

Laju Perpindahan Panas Komposit Hibrida

I Gede Wawan Saputra, I.D.G Ary Subagia dan I Gusti Ketut Sukadana
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung
(80361) Bali, Indonesia

Abstrak

Pada penelitian ini digunakan serat jute dan serat fiberglass berbentuk anyaman sebagai penguat komposit dan dikombinasikan dengan matrik epoksi EPR 174 dan hardener EPH 555 sebagai pengikat komposit. Kombinasi serat jute dan fiberglass ditentukan sebanyak total 6 lapis dengan metode proses manufacturing yaitu Vacuum Injection Moulding (VIM). Alat uji Heat Transfer Experiment Base Unit TQ TD 1002A digunakan dalam proses pengujian untuk mengetahui laju perpindahan panas pada komposit hibrida. Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa ketebalan, karakteristik material dan beda temperatur sangat berpengaruh pada laju perpindahan panas dalam mentransmisikan panas sebesar W/m.K. Spesimen kontrol jute merupakan spesimen dengan kemampuan mentransmisikan panas lebih tinggi 33,55% dari spesimen kontrol fiberglass dan 19,92% dari spesimen kontrol epoksi. Sedangkan pada variasi laminasi, spesimen HE1 memiliki kemampuan menghantarkan panas paling tinggi sebesar 25,49% dibandingkan spesimen variasi HE4 dengan nilai kemampuan menghantarkan panas sebesar 54,7299W/m.K.

Kata kunci: Komposit, Hibrida, Laju Perpindahan Panas

Abstract

In this research, jute and fiberglass were used as composite reinforcement and combined with EPR 174 epoxy matrix and EPH 555 hardener as composite binder. The combination of jute fiber and fiberglass is determined for a total of 6 layers by the manufacturing process method, namely Vacuum Injection Molding (VIM). The Heat Transfer Experiment Test Equipment Base Unit TQ TD 1002A is used in the testing process to determine the rate of heat transfer in hybrid composites. In this study it can be concluded that the thickness, material characteristics and temperature difference greatly affect the rate of heat transfer in transmitting heat of W/m.K. Jute control specimens were specimens with 33.55% higher heat transferability than fiberglass control specimens and 19.92% epoxy control specimens. While in the laminate variation, the HE1 specimen has the highest heat conduction ability of 25.49% compared to the HE4 variation specimen with a heat transferability value of 54.7299W/m.K.

Keywords: Composite, Hybrid, Heat Transfer

1. Pendahuluan

Saat ini penelitian mengenai pengembangan komposit polimer berpenguat serat sangat sering dijumpai. Komposit menjadi populer dikarenakan beberapa keunggulan yang dimiliki melebihi bahan logam. Kelebihan tersebut diantaranya densiti yang rendah, tahan korosi oleh air maupun kimia dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan pengguna [1].

Dalam upaya untuk mendapatkan kualitas lingkungan yang baik dan adanya upaya tekanan yang kuat, pemerintah dalam hal ini mendorong agar menggunakan bahan alami. Atas dasar arahan tersebut menjadikan pemanfaatan serat nanas, sabut kelapa, rami dan banyak lagi serat alam lainnya menjadi populer diaplikasikan sebagai bagian struktur dari komposit berbasis serat [2]. Diantara banyaknya serat alami tersebut, serat *jute* (*corchorus capsularis*) menjadi salah satu yang paling populer karena tersedia sangat luas dan mudah di daur ulang [3]. Karakteristik dari serat *jute* yang kuat dan elastis selain itu mudah didapat, harganya yang murah dan memiliki kadar air yang relatif lebih tinggi dibandingkan serat alami lainnya serta *bio-degradable* sehingga membuat serat ini ramah lingkungan [4]. Menurut Prabhakar [5] dibalik

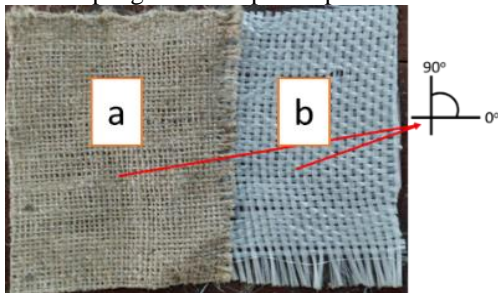
kelebihan dari serat *jute* tersebut tersimpan kelemahan serat alam yang pada umumnya adalah dapat melepaskan panas relatif lebih besar dibandingkan serat sintesis. Sehingga pemanfaatannya sebagai isolator panas, serat alam perlu dikombinasikan dengan serat hasil rekayasa manusia sehingga kemampuannya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan terutama dapat dijadikan isolator panas yang baik. Pemilihan serat sintetis diharapkan dapat menutupi kelemahan serat *jute* sehingga dalam pembuatan kompositnya perlu di hibridkan.

Pada penelitian ini dilakukan kombinasi hibrida antara serat alam *jute* dengan serat sintetis *fiberglass* berbentuk anyaman yang akan digunakan sebagai penguat komposit. Sedangkan untuk pengikat serat digunakan matrik epoksi EPR 174 yang akan dicampurkan dengan hardener EPH 555 dengan rasio perbandingan matrik 2:1. Untuk mengetahui nilai laju perpindahan panas, pada spesimen komposit hibrida akan di uji menggunakan alat *Heat Transfer Experiment Base Unit TQ TD 1002A*. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai laju perpindahan panas pada komposit hibrida dengan komposisi laminasi *fiberglass/jute/fiberglass*.

2. Dasar Teori

2.1 Bahan Penelitian

Gambar 1a dan b merupakan bahan pembentuk komposit hibrid dengan serat anyam *jute* dan *fiberglass* sebagai penguat dan resin epoksi sebagai pengikat. Karakteristik serat *jute* dan *fiberglass* ditampilkan masing-masing pada tabel 1 dan 2. Pengikat yang digunakan yaitu resin epoksi tipe *bisphenol A diglycidyl ether* (EPR 174) dengan *hardener* tipe *aliphatic polyamine* (EPH 555). Karakteristik pengikat ditampilkan pada tabel 3.



Gambar 1. a) Serat anyam *jute*. b) Serat anyam *fiberglass*

Tabel 1. Karakteristik serat *jute*

Elemen (satuan)	Nilai	Sitasi
Density (g/cm3)	1.3	[4, 5, 6]
Tensile strength (MPa)	450	[4, 5, 7]
Tensile modulus (GPa)	8-78	[8, 9]
Elongation (%)	1-1,8	[8, 9]

Tabel 2. Karakteristik serat *fiberglass*

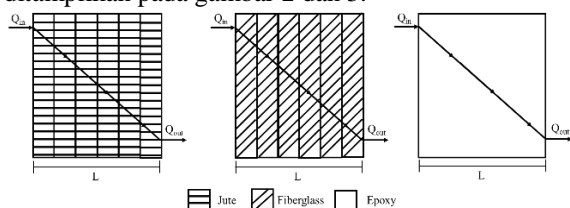
Elemen (satuan)	Nilai	Sitasi
Density (g/cm3)	2,5	[8, 9]
Tensile strength (MPa)	2000	[8, 9]
Tensile modulus (GPa)	70	[8, 9]
Elongation (%)	1,8-4,8	[8, 9]

Tabel 3. Karakteristik epoksi dan *hardener*

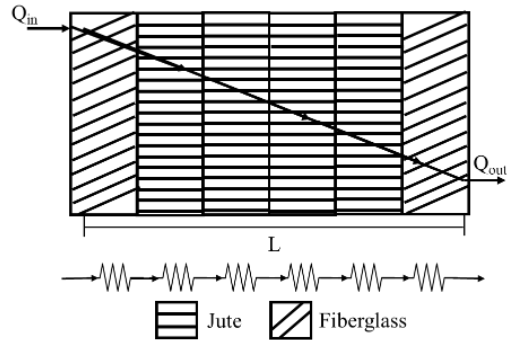
Elemen (satuan)	Nilai	Sitasi
Density (g/cm3)	1,16	[10, 11]
Tensile strength (MPa)	63,7	[12]
Viscosities (Pa's)	9-12	[12, 13]
Elongation (%)	3	[12]

2.2 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi merupakan proses dimana energi panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke bersuhu lebih rendah [14, 15, 16, 17]. Proses perpindahan panas pada spesimen ditampilkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Proses terjadinya perpindahan panas secara konduksi pada spesimen uji (*jute*, *fiberglass* dan *epoxy*)



Gambar 3. Proses perpindahan panas secara konduksi pada salah satu variasi spesimen hibrida dengan kode HE₁ (F₁/J₄/F₁)

Persamaan umum perpindahan panas secara konduksi yaitu:

$$q = kA \frac{\Delta T}{L} \tag{1}$$

Untuk mencari koefisien k dapat menggunakan persamaan:

$$k = \frac{q_x}{A} \cdot \frac{L}{\Delta T} \tag{2}$$

Untuk mencari koefisien A pada penelitian ini menggunakan persamaan luas lingkaran yaitu:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \tag{3}$$

Koefisien ΔT dapat dicari menggunakan persamaan:

$$\Delta T = \bar{T}_{34} - \bar{T}_{45} \tag{4}$$

Keterangan pada persamaan (1), (2), (3), (4):

- q = Perpindahan panas (W)
- k = Konduktivitas termal (W/m.K)
- A = Luas penampang (m²)
- ΔT = Beda temperatur (K)
- L = Tebal spesimen (m²)
- q_x = Daya listrik (W)
- π = Phi (3,14)
- d = Diameter

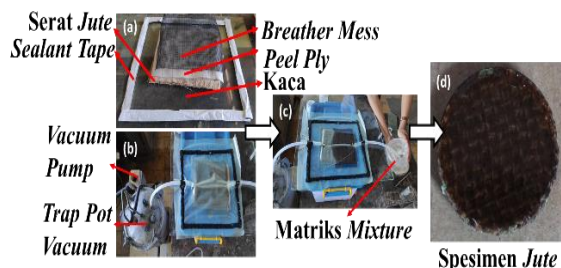
3. Metode Penelitian

3.1 Proses Fabrikasi Komposit

Pembuatan komposit menggunakan proses pencetakan dengan metode *Vacuum Injection Moulding* (VIM). Proses fabrikasi ditampilkan pada gambar 4.

Tahap pembuatan diawali dengan menyusun laminasi pada permukaan kaca (ditunjukkan pada gambar 4a). Tahapan selanjutnya adalah proses instalasi vakum dengan memasang *plastic bagging film*, pemasangan selang *in* yang akan dihubungkan dengan matriks dan selang *out* yang dihubungkan pada *trap pot vacuum* (ditunjukkan pada gambar 4b). Setelah itu dilakukan pencampuran matriks epoksi EPR 174 dengan *hardener* EPH 555 dengan ratio 2:1 lalu dilakukan proses injeksi matriks dengan menghidupkan mesin *vacuum pump* (ditunjukkan pada gambar 4c) lalu selang *in* dan *out* di kunci menggunakan tang penjepit sehingga moulding tetap dalam keadaan vakum. Setelah matriks pada moulding mengeras maka spesimen

komposit dapat di pisahkan dan dipotong berbentuk lingkaran sesuai standar alat uji *heat transfer experiment base unit TQ TD1002A* (ditunjukkan pada gambar 4d). Variasi laminasi komposit hibrida ditampilkan pada tabel 4.



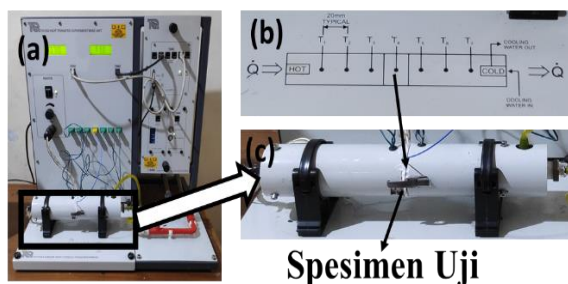
Gambar 4. Proses fabrikasi dengan VIM

Tabel 4. Variasi laminasi komposit hibrida

Notasi	Fiberglass	Jute	Fiberglass
J	-	6	-
F	6	-	-
E	-	-	-
HE ₁	1	4	1
HE ₂	2	3	1
HE ₃	3	2	1
HE ₄	4	1	1

3.2 Proses Pengujian Laju Perpindahan Panas

Proses pengujian menggunakan alat uji *Heat Transfer Experiment Base Unit Merk TQ TD1002A* seperti ditunjukkan pada gambar 5a. Spesimen uji di tempatkan pada T₄ (ditunjukkan pada gambar 5c) diantara T₃ dan T₅ seperti ditunjukkan pada gambar 5b. Setelah pemasangan spesimen uji hidupkan *power listrik* dan komputer selanjutnya *software techquipment VDAS* dibuka pada komputer. Kuat arus yang mengalir diukur menggunakan *ampere meter*. Data yang diambil yaitu pada saat keadaan *steady state*.



Gambar 5. Proses pengujian laju perpindahan panas

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perpindahan Panas Pada Komposit Hibrida

Tabel 5 merupakan data hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *heat transfer experiment base unit TQ TD1002A*, data

tersebut diambil saat temperatur dalam kondisi *steady state*. Tabel 6 merupakan data hasil perhitungan.

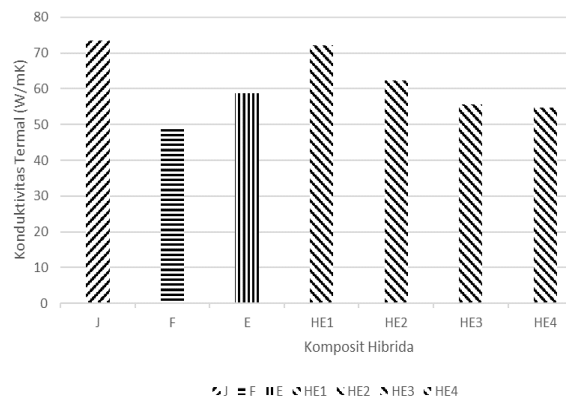
Tabel 5. Data hasil pengujian konduktivitas termal

Notasi	Temperatur °C						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
J	30	29,9	29,8	27,4	25,9	25,9	25,9
F	29,8	29,7	29,7	27,7	26	26	26
E	29,8	29,7	29,6	27,9	26	26	26
HE ₁	30,2	30,1	30	28,3	26,2	26,2	26,2
HE ₂	29,8	29,7	29,6	27,8	25,9	25,9	25,9
HE ₃	29,7	29,6	29,5	27,4	25,8	25,8	25,8
HE ₄	29,8	29,7	29,6	28,2	26,3	26,3	26,3

Tabel 6. Data hasil perhitungan

Notasi	ΔT (K)	L (m)	q (Watt)	k (W/m.K)
J	1,95	0,0046	21,7976	73,4571
F	1,85	0,0029	21,7976	48,8131
E	1,8	0,0034	21,7976	58,8189
HE ₁	1,9	0,0044	21,7976	72,1123
HE ₂	1,85	0,0037	21,7976	62,2788
HE ₃	1,85	0,0033	21,7976	55,5459
HE ₄	1,65	0,0029	21,7976	54,7299

Pada tabel 6 ditampilkan hasil dari perhitungan berupa ΔT yaitu beda temperatur (K), L yaitu tebal spesimen (m), q yaitu laju perpindahan panas (W), q_x yaitu daya listrik dan k yaitu konduktivitas termal (W/m.K). Spesimen *jute* (J), *fiberglass* (F) dan epoksi (E) merupakan kontrol pada penelitian. Variasi spesimen uji Hibrida Epoksi (HE) yaitu: HE₁, HE₂, HE₃, dan HE₄. Laju perpindahan panas yang terjadi yaitu 21,7976W.



Pada spesimen kontrol, spesimen *jute* memiliki nilai laju perpindahan panas sebesar 21,7976W mampu mentransmisikan panas sebesar 33,55% lebih besar

dari spesimen kontrol *fiberglass* dan lebih besar 19,92% dari spesimen kontrol epoksi. Pada spesimen variasi HE₁ mampu mentransmisikan panas lebih kecil 1,8% dari kontrol *jute*, lebih besar 32,3% dari *fiberglass* dan 18,4% dari epoksi. Pada spesimen variasi HE₂ mampu mentransmisikan panas lebih kecil 15,2% dari kontrol *jute*, lebih besar 21,6% dari kontrol *fiberglass* dan 5,5% dari kontrol epoksi. Pada spesimen variasi HE₃ mampu mentransmisikan panas lebih kecil 24,4% dari kontrol *jute* lebih besar 12,1% dari kontrol *fiberglass* dan lebih kecil 5,6% dari kontrol epoksi. Pada spesimen variasi HE₄ mampu mentransmisikan panas lebih kecil 25,5% dari kontrol *jute*, lebih besar 10,8% dari kontrol *fiberglass* dan lebih kecil 6,9% dari kontrol epoksi.

Nilai presentase tersebut memperlihatkan bahwa kemampuan spesimen dalam mentransmisikan panas berpengaruh pada ketebalan spesimen dan beda temperatur. Semakin tipis sebuah spesimen uji maka semakin kecil kemampuan dalam mentransmisikan panas. Selain itu karakteristik material yang dimana serat *jute* yang merupakan serat alam pada kondisi standar memiliki nilai *moisture regain* sebesar 12,5% [20] menyebabkan kemampuan mentransmisikan panasnya lebih tinggi 33,55% dari serat sintesis *fiberglass* yang merupakan hasil rekayasa manusia yang tahan terhadap efek kelembaban. Selain itu nilai densitas pada sebuah material sangat mempengaruhi kemampuan mentransmisikan panas [21] pada penelitian ini densitas dari serat *jute* yaitu 1,3g/cm³ lebih rendah dibandingkan nilai densitas *fiberglass* sebesar 2,5g/cm³.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa laju perpindahan panas pada suatu material di pengaruhi oleh ketebalan spesimen, karakteristik material penyusun komposit dan beda temperatur. Pada variasi HE₁ dengan laminasi (*fiberglass/jute/jute/jute/jute/fiberglass*) mampu mentransmisikan panas sebesar 72,1123W/mK dengan nilai laju perpindahan panas yaitu sebesar 21,7976W menjadikan variasi HE₁ dengan kemampuan mentransmisikan panas tertinggi pada variasi laminasi. Sedangkan kemampuan mentransmisikan panas paling rendah pada penelitian ini yaitu pada variasi HE₄ dengan laminasi (*fiberglass/fiberglass/fiberglass/fiberglass/jute/fiberglass*) dengan nilai sebesar 54,7299W/m.K dengan laju perpindahan panas sebesar 21,7976W.

Daftar Pustaka

[1] Putri N. A. L., 2016, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Sisal-Epoxy dan Struktur Serat Terhadap Karakteristik Tarik Komposit*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- [2] M. E. Alves Fidelis, T. V. C. Pereira, O. d. F. M. Gomes, F. de Andrade Silva, and R. D. Toledo Filho, 2013, *The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers*, *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 2, pp. 149-157.
- [3] Y. G. Thyavihalli Girijappa, S. Mavinkere Rangappa, J. Parameswaranpillai, and S. Siengchin, 2019, *Natural Fibers as Sustainable and Renewable Resource for Development of Eco-Friendly Composites: A Comprehensive Review*, *Frontiers in Materials*, vol. 6.
- [4] Johnson S., Kang L., Akil H.M., 2016, *Mechanical behavior of jute hybrid bio-composites*. *Composites*
- [5] Prabhakar M.N., Shah A.U.R., Song J.-I., 2015, *A review on the flammability and flame retardant*.
- [6] S. Mahzan, M, Fitri, and M, Zaleha, 2017, *UV radiation effect towards mechanical properties of Natural Fibre Reinforced Composite material*, *A Review IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 165, p. 012021,
- [7] M. Shahriar Kabir, M, S, Hossain, M, Mia, M, N, Islam, M, M, Rahman, M, B, Hoque, et al., 2018, *Mechanical Properties of Gamma-Irradiated Natural Fiber Reinforced Composites, Nano Hybrids and Composites*, vol. 23, pp. 24-38.
- [8] D, Gon K., Das P., Paul, S, Maity, 2013, *Jute Composites as Wood Substitute*, *International Journal of Textile Science*, vol. 1, pp. 84-93.
- [9] S, M, R, Khalili, R, E, Farsani, and S, Rafiezadeh, 2011, *An experimental study on the behavior of PP/EPDM/JUTE composites in impact, tensile and bending loadings*, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 30, pp. 1341-1347,.
- [10] Dittenber, D,B, dan GangaRao, H, V, S., 2021, *Critical Review of Recent Publications On Use of Natural Composites In Infrastructure*, *Composites: Part A* 43:1419-1429
- [11] Barbero, E, J., 2011, *Introduction to Composite Material Design*, Boca Raton, FL: Taylor & Francis

- [12] A, Bajpai, J, R, Davidson, and C, Robert., 2021, *Studies on the Modification of Commercial Bisphenol-A-Based Epoxy Resin Using Different Multifunctional Epoxy Systems*, Applied Mechanics, vol. 2, pp. 419-430,.
- [13] S. Bhatia, S, Angra, S, Khan, 2019, *Mechanical and wear properties of epoxy matrix composite reinforced with varying ratios of solid glass microspheres*, Journal of Physics: Conference Series, vol. 1240, p. 012080,.
- [14] Z. Sun, L, Xu, Z, Chen, Y, Wang, R, Tusiime, C, Cheng, et al, 2019, *Enhancing the Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Resin via Blending with Thermoplastic Polysulfone*, Polymers (Basel), vol. 11, Mar 11.
- [15] N, R, Paluvai, S, Mohanty, S, K, Nayak., 2015, *Epoxidized castor oil toughened Diglycidyl Ether of Bisphenol A epoxy nanocomposites: structure and property relationships*, Polymers for Advanced Technologies, vol. 26, pp. 1575-1586,.
- [16] Wahdani, M, K., 2020, *Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan Honeycomb Sebagai Penghantar Panas*, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara, Medan.
- [17] Suarsana, K, dkk., 2017, *Karakterisasi Konduktivitas Termal dan Kekerasan Komposit Aluminium Matrik Penguat Hibrid SiCw/AL2O3*, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali.
- [18] Puspawan, A, dkk, 2020, *The Heat Transfer Flow Analysis Of Standard Plate Stell Of JIS G3106 Grade SM20B On Pre-Heating Joint Web Plate I-Girder Process Case Study In PT. Bukaka Teknik Utama, Bogor Regency, West Java Province*, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [19] Suoth, Verna, A, dkk, 2019, *Kajian Eksperimen Perbandingan Nilai Konduktivitas Bahan Kuningan, Baja Tahan Karat dan Aluminium Menggunakan PASCO Heat Conduction Apparatus TD-8513*, Jurusan Fisika Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [20] Dhakal, H. N., MacMullen, J., & Zhang, Z. Y. 2016. *Testing and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites*. In *Natural Fiber Composites* (hal. 103–110).
- [21] Dhakal, H. N., MacMullen, J., & Zhang, Z. Y. 2016, *Testing and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites*. In *Natural Fiber Composites* (hal. 103–110).



I Gede Wawan Saputra Lahir di Sukamaju, 14 Oktober 1997 merupakan mahasiswa yang sedang menempuh semester 9 dan sedang menyelesaikan tugas akhir di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana tahun masuk 2017 dengan konsentrasi Rekayasa Manufaktur.