

KOMPOSIT ANDALAN BAHAN MASA DEPAN

Oleh
Slamet Karyono

Abstrak

Proses pencarian bahan yang sesuai dengan tuntutan pekerjaan sudah dilakukan oleh manusia sejak zaman batu. Setiap dijumpai kelemahan-kelemahan pada suatu bahan, manusia akan mencari alternatif-alternatif baru yang lebih memenuhi tuntutan pekerjaan. Dengan demikian, dapat dibayangkan bahwa proses pencarian bahan ini tidak akan pernah selesai sejalan dengan perkembangan peradaban manusia terutama di bidang teknologi.

Bahan komposit untuk masa sekarang dan mendatang menjadi andalan manusia karena sifat-sifatnya yang dapat ditingkatkan sesuai dengan keinginan manusia sehingga akan mampu menjawab tantangan kebutuhan bahan. Bahan komposit secara garis besar dapat digolongkan ke dalam tiga bagian, yaitu komposit fiber, komposit lapis, dan komposit partikel.

Penelitian-penelitian dan pengujian bahan komposit selalu dilakukan terutama ditekankan pada sifat-sifatnya yang dapat berupa kekuatan, kekakuan, tipis dan ringan, tahan terhadap suhu tinggi, dan sebagainya. Perkembangan yang paling pesat di dalam penggunaan bahan ini adalah pada teknologi kedirgantaraan karena keunggulan sifat-sifatnya yang dapat memenuhi segala tuntutan pekerjaan.

Pendahuluan

Pencarian bahan yang memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan untuk suatu produk selalu dicari oleh manusia. Nenek moyang kita mulai menggunakan bahan batu untuk alat pembelah atau pemotong pada awal peradaban mereka. Tuntutan penggunaan bahan ini berlanjut hingga ditemukannya logam yang digunakan sampai sekarang ini dengan segala karakteristiknya mulai dari titik cair, sifat-sifat mekanis, termis maupun sifat-sifat yang lain jika dipadukan dengan logam yang lain, dan sebagainya. Meskipun demikian, rasa ketidakpuasan dengan logam tetap muncul ketika dirasa mahal, berat, mengurangi daya tampung muatan pada

pesawat-pesawat angkut, tidak tahan panas tinggi, dan sebagainya.

Dengan melihat keterbatasan di atas, maka bahan yang dapat memenuhi tuntutan adalah bahan yang ringan, relatif murah, mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dari bahan-bahan logam biasa. Untuk itulah manusia menciptakan bahan dengan tuntutan kualitas yang lebih, yang kemudian dinamakan bahan komposit. Salah satu keunggulan dari bahan komposit ini dapat disaksikan pada keunggulan pesawat pembom mutakhir *F-117A stealth* dalam perang teluk, di mana pertahanan udara musuh menjadi rapuh karena sistem radar yang digunakan tidak mampu mendeteksi keberadaan pesawat. Hal ini disebabkan oleh bahan komposit yang membalut seluruh badan pesawat mampu menyerap gelombang radar yang tertuju kepadanya. Inilah puncak peradaban manusia saat ini di dalam mencari dan menemukan bahan-bahan yang mempunyai sifat-sifat yang dikehendaki.

Bahan komposit mempunyai sejarah panjang di dalam penggunaannya. Awal mulanya tidak diketahui, tetapi sejarah mencatat adanya beberapa bentuk dari bahan komposit, seperti penggunaan jerami pada batu bata oleh suku bangsa Israel untuk memperkuat campuran bata. Kayu lapis (*plywood*) telah digunakan oleh bangsa Mesir kuno, ketika diketahui bahwa kayu dapat dibuat lebih kuat dan mempunyai ketahanan terhadap panas dan pengembangan akibat pengaruh kelembaban. Bahkan baju perang dan pedang pada abad pertengahan telah dibuat dengan lapisan-lapisan bahan yang berbeda (Jones, 1975: 1). Pengembangan terhadap bahan komposit ini berlanjut terus sampai sekarang ini hingga diciptakannya bahan komposit lanjut (*advanced composite materials*) yang mampu memadukan sifat-sifat yang paling unggul dari berbagai bahan dalam satu jenis bahan komposit.

Bahan Komposit

Kata komposit pada bahan komposit menunjukkan bahwa terdapat dua atau lebih bahan yang dikombinasikan pada skala makroskopis untuk membentuk bahan yang berguna (Jones, 1975: 1). Kunci pada bahan ini terletak pada skala makroskopis di dalam penggunaannya sebab bahan yang berbeda juga dapat dikombinasikan pada skala mikroskopis,

tetapi hasilnya adalah bahan yang secara mikroskopis homogen seperti pada paduan.

Keunggulan dari komposit-komposit ini terletak pada kualitas terbaik yang telah ditentukan, bahkan sering juga pada kualitas-kualitas lain yang belum ditentukan sebelumnya. Pembentukan bahan komposit akan mendapatkan sifat-sifat yang lebih bila dibandingkan dengan bahan biasa, seperti: kekuatan, kekakuan, tahan korosi, tahan pakai, menarik, ringan, usia kelelahan bahan, perilaku terhadap panas, isolasi terhadap panas, hantaran panas, isolasi terhadap akustik.

Secara alamiah tidak semua sifat-sifat di atas dibuat pada satu bahan, tetapi hanya dipilih berdasar pada sifat-sifat utama yang digunakan pada konstruksi yang akan dibuat.

Klasifikasi dan Karakteristik Bahan Komposit

Secara garis besar ada tiga macam bentuk bahan komposit, yaitu:

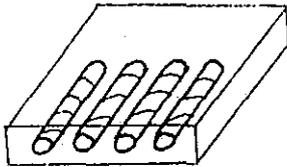
- a. Komposit serat yang terdiri dari serat di dalam *matrix*.
- b. Komposit lapis yang terdiri dari lapisan berbagai macam bahan.
- c. Komposit partikel yang terdiri dari komposit partikel di dalam *matrix*.

Serat Komposit

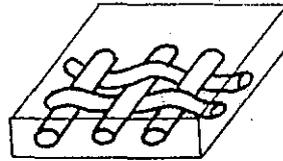
Serat-serat yang panjang dalam berbagai macam bentuk mempunyai sifat yang lebih kaku dan lebih kuat bila dibandingkan dengan bahan yang sama dalam bentuk biasa. Sebuah contoh, lempengan gelas yang biasa akan retak pada tegangan hanya beberapa ribu psi, tetapi serat gelas (*glass fibers*) mempunyai kekuatan antara 400.000 - 700.000 psi pada penggunaan komersial dan kira-kira 1.000.000 psi pada bentuk yang dipersiapkan untuk laboratorium. Selain itu, serat komposit mempunyai cacat dalam (*internal defect*) yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan bahan yang sama dalam bentuk biasa, misalnya kemungkinan terjadinya pergeseran kristal logam.

Serat jika hanya berdiri sendiri jangkauan penggunaannya relatif kecil, tetapi jika diletakkan bersama-sama akan

menjadi satu bentuk elemen struktur yang dapat menerima beban. Bahan yang dipergunakan untuk mengikat ini dinamakan *matrix*. Fungsi dari *matrix* ini adalah sebagai pendukung, pelindung, pemindah tegangan, dan sebagainya. Bahan ini mempunyai berat jenis (*density*) kekakuan, dan kekuatan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan seratnya, tetapi kombinasi antara serat dan *matrix* akan membentuk kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi. Susunan serat di dalam *matrix* dalam bentuk rata dan kadang-kadang dalam bentuk cangkang (*shell*) disebut *lamina*. *Lamina* terdiri dari 2 jenis, yaitu jenis serat satu arah (*unidirectional fibers*) dan jenis anyaman (*woven fibers*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar 1.



Serat Lurus Satu Arah



Serat Anyaman

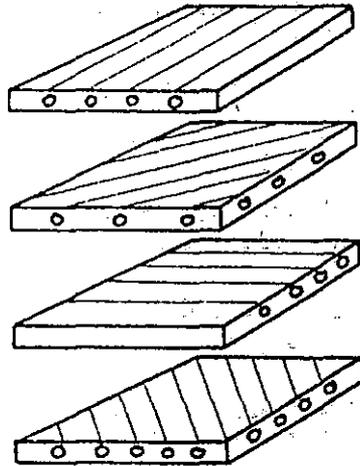
Gambar 1. Lamina

Bahan serat yang biasa dipakai adalah aluminium, titanium, baja, gelas, karbon, berillium, boron, graphite, aramid. Sedangkan bahan *matrix* dapat berupa organik, keramik, maupun metalik.

Komposit Lapis

Komposit lapis terdiri dari lapisan sekurang-kurangnya dua bahan yang berbeda yang direkatkan berma-sama. Pelapisan dimaksudkan untuk mengkombinasikan aspek-aspek terbaik dari lapisan-lapisan yang ditentukan untuk memperoleh bahan yang berguna.

Komposit lapis dibentuk dari lapisan-lapisan *lamina* dengan berbagai macam penyusunan arah serat yang telah ditentukan yang biasa disebut *laminata*. Lihat gambar 2.



Gambar 2.
Konstruksi Laminate 5 Lapis dengan Arah Serat
 (0/+ 45°/90°)

Hasil pelapisan ini dapat berupa:

- *bimetal*, yaitu pelapisan dua logam yang mempunyai perbedaan koefisien panas. Bahan ini biasa dipakai untuk perangkat pengukur suhu.
- *clad metal*, yaitu gabungan dua bahan untuk mendapatkan sifat yang lebih baik, seperti pelapisan aluminium paduan kekuatan tinggi yang korosif dengan aluminium murni yang tahan korosi.
- gelas lapis, seperti gelas yang dilapis dengan plastik.
- *plastic-based laminated*, seperti pada formika.
- *laminated fibrous composite* yang berupa teknik pelapisan lamina-lamina dengan berbagai arah serat yang telah ditentukan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan yang berbeda pada berbagai arah gaya. Di dalam pengembangannya material tipe ini yang banyak digunakan di dalam konstruksi karena gaya-gaya yang bekerja pada bahan sudah diperhitungkan arahnya sesuai dengan penyusunan arah serat bahan.

Komposit Partikel

Komposit partikel terdiri atas partikel-partikel dari satu atau lebih bahan yang diikat dengan *matrix*. Partikel

ini dapat berupa metal atau nonmetal.

Secara garis besar kombinasi dari komposit partikel ini adalah:

- Komposit nonmetal pada nonmetal seperti pada beton. Partikel pasir, batu diretakkan bersama-sama dengan campuran semen dan air yang berfungsi sebagai *matrix*.
- Komposit metal pada nonmetal seperti cat aluminium. Serbuk aluminium yang ada pada cat ketika dioleskan akan memberikan lapisan yang bagus pada benda yang dicat.
- Komposit metal pada metal seperti pada proses sinter cair di mana metal-metal yang keras dan rapuh (*brittle*) pada suhu kamar seperti tungsten, chromium, molybdenum, dan sebagainya dapat diikat oleh *matrix* metal yang mempunyai keuletan (*ductility*) yang baik. Hasilnya adalah komposit yang ulet, di mana partikel-partikel yang keras dan rapuh tadi akan dikelilingi oleh partikel yang ulet sehingga secara alamiah akan lebih ulet.
- Komposit nonmetal pada metal seperti keramik dapat digabungkan pada *matrix* metal yang akan menghasilkan komposit yang disebut *cermet*. Komposit ini di dalam pembentukannya dipisahkan ke dalam dua bagian, yaitu dengan bahan dasar oksid dan dengan *carbide*. Hasilnya banyak digunakan pada pembuatan alat-alat yang butuh kekerasan tinggi serta penggunaan pada suhu tinggi.

Karakteristik Bahan Komposit

Bahan komposit mempunyai karakteristik yang berbeda dengan bahan-bahan konvensional. Beberapa karakteristik berupa modifikasi dari perilaku yang konvensional, tetapi untuk karakteristik yang lain secara keseluruhan baru dan membutuhkan prosedur penganalisaan dan eksperimental. Itulah sebabnya karakteristik bahan ini banyak diuji mulai dari bentuk *lamina*, *laminat* maupun pada *interlaminar*. Pengujian dilakukan mulai dari pengaruh tegangan dan regangan, lendutan, ekspansi panas, takik, dan retakan pada *interlaminar*. Pengujian bahan komposit dalam banyak hal sama dengan yang dilakukan pada bahan-bahan lain. Perbedaannya terletak pada serat bahan yang terdapat pada bahan ini, sedangkan pada bahan-bahan logam biasa tidak terdapat serat sehingga pengujian pada logam biasa dapat

dilakukan pada segala arah. Pengujian bahan komposit sangat memperhatikan arah serat. Arah serat yang berbeda akan menimbulkan respon regangannya bila dilakukan pengujian tarik. Pengujian pada *lamina* dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

- a. Serat searah dengan gaya tarik.
- b. Serat tegak lurus dengan gaya tarik.
- c. Serat membentuk sudut (off-axis) dengan gaya tarik.

Pengujian yang lebih kompleks dilakukan pada *laminat* dimana di dalamnya didapati arah serat yang kompleks (lihat kembali gambar 2). Hasil respon tegangan dan regangan pada *laminat* diperoleh jika salah satu serat dari *laminat* ini runtuh, begitu pula pada pengujian lamina harga maksimumnya ditentukan oleh keruntuhan dari salah satu seratnya. Untuk mendapatkan hasil tegangan, regangan, modulus Young aksial, Poisson ratio dilakukan percobaan sbb:

- Siap bahan komposit yang akan diuji tarik.
- Lakukan penarikan pada mesin tarik sampai runtuh.

Data-data yang dapat diambil dari percobaan ini adalah:

- a. Tegangan aksial maksimum (σ_x^{ult})
yaitu tegangan tarik pada benda uji yang mengakibatkan benda menjadi runtuh.
- b. Regangan aksial maksimum (ϵ_x^{ult})
yaitu pertambahan panjang (Δl) benda akibat tarikan.
- c. Regangan pada sumbu y maksimum (ϵ_y^{ult})
pengkerutan bahan akibat tarikan.
- d. Regangan pada sumbu z dalam hal ini diabaikan karena penampang bahan yang relatif tipis.

Dari ketiga data di atas dapat dihitung

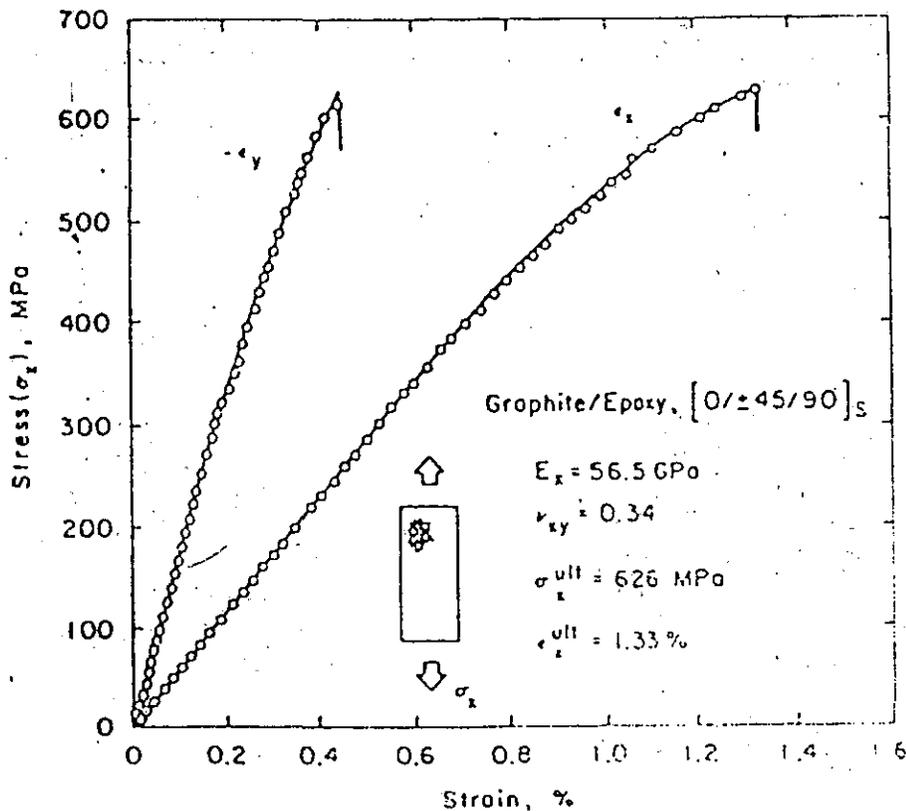
- Modulus Young aksial (E_x)

Perbandingan antara tegangan aksial maksimum dengan regangan aksial maksimum ($\sigma_x^{ult} / \epsilon_x^{ult}$)

- Poisson ratio (ν_{xy})

Perbandingan antara regangan pada arah sumbu y maksimum dengan regangan aksial maksimum ($\epsilon_y^{ult} / \epsilon_x^{ult}$).

Gambar 3 di bawah menunjukkan respon tegangan dan regangan bahan komposit berlapis lima dari graphite/epoxy.



Gambar 3.

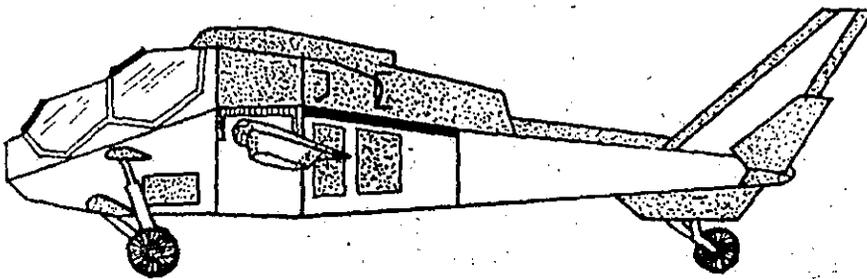
Respon Tegangan-regangan Untuk Bahan Graphite/Epoxy
 dengan Arah Serat $(0/+45^\circ/90^\circ)$
 (diambil dari Carlsson, 1975: 129)

Penggunaan di dalam Teknik

Bahan komposit merupakan bahan yang dapat direkayasa oleh manusia menurut kebutuhan penggunaannya. Oleh karena itu, pencarian dan penggunaannya akan cepat meluas di berbagai bidang pekerjaan. Misalnya, pada tahun tujuh-puluhan penggunaan bahan komposit pertama kali pada industri pesawat terbang hanya berupa demonstrasi, yaitu uji coba penggantian *part* pada pesawat dan mengujinya. Penggunaan ini kemudian disusul dengan penggantian sebagian *part* dengan bahan komposit, seperti penggunaan boron/

epoxy pada tubuh (*fuselage*) pesawat tempur F-111 maupun penggunaan graphite/epoxy pada pesawat tempur F-5. Akhirnya adalah semua bagian dari pesawat dibuat dari bahan komposit seperti pada pesawat F-111A Stealth yang menggunakan bahan komposit lanjut (*advanced composite materials*) (Yogya post, 27 Januari 1991).

Gambar 4 menunjukkan dominansi bahan-bahan komposit yang digunakan pada helikopter *Tigre* (Revue Aerospaciale, Mei 1990) yang merupakan produk bersama Perancis-Jerman yang akan dipersiapkan untuk tahun 2000.



-  : Aluminium Lapis
-  : Titanium
-  : Plexiglass
-  : Gelas
-  : Bahan Aramid Lapis
-  : Bahan Graphite-Aramid

Gambar 4.
Susunan Bahan Komposit pada Helikopter Tigre

Bahan ini juga digunakan pada bodi *speedboat*, alat pengatur panas, penggunaan pada mesin, konstruksi beton serat, elektronik, dan penggunaan lain yang memungkinkan digunakannya bahan ini.

Selain itu, produksi bahan yang baru juga dilakukan, seperti munculnya serat quartz 14 mikron (air & Cosmos, 2 Juni 1990) yang mempunyai karakteristik unggul pada konstanta dielektrik yang sangat kecil, dan resistansi panas yang tinggi. Bahan ini cocok sebagai elemen elektronik.

Penutup

Komposit merupakan bahan andalan masa depan karena keunggulan-keunggulannya bila dibandingkan dengan bahan biasa dan ditinjau dari sifat-sifatnya yang bisa direkayasa menurut keperluan penggunaannya.

Karena cakupan penggunaannya yang sangat luas, seperti pada industri konstruksi dan permesinan, elektro, elektronik, bangunan, dan antariksa, bahan ini akan berkembang terus sampai tercapai bahan komposit lanjut di mana sifat-sifat yang paling optimal dari bahan dapat dicapai untuk mendapatkan hasil yang optimal dari suatu produk.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1990. *1, eurocopter HAP-PAH2/HAC, Tigre*. Majalah bulanan *Revue Aerospatiale*, edisi Mei 1990.
- Carlsson. 1987. *Experimental Characterization of Advanced Composite Materials*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Jones. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Joko Susanto. 1991. "Mesin Perang dari Komposit Upaya Menghindari Radar." *Yogya Post*, edisi Minggu 27 Januari 1991.
- Beauclair. 1990. *Fibre de Quartz Basee sur Filament de 9 um*. *Majalan Air & Cosmos*, edisi 2 Juni 1990.