96	0,986667
6	2	1	2	2	0,75	0,83	0,86	2,44	0,81333
7	2	2	1	1	0,85	0,93	1,05	2,83	0,94333
8	2	2	1	2	0,67	0,73	0,72	2,12	0,706667
				Jumlah	7	7,05	7,30	21,35	7,116667
				Rerata	0,875	0,88125	0,9125		0,889583

Tabel 4 Uji Anova Kekuatan banding

Trial	1 2 3 4				Replikasi			Jumlah
	A	B	C	D	I	II	III	
1	1	1	1	1	0,99	0,93	0,87	2,79
2	1	1	1	2	0,76	0,82	0,75	2,33
3	1	2	2	1	1,08	0,99	0,98	3,05
4	1	2	2	2	0,94	0,90	0,99	2,83
5	2	1	2	1	0,96	0,92	1,08	2,96
6	2	1	2	2	0,75	0,83	0,86	2,44
7	2	2	1	1	0,85	0,93	1,05	2,83
8	2	2	1	2	0,67	0,73	0,72	2,12
Jumlah								21,35
Rata - Rata								
A1 : 11	B1 : 10,52		C1 : 10,07		D1 : 11,63			
A2 : 10,35	B2 : 10,83		C2 : 11,28		D2 : 9,72			

- Menghitung degree of freedom ( df ) atau derajat bebas
  - df T = N - 1 = 24 - 1 = 23
  - df A = KA - 1 = 2 - 1 = 1 ( df B, df C, df D sama = 1 )
  - df E = df T - df A - df B - df C - df D = 23 - 1 - 1 - 1 - 1 = 19

- Menghitung total Sum of Square ( SST ) atau jumlah kuadrat total

$$T = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n Y_{kj} = 21,35$$

$$i = 1j = 1$$

$$CF = \frac{(21,5)^2}{24} = 18,9926$$

$$SST = 19,3105 - 18,9926 = 0,3179$$

$$SSA = (10,0833 + 8,9269) - 18,9926 = 0,017604$$

$$SB = (9,2225 + 9,7741) - 18,9926 = 0,0040$$

$$SSC = (8,45041 + 10,6032) - 18,9926 = 0,0610$$

$$SSD = (11,2714 + 7,8732) - 18,9926 = 0,152$$

$$SSE = 0,3179 - 0,0176 - 0,0040 - 0,0610 - 0,1520 = 0,083279$$

$$MSA = \frac{0,017604}{1} = 0,017604$$

$$MSC = \frac{SSE}{dfE} = \frac{0,083279}{19} = 0,00438$$

$$F_{CA} = \frac{MSA}{MSE} = \frac{0,017604}{0,00438} = 0,91354$$

$$F_{CB} = \frac{MSB}{MSC} = \frac{0,0040}{0,00438} = 0,91354$$

$$F_{CC} = \frac{MSC}{0,0610} = \frac{0,00438}{0,0610} = 13,9181$$

$$F_{CD} = \frac{0,152}{0,00438} = 34,6796$$

$$SS^1_A = 0,017604 - (1 \times 0,00438) = 0,0132$$

$$SS^1_B = 0,0040 - (1 \times 0,00438) = -0,00037$$

$$SS^1_C = 0,0610 - (1 \times 0,00438) = 0,0566$$

$$SS^1_D = SSD - (dfD \times MSc) = 0,152 - (2 \times 0,00438) = 0,14324$$

$$PA = 106,8118 \%$$

$$PB = 32,34932 \%$$

$$PC = 492,8475 \%$$

$$PD = 1278,029 \%$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(19)} = 4,38$$

Tabel 5 Tabel Anova

Faktor	df	SS	MS	F <sub>calculasi</sub>	F <sub>tabel</sub>	SS <sup>1</sup>	%P
A	1	0,01760	0,01760	4,0164	4,38	0,01322	4,1589
B	1	0,0040	0,0040	0,91354	4,38	-0,0038	-0,119
C	1	0,0610	0,0610	13,9181	4,38	0,056621	17,8119
D	1	0,1520	0,1520	34,6796	4,38	0,14762	46,4369
Error	19	0,0833	0,0833	-	-	-	-
Total	23	0,3179	-	-	-	-	-

artinya:

- Faktor A  $F_{cal} < F_{tabel}$  sehingga Ho diterima, maka Faktor A tidak berpengaruh
- Faktor B  $F_{cal} < F_{tabel}$  sehingga Ho diterima, maka Faktor B tidak berpengaruh
- Faktor C  $F_{cal} > F_{tabel}$  sehingga Ho ditolak, maka Faktor C berpengaruh
- Faktor D  $F_{cal} > F_{tabel}$  maka Ho ditolak, maka Ho ditolak, maka Faktor D berpengaruh.

### C. Perhitungan SNR Kekuatan Bending

Tabel 6 SNR Bending

Trial	Colom Number				Replikasi			Rerata	
	I	II	III	IV	I	II	III		
1	1	1	1	1	0,99	0,93	0,87	0,93	-0,6666
2	1	1	1	2	0,76	0,82	0,75	0,7767	-2,21526
3	1	2	2	1	1,08	0,99	0,98	1,0167	0,119057
4	1	2	2	2	0,94	0,9	0,99	0,9433	-0,52643
5	2	1	2	1	0,96	0,92	1,08	0,9867	-0,17573
6	2	1	2	2	0,75	0,83	0,86	0,8133	-1,83882
7	2	2	1	1	0,85	0,93	1,05	0,9433	-0,6036
8	2	2	1	2	0,67	0,73	0,72	0,7067	-3,03427
					7	7,05	7,3		

Perhitungan efek tiap faktor

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{\infty} (\sum \mu O)$$

$$A_1 = \frac{1}{4} (-0,666) + (-2,21526) + (0,11905) + (-0,52643) = -0,8223Dst$$

Tabel 7 Efek nilai SNR tiap faktor respons bending

Level	A	B	C	D
Level 1	-0,822309	-1,22410	-1,6299	-0,3317
Level 2	-1,4131043	-1,0113	-0,60548	-1,9037
Selisih	0,5908	0,2128	1,02445	1,57198
Rangking	1	3	2	4
Optimal	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>

**D. Uji Beda Kekuatan Bending**

Uji Beda dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil kondisi usulan lebih baik dari data hasil Penelitian sebelumnya.

Hipotesis

Ho : Tidak ada perbedaan rerata hasil usulan (eksperimen) *bending* dan hasil Penelitian sebelumnya.

H<sub>1</sub> : Kondisi usulan lebih baik hasil Penelitian sebelumnya

Tabel 8 Perbandingan Bending

No	usulan	Percobaan sebelumnya
1	1,08	0,88
2	0,99	0,86
3	0,98	0,90
Jml	3,05	2,64
Rerata	1,01667	0,8800

to mempunyai distribusi t dengan derajat bebas sebesar n<sub>1</sub> + n<sub>2</sub>-2

Kriteria Pengujian t<sub>hitung</sub> yaitu :

Ho diterima apabila t<sub>hitung</sub> ≤ t<sub>tabel</sub>

H<sub>0</sub> ditolak apabila t<sub>hitung</sub> > t<sub>tabel</sub>

Membandingkan nilai t<sub>hitung</sub> dengan t<sub>tabel</sub>

$$\alpha = 0,05 \rightarrow t_{tabel} = t_{(0,05)}(n_1 + n_2 - 2) = 2,13$$

$$n_1 = 3 \quad n_2 = 3$$

$$X_1 = \frac{1}{n} \sum X_{i1} = \frac{1}{3} ( 1,08 + 0,99 + 0,98 ) = 1,01667$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n} \sum X_{i2} = \frac{1}{3} ( 0,88 + 0,86 + 0,9 ) = 0,00303$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X_{i1} - \bar{X}_1)^2 = \frac{1}{2} \times 0,00606 = 0,00303$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum (X_{i2} - \bar{X}_2)^2 = \frac{1}{2} \times 0,0008 = 0,0004$$

$$\begin{aligned} to &= \frac{X_1 - X_2}{\frac{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}}{n_1 + n_2}} \\ &= \frac{1,01667 - 0,8800}{\frac{\sqrt{(2 \times 0,00303) + (2 \times 0,0004)}}{\sqrt{3 \times 3 (4)}}} \\ &= \frac{0,13667}{0,08283} \times 2,4495 \\ &= 4,04 \end{aligned}$$

Kesimpulan t<sub>hitung</sub> = 4,04 > t<sub>tabel</sub> = 2,13, artinya hasil uji *bending* penelitian lebih baik dibanding dengan kondisi percobaan sebelumnya. berarti kondisi usulan **lebih baik** dibanding kondisi percobaan belumnya.

**E. Analisis Faktor**

Faktor-faktor dominan adalah faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap tahapan proses pembuatan komposit UPRS-Cantula 3D hasil penelitian menunjukkan bahwa factor yang berpengaruh adalah jenis anyaman dan konsentrasi resin.

**1) Faktor Jenis Anyaman**

Anyaman (*interlaching*) berfungsi untuk menyatukan / mengikat antar benang dengan cara menyilangkan sesuai dengan desain yang di inginkan sehingga menghasilkan komposit dengan panjang, lebar dan ketebalan atau di sebut 3D , Variasi antara 10 kartu atau 10 angkatan dan 16 angkatan, pada saat pembuatan anyaman.

Dengan hasil anyaman matrik cantula yang tidak padat maka terdapat rongga-rongga yang memungkinkan memudahkan absorsi dan masuknya resin ke dalam celah-celah silangan benang dengan demikian akan menaikkan kekuatan bending, Berdasar hasil perhitungan anova pada Tabel 2 dan Tabel 3

Menyatakan bahwa faktor *twist* mempunyai pengaruh terhadap nilai ketahanan *bending*. Hal

ini menunjukkan bahwa faktor jenis anyaman mempunyai andil yang besar untuk meningkatkan kekuatan *bending* komposit cantula. Dari hasil perhitungan kondisi optimum (tabel 6) menunjukkan bahwa untuk mencapai pada kondisi optimum pada uji *bending* komposit dicapai pada kondisi jenis anyaman dengan 16 kartu atau angkatan, hal ini menunjukkan bahwa pada jenis anyaman 16 kartu anyaman yang dihasilkan tidak padat, sehingga memudahkan larutan resin meresap ke dalam resin dengan bantuan tekanan serta menempel pada permukaan anyaman. Hal ini membuat hasil komposit lebih baik serta ikatan yang terjadi antara benang dan larutan maupun matriks anyaman semakin baik demikian pula dengan proses pengeringan yang dihasilkan akan lebih mudah dan merata. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil perhitungan persen kontribusi (%P) pada faktor jenis anyaman. Dengan nilai sebesar (%P) pada faktor jenis anyaman sebesar 17,81% yang jauh melebihi persentase kontribusi yang ditetapkan sebesar 5 %, hasil ini mengakibatkan nilai kekuatan *bending* komposit cantula pada proses pengujian prediksi lebih lebih baik.

## 2) Konsentrasi resin berupa larutan (*liquid*)

Konsentrasi resin berfungsi menyatukan antara metrik anyaman agar diperoleh suatu kesatuan yang homogen antara larutan dengan anyaman yang akan mengalami proses saling terpenetrasi dan menempel oleh karena tekanan dari reaksi yang di picu adanya *hardener MEKP (Methyl Ethyl Ketone Peroxide)* kerapatan diperoleh dengan adanya tekanan 500 kg. sehingga diperoleh bentuk yang solid berupa komposit. Dengan demikian dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit dari anyaman cantula tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan Anova (Tabel 4) dan (tabel 5) menunjukkan bahwa konsentrasi resin mempunyai pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan *bending* komposit cantula, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi resin mempunyai andil yang besar, untuk meningkatkan kekuatan tarik dan *bending* komposit cantula.

Dari hasil perhitungan pada kondisi optimum pada (tabel 6) menunjukkan bahwa untuk mencapai kondisi optimal pada uji kekuatan tarik dan *bending* dicapai pada konsentrasi resin 30, hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 30% menjadikan larutan memiliki kemampuan untuk dapat meresap ke dalam pori-pori anyaman secara baik dan menempel pada matriks anyaman secara baik sehingga ikatan antara anyaman dan resin menjadi lebih kuat. Komposit menjadi lebih solid dengan perlakuan pemanasan pada oven dengan suhu 110 derajat selama 4 jam. Pada kondisi ini komposit sudah solid betapapun ditambah dengan larutan yang sama tidak akan menyatu. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil perhitungan persen kontribusi, (%P) untuk larutan resin pada uji *bending* sebesar 46,437%) yang melebihi persen kontribusi yang ditetapkan sebesar 5, maka akan mengakibatkan nilai kekuatan tarik dan *bending* komposit cantula pada proses pabrikan prediksi lebih baik.

## 3) Uji Beda

Uji beda antara kondisi optimal dengan kondisi penelitian sebelumnya pada responss kekuatan *bending* komposit cantula menunjukkan hasil yang lebih baik secara signifikan.

## 4) Untuk responss kekuatan *bending* komposit cantula

Berdasarkan hasil perhitungan uji beda antara kondisi optimal dengan kondisi penelitian sebelumnya pada responss kekuatan *bending* diperoleh hasil  $t_{hitung} > t_{tabel}$  (  $4,04 > 2,13$  ) yang artinya nilai rerata dari responss kekuatan *bending* pada kondisi optimal lebih baik dari penelitian sebelumnya. Dengan demikian pada kondisi optimal lebih baik dibanding pada kondisi penelitian sebelumnya.

## 5) Peningkatan kekuatan komposit cantula

Pada peningkatan nilai kekuatan banding (  $\frac{1,0167 \times 100}{0,8800}$  ) = 115,45 %

Dari kekuatan *Banding* penelitian sebelumnya, dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses pabrikan komposit cantula dengan pemanasan

100<sup>0</sup> C selama 4 jam dengan faktor anyaman dan konsentrasi Resin/larutan yang tingginya menyatukan serat-serat maupun benang pada struktur matriks anyaman, mempunyai peran penting pada proses pabrikasi untuk mengurangi pergerakan yang berlebihan, selain itu juga memberi perlindungan pada permukaan matriks anyaman ketika mengalami gaya-gaya.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Secara keseluruhan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil dari analisis variansi (Anova), Dapat diketahui bahwa:

1. Jumlah puntiran dan Konsentrasi Resin secara signifikan tidak berpengaruh terhadap kekuatan *bending* sedangkan Jenis anyaman dan konsentrasi Resin berpengaruh terhadap kekuatan *bending*.
2. Nilai Optimal kekuatan *bending* 1,02 Mpa, pada kombinasi level faktor nomor benang Ne<sub>1</sub> 0,8, *twist* benang 500, anyaman 16 kartu dan konsentrasi resin 35%.

##### B. Saran

Untuk lebih mengembangkan pemanfaatan potensi anyaman cantula 3D sebagai penguat komposit, maka penulis memberikan saran:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ketahanan komposit UPRs-Cantula 3D terhadap pengaruh kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban karena serat alam cenderung kurang tahan pada faktor ini.
2. Dilakukan penelitian tentang variasi resin selain BQTN-157 yang akan dapat memberikan ikatan resin-serat yang optimal pada fraksi berat yang tinggi sehingga performa komposit dapat ditingkatkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Drs. Sunaryo yang telah memberikan bantuan berupa masukan, nasihat, kesempatan, dan nilai – nilai positif pada penelitian ini.

#### REFERENSI

- Akhmad, Syarief 2011, *Uji lentur komposit Polyester serat Purum Tikus (Eleocharis dulcis) Info Teknik*, Volume 12 No. 2, hh 10-18 Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin
- Annual Book ASTM Standart, 1997, USA
- Ariawan D, dan Raharjo, W, Lujeng W 2013. *Rekayasa dan Manufaktur Komposit Sandwich Serat Cantula Anyaman 3D Termoset Dengan Core Honeycomb Kardus Sebagai Bahan Panel Akustik Komersial*, *Jurnal Fema*, Fakultas Teknik UNS Volume 1, Nomor 1
- Ariawan, D dkk Raharjo, W 2009, *Pengaruh model Anyaman 3d serat Cantula Terhadap karakteristik Serapan bunyi Komposit Unsaturated Polyester resin uprs-cantula 3d* <http://dodyariawan.staff.uns.ac.id> dilihat 10 Juni 2013
- Donald. Stobbe, and Mansour Mohamed 2003, *3D Wovwn Composites: Cost and Performance Viability Comercial Aplications*. 3TEX, Inc
- Frederick Stoll, Schott Campbell, Stephen day, and Michael Sheppard. 2004, *High-Performance, Low-Cost Infution Cores for Structural Sandwich Panels*. Webcore Tecnologies Inc., Dayton, Ohio
- Gibson, R.F 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw Hill Inc., New York, USA
- Herakovich, C.T 1998, *Mechanics of Fibrous Composites*, John Wiley & Sons Inc., New York, US
- Hutchen, D Sheppard 2002, *Optimizing sandwich Panel Performace with 3D Fiber Reinforced Core Architecture*, Webcore technologies, Dayton, Ohio
- Jocchen, P, Ignaas Verpoest, Dirk Vandepitte 1999, *Folded Honeycomb Cardboard and Core Material for Structural Applacatioans* . K.U. Leuven, Belgia
- Lujeng W, Raharjo, W, Ariawan D 2005 *Pengaruh fraksi Berat Serat Cantula Anyaman 3 D terhadap karakteristik mekanik komposit UPRs – Cantula Jurnal Teknika ATW* edisi 5 hh 3-8
- Lujeng W, Raharjo, W, Ariawan D 2007 *Pengaruh Variasi Anyaman Serat 3 D karakteristik mekanik komposit UPRs – Cantula Jurnal Teknika ATW*, edisi 5 hh 1-9

- Lukkassen, D. and Meidel, A 2003, *Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process*, Narvik University College. H; N
- Lee Ing Tong dan Chao Ton Su (1997) *Metode MRSN (Multi Respons Signal to Noise) dan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)*