

# Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya

R. Hari Setyanto<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Industri,

Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia

---

## Abstract

*In the last decade, natural fiber composite with thermoplastic and thermoset matrix has been applied by various industrial sectors in different parts of the world. Natural fibers such as kenaf, hemp, jute, and sisal provide various benefits such as reduction in the total product cost, reducing the dependence of products derived from petroleum, and can be recycled. This paper describes the idea of the kind and nature of green materials, the fiber use, method of manufacturing composite and green composite board manufacturing, and applications. Green composites emerging as a realistic alternative as a substitute for glass fiber reinforced composites and environmentally friendly, because the green composites from renewable resources, and material costs can be reduced on a large scale. The conclusion of this paper that the green composite is an important guide for producers of agricultural products, agricultural institutions, automotive companies, composite producers and material scientists. All dedicated to introducing environmentally friendly materials, production methods and applications.*

**Keywords:** *Green composites, bio-composites, manufacturing, applications.*

---

## 1. Pendahuluan

Peningkatan kesadaran lingkungan dan kebutuhan masyarakat berfungsi sebagai katalis untuk mengembangkan material baru yang ramah lingkungan, seperti komposit hijau. Komposit serat ini dapat menggantikan produk berbasis minyak bumi seperti resin termoset, merupakan yang beracun dan non-biodegradable. Komposit dengan serat alami memiliki potensi untuk menjadi alternatif yang menarik sebagai pengganti komposit serat sintetis (Dewae, 2007).

Komposit hijau yang dikombinasikan dengan resin minyak alami seperti minyak kedelai, dapat digunakan untuk membuat bahan komposit alami. Dalam kasus komposit hijau, serat alami yang berasal dari bambu, rami, atau serat alam lainnya yang ditambahkan dengan resin biodegradable, dimaksudkan untuk memperkuat bahan polimer matriks dan meningkatkan sifat mekanis komposit yang dihasilkan (Nam dan Netravali, 2002).

Pada beberapa tahun terakhir telah ada keinginan yang besar dalam menggunakan serat alami sebagai penguat plastik, motivasinya karena berkenaan dengan biaya, peningkatan kinerja, penurunan berat, dan masalah lingkungan. Kinerja serat rami berpotensi sangat tinggi sebagai pengganti serat kaca atau karbon yang digunakan sebagai penguat pada plastik. Komposit polimer yang diperkuat serat alami telah berkembang pesat karena banyak keuntungannya dibandingkan dengan komposit tradisional (Nam dan Netravali, 2002).

Komposit yang diperkuat oleh serat alam telah banyak digunakan untuk aplikasi seperti aerospace, otomotif, alat olahraga, papan sirkuit, dan lain-lain (Martin dkk, 2009). Sebagian besar produksi komposit komersial menggunakan serat berbasis minyak bumi atau sintetis dan resin yang non-degradable. Oleh sebab itu perlu adanya pengembangan komposit ke arah ramah lingkungan dan terdegradasi dengan menggunakan serat selulosa, benang dan/atau kain sebagai penguat. Polimer biodegradable dihasilkan dari sumber daya terbarukan seperti tanaman, hewan dan mikroba melalui reaksi biokimia menawarkan solusi yang nyaman dan ramah lingkungan

---

\* Correspondance : hstyan97@gmail.com

untuk mengatasi masalah limbah plastik (Takagi dkk, 2002). Material komposit yang direkayasa, bahannya terbuat dari dua atau lebih bahan konstituen dengan sifat fisis atau kimia yang secara signifikan berbeda dan/atau yang tetap terpisah maupun berbeda pada tingkat makroskopik pada struktur akhir.

## 2. Komposit Hijau (*green composites*)

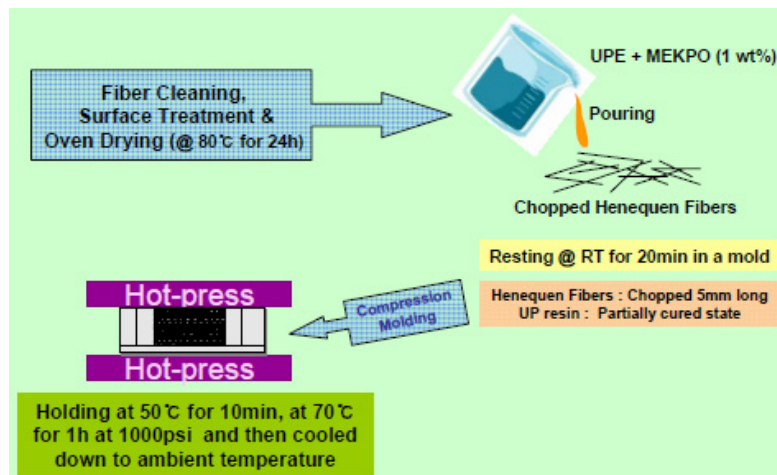
Komposit hijau, menggabungkan dengan resin alami untuk membuat bahan komposit alami, seperti komposit biomaterial yang terbuat dari rami, kenaf, sisal, kedelai, dan lain-lain (Takagi dkk, 2002). Serat alam menarik perhatian karena kekuatan tarik yang tidak kalah dengan serat sintetis, selain itu juga harganya lebih murah, bobotnya lebih ringan, dan merupakan bahan alternatif yang memiliki keunggulan yaitu lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan serat sintetis (Martin dkk, 2009).

### 2.1 Mengapa perlu komposit hijau

Resin dan serat yang digunakan dalam komposit hijau akan terurai, ketika komposit tersebut tidak diperlukan dan dibuang, akan membusuk akibat dari aksi mikroorganisme. Komposit akan dikonversi ke dalam bentuk  $H_2O$  dan  $CO_2$ , sehingga  $H_2O$  dan  $CO_2$  ini dapat diserap ke dalam sistem tanaman. Dua komponen utama komposit hijau, yaitu (Takagi dkk, 2002): a) resin yang dapat terurai, b) serat alam.

### 2.2 Jenis dan sifat

Komposit hijau yang ramah lingkungan terbuat dari resin berbasis pati dan serat selosa, yang mana keduanya dapat terurai. Campuran dari resin *biodegradable* dan serat selulosa yang dicampur dengan menggunakan *mixer* sebagai pengaduk, dan kemudian dikeringkan di udara atau dalam suhu kamar. Komposit dibuat dengan penekanan panas (*hot pressing*) konvensional pada suhu  $140^\circ C$  dan pada tekanan 10 sampai 50 MPa, kekuatan lentur serta modulus lentur akan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan pencetakan (Nam dan Netravali, 2002).



**Gambar 1.** Proses pembuatan *Green Composites*

(Sumber: Polymer & Bio Composites Research Laboratory, Kumoh National Institute, Korea)

Komposit berasal dari polimer *biodegradable* yang berbasis pati dan rami serat Manila, kekuatan tarik komposit "Hijau" sangat tergantung pada konten serat. Kekuatan tarik komposit dapat meningkat seiring dengan bertambahnya kadar berat serat sampai hampir 50% (Nam dan Netravali, 2002).

### 2.3 Serat yang digunakan dalam komposit hijau

Sungguh luar biasa bahwa serat alami seperti kenaf, rami, goni, rami, dan sisal telah menarik minat banyak orang, terutama sebagai pengganti E-serat kaca dalam industri otomotif (Martin dkk, 2009). Keuntungan dari serat alami melebihi serat sintetis, yaitu antara lain; biaya rendah, kepadatan rendah, sifat kekuatan tertentu yang dapat diterima, kemudahan dalam pemisahan, penyerapan karbon dioksida, dan biodegradasi (Takagi dkk, 2002). Plastik yang ringan tetapi tidak cocok untuk beban aplikasi karena kurangnya kekuatan, kekakuan, dan stabilitas dimensi. Dalam komposit yang diperkuat serat, akan memberikan kekuatan dan kekakuan pada struktur komposit (Van Rijswijk dkk, 2001). Serat alami / *biofibres* dapat diklasifikasikan dalam dua kategori besar (Taj dkk, 2007): a) non serat kayu, b) serat kayu. Pada aplikasi otomotif, serat non-kayu seperti rami, kenaf, dan sisal telah mencapai sukses komersial dalam desain bio-komposit (Martin dkk, 2009).

## 3. Hasil Review

### 3.1 Metode Manufaktur Komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu (Anonim, 2002): a) Proses Cetakan Terbuka (*open-mold process*), b) Proses Cetakan Tertutup (*closed mold processes*).

#### A. Proses cetakan terbuka

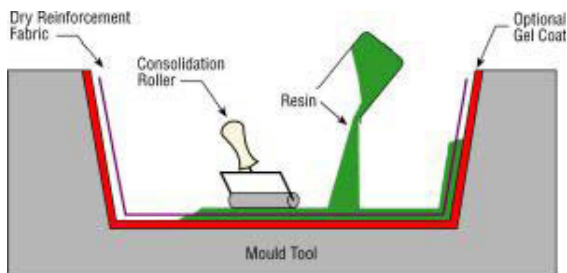
##### a.1) *Contact molding/ hand lay up*

*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit (Gambar 2). Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan penggunaan metode ini: 1) mudah dilakukan, 2) cocok digunakan untuk komponen yang besar, 3) volumenya rendah. Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan bodi kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, perahu, dan lain-lain.

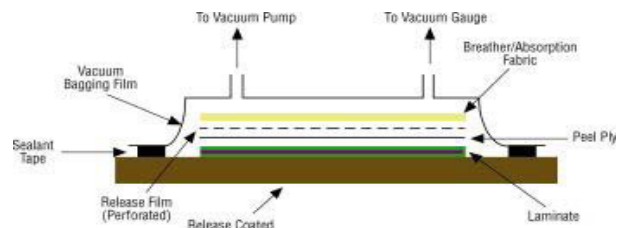
##### a.2) *Vacuum bag*

Proses *vacuum bag* merupakan penyempurnaan dari *hand lay-up*, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin (Gambar 3). Pada proses ini digunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah/tempat dimana komposit akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan.

Dibandingkan dengan *hand lay-up*, metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih terhadap rasio resin / kaca. Aplikasi dari metoda *vacuum bag* ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap, perahu, dan lain-lain.



**Gambar 2. Hand Lay Up**  
(Sumber: Anonim, 2002)



**Gambar 3. Vacuum Bag**  
(Sumber: Anonim, 2002)

### a.3) Pressure bag

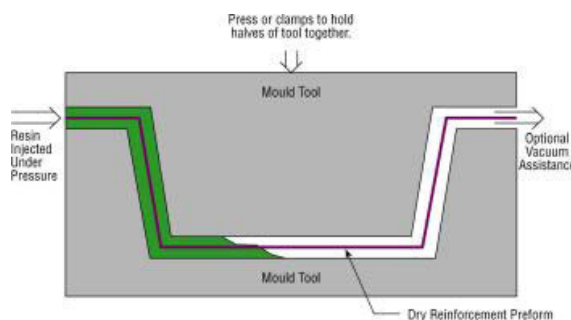
*Pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis (Gambar 4). Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Biasanya tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari metoda *Pressure bag* ini adalah pembuatan tangki, wadah, turbin angin, vessel.

### a.4) Spray-up

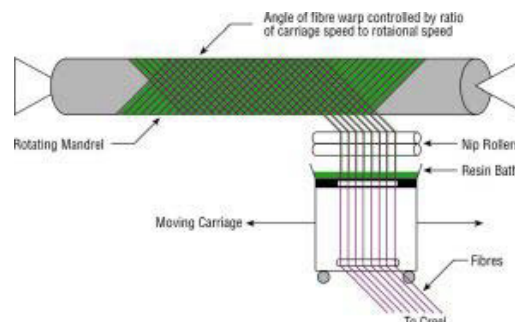
*Spray-up* merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibres*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Teknologi ini menghasilkan struktur kekuatan yang rendah, yang biasanya tidak termasuk pada produk akhir. *Spray-up* ini juga digunakan secara terbatas untuk mendapatkan *fiberglass splash* dari alat transfer. Aplikasi penggunaan dari proses ini adalah panel-panel, bodi karavan, bak mandi, sampan.

### a.5) Filament winding

*Fiber tipe roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial (Gambar 5). Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan sesuai dengan yang diinginkan. Bagian yang paling sering dibuat oleh metode ini adalah pipa silinder, *drive shaft*, tangki air, tangki tekanan bola dan tiang-tiang kapal pesiar.



**Gambar 4. Pressure Bag**  
(Sumber: Anonim, 2002)



**Gambar 5. Filament Winding**  
(Sumber: Anonim, 2002)

## B. Proses cetakan tertutup

### b.1) Proses cetakan tekan (*compression molding*)

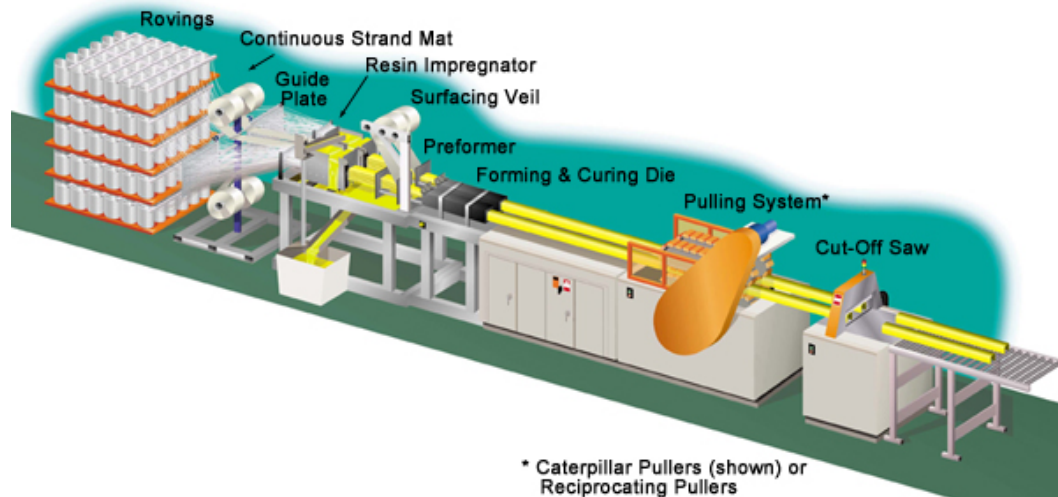
Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. Serat yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Aplikasi dari proses *compression molding* ini adalah alat rumah, kontainer besar, alat listrik, kerangka sepeda dan jet ski.

### b.2) *Injection molding*

Metoda *injection molding* juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. *Fiber* dan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperatur dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.

### b.3) *Continuous pultrusion*

Fiber jenis *roving* dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dituangkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau *creel* melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengerasakan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.



**Gambar 6.** *Continuous Pultrusion*

(Sumber: Anonim, 2002)

Aplikasi penggunaan proses ini digunakan untuk pembuatan batang yang digunakan pada struktur atap, dan jembatan. Adapun contohnya adalah *Round Rods, Rectangles, Squares, 'I' sections, 'T' sections, Angles, Channels, Dog Bone Profiles, Dove Tail Sticks and Spacers, Corner Profiles, Hollow Sections.*

## 3. 2 Metode Manufaktur Papan Komposit Hijau

Secara umum ada berbagai metode yang mana partikel komposit hijau dapat diproduksi. Bagian ini mencakup berbagai metode manufaktur papan partikel dengan beberapa contoh papan komposit alam.

### A. Papan komposit tiga *layer*

Jenis manufaktur ini terutama dikenal untuk menghasilkan papan partikel tiga *layer*. Baru-baru ini, kerapatan papan partikel dinilai juga telah berkembang. Ukuran partikel yang secara bertahap menjadi lebih kecil karena semakin kecil ukuran partikel maka *interface* serat dengan matriks akan semakin besar sehingga gaya yang disalurkan matriks ke serat dapat semakin baik, dampaknya akan menghasilkan papan partikel yang kokoh dan kuat (Anonim, 2010).

*Layer* pertama dan ketiga, merupakan partikel halus sebagai filler yang dibentuk menjadi komposit dengan menambahkan resin sebagai matrik, sedangkan *layer* kedua adalah komposit yang terbuat dari partikel kasar sebagai filler dan ditambahkan dengan resin sebagai matrik. Ketiga *layer* tersebut digabung dengan urutan penggabungan adalah *layer* satu, *layer* dua, dan *layer* tiga. Gabungan inilah yang dinamakan komposit tiga *layer* (Hull dan Clyne, 2001).

### B. Proses manufaktur papan partikel tiga *layer*

Papan partikel diproduksi dengan mencampur partikel kayu atau serpihan bersama-sama dengan resin dan membentuk campuran ke dalam *sheet*. Sebelumnya, bahan baku dihancurkan terlebih dulu dengan menggunakan mesin *crusher* sehingga membentuk partikel-partikel. Partikel tersebut dikeringkan dan kemudian disaring menjadi 2 (dua) bagian bentuk partikel, yaitu partikel halus dan kasar (Nam dan Netravali, 2002).

Resin, dalam bentuk cair, kemudian disemprotkan melalui nozel ke partikel. Ada beberapa jenis resin yang umum digunakan. Resin urea formaldehida adalah yang termurah dan termudah untuk digunakan, dan penggunaan resin ini untuk papan tahan non-air (Taj dkk, 2007). Resin melamin formaldehida secara signifikan lebih mahal, sedangkan fenol formaldehida juga cukup mahal, warna resin ini cenderung gelap dan sangat tahan lama. Resin ini kadang-kadang dicampur dengan aditif lain sebelum diterapkan pada partikel dalam rangka untuk membuat produk akhir tahan terhadap air, api, tahan serangga, dan lain-lain, yang selanjutnya campuran tersebut dibuat menjadi lembaran papan (Dewae, 2007).

Sebuah perangkat yang terukur, yang mana perangkat ini terdapat dua jet penyemprot yang digunakan untuk menyemprotkan partikel halus dan kasar secara bergantian. Jet pertama akan menyemprotkan partikel halus sebanyak ukuran yang telah ditentukan. Jika ukuran telah dipenuhi (sebagai *layer* pertama), maka jet kedua akan menyemprotkan partikel kasar di atas *layer* pertama sebanyak ukuran yg telah ditentukan, dan pada pembuatan *layer* ketiga, jet pertama akan menyemprotkan kembali partikel halus sesuai ukurannya. Lembaran yang telah terbentuk, kemudian dikompres dengan perlakuan dingin untuk mengurangi ketebalan dan menambah densitas papan. Langkah terakhir, lembaran papan dikompres kembali dengan perlakuan di bawah tekanan 2 – 3 megapascal pada suhu antara 140 – 220 °C, pada proses ini akan terjadi pengerasan pada partikel dan lem. Semua aspek pengerjaan dari seluruh proses ini harus dilakukan dengan hati-hati dan dikendalikan untuk memastikan ukuran kepadatan dan konsistensi dari papan, yang kemudian papan tersebut didinginkan, dipangkas/diratakan dan diampelas (Nam dan Netravali, 2002).

### 3. 3 Kedelai Sumber Komposit Hijau

Para peneliti di AS telah mengembangkan material *biodegradable* yang ramah lingkungan dari resin tepung kedelai dan serat rami. Hal ini dihasilkan dari serat tanaman dan resin dari sumber terbarukan, dan merupakan material komposit alternatif yang lebih hijau untuk menggantikan material yang berasal dari petroleum. Komposit ini memiliki sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan bahan serupa yang juga sama-sama berasal dari sumber daya terbarukan yaitu resin yang diperkuat benang. Material benang – resin cukup kuat dan tahan lama hanya untuk aplikasi beban rendah dalam ruangan. Resin dari kedelai dan serat

rami diharapkan memudahkan dalam pembuangannya pada saat akhir penggunaan (Nam dan Netravali, 2002).

Kinerja mekanik yang handal dan diprediksi penting untuk aplikasi structural, dan kualitas bahan baku juga harus konsisten, sebab serat alami yang tidak seragam dan jenis spesies tanaman berbeda dengan perubahan iklim dan musim tanam sangat mempengaruhi ketidak konsistenan bentuk dan panjang serat. Pengolahan bahan baku dengan sifat dan dimensi yang konsisten, mungkin merupakan tantangan utama dalam mengatasi kelemahan komposit natural (Van Rijswijk dkk, 2001; Joshi dkk (2004).

### **3. 4 Keuntungan dan Kerugian Komposit Hijau atas Komposit Tradisional (Takagi dkk, 2002)**

Keuntungan: a). harga murah, b) ringan, c) meningkatkan fleksibilitas, d) sumber daya terbarukan, e) isolasi suara dan panas, f) pengolahan yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan iritasi pada kulit. Kerugian: a) Sifat kekuatan yang lebih rendah (terutama kekuatan dampak), b) Penyerapan air tinggi sehingga terjadi pembesaran pada serat, c) daya tahan rendah, d) Ketahanan api rendah dan panjang serat tidak teratur.

### **3. 5 Aplikasi dan Pengguna Akhir**

Komposit hijau diterapkan untuk pembuatan berbagai komponen dengan kekuatan sedang dan tinggi seperti mobil, ponsel, dan lain-lain. Berbagai masalah yang berhubungan dengan komposit hijau termasuk efek lembab dan kelembaban, kehandalan kekuatan, peningkatan dalam ketahanan api, dan lain-lain. Selain itu, ada beberapa kekhawatiran atas kualitas serat alami dan konsistensi, emisi asap & bau, dan pengolahan pada batas temperatur tertentu (200°C). Aplikasi komposit, biasanya digunakan dalam bidang (Van Rijswijk dkk, 2001): a). beberapa bidang lain dimana komposit hijau digunakan: 1) langit-langit rumah, 2) tujuan partisi, 3) pintu, 4) furniture, 5) *box* untuk tujuan pertanian. b). Aneka aplikasi lainnya: 1) pelek, 2) panel mobil, 3) mainan, 4) pesawat, 5) kapal dan sebagainya.

#### **A. Automobil**

Pasar otomotif dikalangan konsumen semakin kompetitif; Undang-undang Eropa yang terbaru membatasi emisi CO<sub>2</sub> dan hal ini membutuhkan desainer mobil untuk memperhitungkan keamanan bagi pejalan kaki atas dampak emisi yang diterima. Pengaruh ini memaksa industri otomotif untuk mengubah desain dan beralih kekomposit yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan logam, meskipun dalam pembuatan komposit akan lebih banyak mempekerjakan tenaga kerja jika beralih ke material dan teknologi komposit sebagai pengganti bahan logam, akan tetapi material tersebut jauh lebih kompetitif (Scarponi, 2009).

Komposit yang terbuat dari serat alam merupakan langkah baik dan bijak di dalam mengatasi permasalahan ekologi yang sudah demikian memprihatinkan, dan juga komposit ini memungkinkan penurunan berat komponen/part dan memiliki sifat mekanis yang baik. Komposit hijau dapat digunakan sebagai panel pintu, *headliners*, nampan, *dashboard*, sehingga hal ini dapat dibuktikan bahwa komposit serat alam digabung dengan termoplastik atau termoset sebagai matriks, sangat memungkinkan sebagai pengganti serat gelas (Martin dkk, 2009).

Dengan komposit serat alam, mobil mengalami pengurangan beban body hingga 35%, hal ini dapat dikatakan bahwa konsumsi pemakaian bahan bakar akan menjadi lebih rendah dan dampak lingkungan yang juga lebih rendah (Gambar 7). Komposit berbasis serat alami juga memberikan kinerja mekanik yang baik, sifat mampu bentuk yang baik, penyerapan suara tinggi dan penghematan biaya karena harga material yang relatif rendah. Selain itu, manfaat ekologi dan logistik dari teknologi berbasis serat alami ini nampak terlihat lebih menarik.



Pada tahun 2000, lebih dari 23.000 ton serat alam telah digunakan di berbagai sektor otomotif. Serat alam yang diperuntukkan dalam bidang otomotif harus mengalami pertumbuhan yang berkelanjutan dan sesuai dengan peraturan Uni Eropa tentang daur ulang pada saat “akhir” penggunaan kendaraan, yang mana dalam arahnya menetapkan bahwa target daur ulang mobil sampai 95% pada tahun 2015 (Martin dkk, 2009).

## B. Pesawat dan kapal

Komposit hijau digunakan pada pesawat terbang dan kapal, hal tersebut memberi dampak positif dengan berkurangnya bobot total badan pesawat terbang/kapal dan juga komponen tersebut bersifat *biodegradable* sehingga ramah bagi lingkungan (Gambar 8). Berkurangnya bobot total badan pesawat/kapal akan mengurangi konsumsi penggunaan bahan bakar (Scarponi, 2009). Jenis komposit hijau ini juga digunakan pada pembuatan beberapa panel pada bagian badan gerbong kereta api (Robinson dan Carruthers, 2006).



**Gambar 7.** Komposit Serat Alam pada Mercedes E-Class

(Sumber: Martin dkk, 2009)



**Gambar 8.** Prototipe *Ultralight Plane* dari Serat Hemp

(Sumber: Scarponi, 2009)

## C. *Mobile phones*

Komposit hijau digunakan untuk bodi *mobile phone*. Sebagai contoh komposit kenaf dan PLA diterapkan untuk pembuatan casing ponsel di Jepang untuk mengurangi jumlah emisi CO<sub>2</sub> selama pabrikan (Nam dan Netravali, 2002). NTT DoCoMo merupakan salah satu model ponsel di Jepang di mana komposit hijau digunakan untuk tujuan tersebut (Nam dan Netravali, 2002).

## D. Tujuan dekorasi

Komposit hijau digunakan untuk aplikasi struktural dalam ruangan di perumahan. Komposit yang digunakan untuk dekorasi interior adalah komposit serat pisang, komposit ini dapat digunakan pada lantai dan penyekat ruang sehingga akan kelihatan menarik dan selain itu tidak kalah pentingnya adalah akan mengurangi biaya konstruksi (Gambar 9).

## E. Penggunaan

Selain itu, komposit hijau dapat dengan mudah dikomposkan dan merupakan alternatif sebagai pengganti material komposit berbasis minyak bumi. Komposit hijau merupakan alternatif baru dalam memanfaatkan limbah pertanian sehingga akan menjadi *smart material* yang ramah lingkungan dan pada akhirnya dapat dimanfaatkan oleh industri manufaktur dan konsumen sebagai pengguna akhir (Gambar 10).





- Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K. and Arora, S. (2004). *Are Natural Fiber Composites Environmentally Superior to Glass Fiber Reinforced Composites?*, Online Journal, Elsevier, pp. 1-8.
- Martin, R.H., Giannis, S., Mirza, S., and Hansen, K. (2009). *BioComposites in Challenging Automotive Applications*, Conference Proceedings, ICCM 17<sup>th</sup>, 27-31 July, Edinburgh, UK, pp. 1-8.
- Nam, S. and Netravali, A.N. (2002). *Interfacial and Mechanical Properties of Ramie Fibre and Soy Protein Green Composites*, ICCE-9, San Diego, California, ed D Hui, pp 551–552.
- Robinson, M. dan Carruthers, J. (2006). *Composites for lightweighting in mass transit applications*, University of New Castel, UK.
- Scarponi, C. (2009). *Industrial Applications for Natural fibre-Reinforced Composites*, Department of Aerospace Engineering and Astronautics, The Sapienza University of Rome, pp. 1-8.
- Taj, S., Munawar, M.A., and Khan, S.U. (2007). *Natural Fiber Reinforced Polymer Composites*, Proc. Pakistan Acad. Sci., Pakistan, pp. 1-10.
- Takagi, H, Winoto, C.W. and Netravali, A.N. (2002). *Tensile Properties of Starch-based Green Composites Reinforced with Randomly Oriented Discontinuous MAO Fibres*, International Workshop on Green Composites, Japan, pp. 4-7.
- Van Rijswijk, K., Brouwer, W.D. and Beukers, A. (2001). *Application of Natural Fibre Composites: in the Development of Rural Societies*, Structures and Materials Laboratory, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, Nederland, pp.34-57.