

ANALISIS PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN ORIENTASI ARAH SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK SERAT PELEPAH PISANG DENGAN MATRIKS *UREA FORMALDEHYDE*

Mirza Akhmad Bafadlol¹, Mochammad Basjir², Ismi Choirotin³

¹Teknik Mesin, Universitas Islam Malang
e-mail: 21901052111@unisma.ac.id

²Teknik Mesin, Universitas Islam Malang
e-mail: m.basjir@unisma.ac.id

³Teknik Mesin, Universitas Islam Malang
e-mail: ismi.choirotin@unisma.ac.id

ABSTRAK

Komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih bahan yang berbeda dalam bentuk mikroskopik yang terbuat dari berbagai macam kombinasi atau kombinasi serat dan matriks yang berbeda. Komposit serat alam memiliki keunggulan yaitu berat jenisnya rendah, ramah lingkungan, tahan korosi, dapat diperbaharui dan memiliki biaya yang murah. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh fraksi volume dan orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik serat pelepah pisang dengan matriks *urea formaldehyde*. Metode pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen nyata dan metode pembuatan komposit yang digunakan yaitu *hand lay-up*. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata tertinggi pada fraksi volume 60% dengan orientasi serat lurus dengan nilai 25,42 MPa. Sedangkan nilai rata-rata terendah terdapat pada fraksi volume 20% dengan orientasi serat anyaman dengan nilai 13,36 MPa. Pada penelitian ini membuktikan bahwa besarnya fraksi volume serat yang digunakan dan orientasi arah serat yang tepat membuat kekuatan tarik semakin besar dikarenakan dapat mendistribusikan beban dengan merata dan saling memperkuat satu sama lain dengan lebih efisien.

Kata kunci: Uji Tarik, komposit, fraksi volume, serat pelepah pisang, orientasi arah serat, *hand lay-up*, resin *urea formaldehyde*.

ABSTRACT

A composite is a microscopic substance composed of fibers and matrices that combine two or more distinct components. The benefits of natural fiber composites are low specific gravity, low cost, corrosion resistance, environmental friendliness, and renewable resources. In this study, the tensile strength of banana stem fibers with urea formaldehyde matrix was examined in relation to the volume fraction and fiber orientation. The actual experimental approach was employed in this investigation, and hand lay-up was the composite production technique. According to the study's findings, a straight fiber orientation with a volume fraction of 60% had the highest average value, measuring 25.42 MPa. However, the volume fraction of 20% has the lowest average value. The lowest average value, 13.36 MPa, is found for a volume percentage of 20% with a woven fiber orientation. This study demonstrates that a high volume percentage of fiber and proper fiber orientation increase tensile strength by distributing load uniformly and strengthening one another more effectively.

Keywords: Tensile test, composite, banana stem fiber, volume fraction, fiber direction orientation, hand lay-up, urea formaldehyde resin.

PENDAHULUAN

Komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih bahan yang berbeda dalam bentuk mikroskop yang terbuat dari berbagai kombinasi serta kombinasi serat dan matriks yang berbeda. Pada Saat ini, komposit berpenguat serat adalah material yang sering digunakan diberbagai bahan teknis, karena memiliki kekakuan dan kekuatan tertentu yang jauh lebih besar daripada bahan teknis umum, dan bahan komposit juga memiliki keunggulan kekuatan lebih tinggi, biaya yang lebih terjangkau, berat jenisnya yang rendah dan tahan korosi [1].

Komposit berpenguat serat dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu komposit serat panjang (*long fiber composite*) dan komposit serat pendek (*short fiber composite*). Komposit Serat panjang lebih efisien dalam penempatannya, tetapi serat pendek lebih mudah ditempatkan daripada serat panjang. Secara teorinya serat panjang dapat menyalurkan beban atau tegangan dari titik tegangan ke serat yang lainnya [2].

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan pohon dengan jenis herba atau yang dikenal sebagai pohon berbatang lunak dan tidak berkayu, memiliki batang yang kokoh dan memiliki daun yang panjang serta besar berwarna hijau tua. Banyak kemajuan yang telah dicapai sepanjang masa dibidang bahan serat alam yang digunakan sebagai bahan penguat komposit. Serat pelepah pisang adalah salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai penguat dalam produk komposit [3].

Tingkat selulosa serat alami menentukan sifat-sifatnya semakin tinggi selulosa, semakin baik kualitas seratnya. Namun, permukaan serat masih memiliki lapisan lilin yang terbuat dari *lignin*, *hemiselulosa* serta lemak, dan kontaminan lain yang dapat mengurangi kekuatan rekatnya. Banyak serat alami, termasuk daun nanas, rami, serat pelepah pisang, dan serat kelapa yang kini sedang diteliti di seluruh dunia [4].

Prosedur perawatan untuk meningkatkan kualitas serat melibatkan perawatan permukaan secara kimia untuk menghilangkan kontaminan yang ada pada serat dan meningkatkan tingkat selulosa sekaligus menurunkan konsentrasi lignin dan hemiselulosa. Proses alkali merupakan terapi yang populer karena secara efisien membersihkan dan mengubah permukaan serat untuk menurunkan tekanan permukaan dan meningkatkan ikatan antara serat alami dan matriks. Perlakuan alkali dilakukan dengan konsentrasi 5% menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) [5].

Resin urea formaldehyde (UF) digunakan dalam industri kayu. Resin UF dapat digunakan dalam berbagai bentuk, mulai dari pembuatan manual hingga proses mekanik yang lebih kompleks, seperti *vacuum bag*, *press mold*, dan *injection mold*. Proses pengerasan cairan resin (*curing*) dipercepat dengan menambahkan bahan *hardener* jenis HU 12. Selama proses *curing*, panas yang berlebihan akan

dihasilkan jika katalis ditambahkan dalam jumlah besar. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas atau kerusakan pada komposit. Oleh karena itu, *hardener* hanya boleh digunakan hingga 1% dari volume resin. Resin *urea formaldehyde* banyak digunakan pada aplikasi konstruksi ringan karena harga yang lebih terjangkau.

Salah satu keuntungan resin *urea formaldehyde* adalah mudah digabungkan dengan serat, tetapi kelemahannya mudah rapuh terhadap air. Resin *urea formaldehyde* terbuat dari urea dan formaldehid, juga dikenal sebagai formalin. Sintesis amoniak dan karbondioksida menghasilkan urea dalam jumlah besar. Kedua reaktan ini dicampur dengan tekanan tinggi untuk menghasilkan amonium karbamat, yang kemudian dipekatkan pada evaporator vakum untuk menghasilkan urea. Anggota pertama senyawa aldehida adalah formaldehid atau metanal. Formaldehid murni diproduksi sebagian besar melalui reaksi oksidasi gas alam (metana) atau hidrokarbon alifatik ringan. Akibatnya, formaldehid disimpan dalam bentuk larutan yang mengandung 37% hingga 50% berat HCHO pada kondisi ruangan. Reaksi kimia yang mendasari analisis kadar formaldehid bebas menggunakan sodium sulfat merupakan reaksi antara *formaldehyde* dengan natrium sulfit sehingga menjadi garam natrium sulfonat dan natrium hidroksida (NaOH). Karena reaksi ini berlangsung cepat dan bersifat searah, maka jumlah NaOH yang terbentuk sama dengan jumlah formaldehid sisa. Oleh karena itu, jumlah formaldehid sisa dapat dihitung dengan menggunakan titras NaOH [6].

Penelitian ini menganalisis kekuatan tarik komposit serat pelepah pisang menggunakan matriks *urea formaldehyde* dengan variasi fraksi volume serat pelepah pisang dan orientasi arah serat. Sehingga peneliti ingin melakukan penelitian yang berjudul "Analisis pengaruh fraksi volume dan orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik komposit serat pelepah pisang dengan matriks *urea formaldehyde*".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*experimental research*) dimana pengamatan dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti untuk menganalisis pengaruh fraksi volume dan orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik komposit yang berpenguat serat pelepah pisang menggunakan matriks *urea formaldehyde*.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

- Waktu penelitian
Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari-Februari 2025.

Variabel Penelitian

- Fraksi volume pada penelitian ini yaitu 20%, 40% dan 60% dengan orientasi serat lurus dan anyaman.
- Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekuatan serat pelepah pisang dengan pengaruh fraksi volume *resin urea formaldehyde*.
- Proses pembuatan spesimen uji tarik menggunakan metode *hand lay-up* dengan perlakuan alkalisasi NaOH 5% selama 2 jam.

Alat dan Bahan Penelitian

- Alat yang digunakan antara lain: cetakan spesimen, gelas ukur, timbangan digital, sarung tangan, wadah, sendok, penggaris dan alat uji tarik.
- Bahan yang digunakan yaitu: serat pelepah pisang, alkali NaOH, *wax*, resin *urea formaldehyde*, hardener (katalis).

Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan benda uji komposit menggunakan metode *hand lay-up*. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Siapkan cetakan yang sesuai dengan bentuk standar spesimen uji.
- Bersihkan cetakan, kemudian permukaannya dilapisi menggunakan *Wax* secara merata pada cetakan agar komposit tidak menempel.
- Kemudian lakukan perhitungan serat pelepah pisang sesuai dengan yang di inginkan
- Hitung *resin* yang akan digunakan sebagai acuannya 100% berat komposit. Kemudian campur resin dan hardener dengan perbandingan 99:1 aduk hingga merata.
- Tuangkan *resin* sedikit pada cetakan, kemudian susun serat diatasnya secara lurus sesuai perbandingan volume yang telah ditentukan dan tekan sedikit agar tidak terjadinya *void* lalu tuangkan *resin* secara perlahan hingga menutupi semua bagian cetakan.
- Tunggu komposit sampai benar-benar mengering agar dapat dilepaskan dari cetakan. Proses pengeringan ini dilakukan di dalam ruangan selama ± 12 jam. Ulangi prosedur ini hingga mencapai jumlah dan variasi yang sudah ditentukan.
- Setelah semua proses dilakukan secara berurutan dan spesimen selesai dicetak maka spesimen tersebut diukur kembali dan disesuaikan menggunakan acuan ukuran standar ASTM D-638 tipe 1 yang telah ditentukan.

Dalam pengujian tarik perhitungan kekuatan tarik maksimal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana:

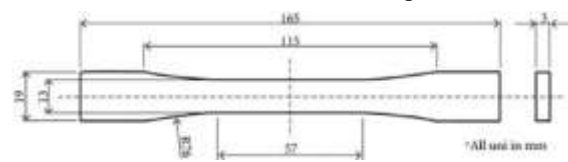
σ : Tegangan tarik (MPa)

F : Gaya tarik (N)

A_0 : Luas penampang (mm^2)

Pada penelitian ini menggunakan benda uji dengan standart ASTM D638 tipe 1 seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 1. ASTM D638 tipe 1



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik (*Tensile Strength*) komposit serat pelepah pisang dengan menggunakan matriks *urea formaldehyde*. Pengujian tarik ini menggunakan standart ASTM D638-1 dengan variasi serat 20%, 40%, dan 60%, dan orientasi serat lurus dan anyaman dengan konsentrasi perendaman NaOH 5% selama 2 jam.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik

Orientasi \ Fraksi	Hasil Kekuatan Tarik (MPa)		
	20%	40%	60%
Lurus	16,43	21,40	23,21
	13,72	26,83	25,02
	15,52	19,44	28,04
Total	45,67	67,67	76,27
Rata-rata	15,22	22,55	25,42
Anyaman	12,96	16,73	20,50
	14,47	18,24	19,75
	12,66	18,99	20,20
Total	40,09	53,96	60,45
Rata-rata	13,36	17,98	20,15



Gambar 2. Hasil Uji tarik orientasi serat lurus

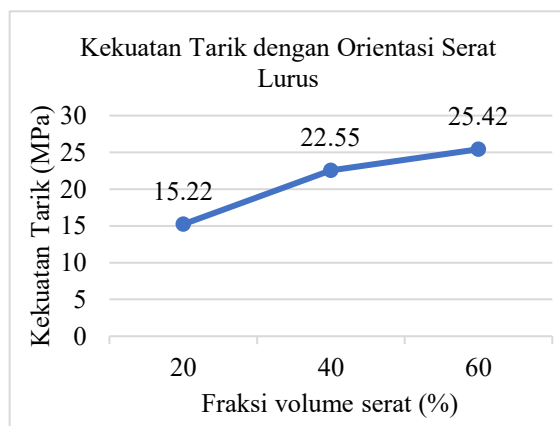


Gambar 3. Hasil Uji tarik orientasi serat anyaman

Pembahasan

Pengaruh fraksi volume dan orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik.

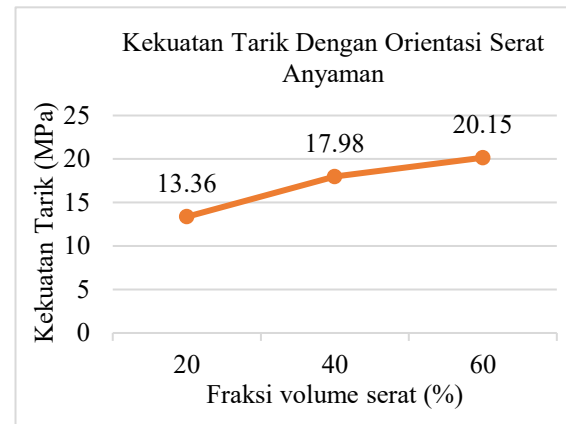
Grafik 1. Grafik tegangan orientasi arah serat lurus



Grafik diatas menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat pelepah pisang berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Pertambahan fraksi volume serat dapat mempengaruhi kekuatan tarik komposit, dikarenakan jumlah serat yang lebih banyak dan jumlah resin yang sedikit sehingga lebih banyak serat yang saling mengikat satu sama lain dan pada saat diberi beban tarik serat dapat mendistribusikan beban tersebut secara merata. Fraksi volume serat yang bertambah juga menyebabkan sedikitnya gelembung udara berukuran kecil (*void*) yang terjebak di dalam spesimen. Sedikitnya *void* menjadikan spesimen lebih tahan terhadap deformasi dan retakan saat dikenai beban tarikan. Sehingga mempengaruhi kekuatan mekanik

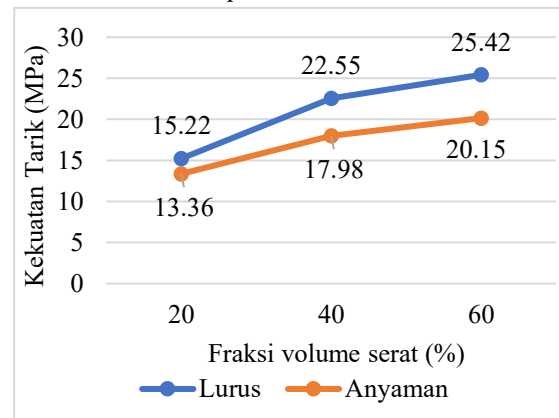
komposit dan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan lebih tinggi.

Grafik 2. Grafik tegangan orientasi arah serat anyaman



Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya presentasi serat nilai kekuatan tarik yang dihasilkan semakin naik. Komposit dengan orientasi arah serat anyaman dengan fraksi volume 60% memiliki nilai terbesar yaitu 20,15 MPa. Pertambahan fraksi volume serat mempengaruhi kekuatan tarik komposit, dikarenakan jumlah serat yang lebih banyak dan jumlah resin yang sedikit menjadikan ikatan serat dengan matriks semakin bagus dan mengurangi gelembung udara (*void*) yang terjebak didalam spesimen, sehingga serat saling memperkuat satu sama lain dengan lebih efisien dan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan lebih tinggi.

Grafik 3. Grafik presentasi orientasi arah serat



Berdasarkan hasil diatas menunjukkan bahwa fraksi volume dan orientasi arah serat memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan tarik komposit. Orientasi serat lurus mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan orientasi serat anyaman yaitu 25,42 MPa dengan fraksi volume serat 60%. Sedangkan orientasi serat anyaman mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi hanya sebesar 20,15 MPa dengan fraksi volume 60%.

Orientasi serat lurus memungkinkan untuk bekerja secara sinergis dalam menahan beban tarik yang diberikan. Hal ini menjadikan orientasi serat

lurus lebih kuat menahan beban tarik dibandingkan dengan orientasi serat anyaman yang seratnya terbagi menjadi dua arah, sehingga dapat mengurangi efisiensi untuk mendistribusikan beban secara merata. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan tarik tinggi, orientasi arah serat lurus lebih disarankan.

Analisis Statistik

Tabel 2. Hasil Analisis Serat (ANOVA) Uji Tarik

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F hitung	F Tabel
Rata-rata Baris	68,48	1	68,48	16,48	4,74
Rata-rata Kolom	228,4	2	114,2	27,49	3,88
Interaksi	9,74	2	4,87	1,17	3,88
Error	49,84	12	4,15		
Total	356,47	17			

Kesimpulan:

- $F_{hitung} = 16,48 > F_{0,05} 4,74$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik pada komposit serat pelepah pisang.
- $F_{hitung} = 27,49 > F_{0,05} 3,88$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi fraksi volume terhadap kekuatan tarik pada komposit serat pelepah pisang.
- $F_{hitung} = 1,17 < F_{0,05} 3,88$ artinya H_0 diterima. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik pada komposit serat pelepah pisang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian komposit serat pelepah pisang dengan fraksi serat 20%, 40%, 60% dengan orientasi arah serat lurus dan anyaman pada perendaman serat menggunakan alkalisasi NaOH maka dapat diambil kesimpulan:

- Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik menunjukkan bahwa semakin banyak serat maka akan menambah kekuatan tarik yang dihasilkan. Dikarenakan bertambahnya fraksi volume akan menambah ikatan dengan matriks semakin kuat dan memperkecil terjadinya *void* atau gelembung udara yang terjebak pada spesimen. Sehingga pada saat pengujian tarik presentasi serat yang tinggi dapat mendistribusikan beban dengan

merata dan saling memperkuat satu sama lain dengan lebih efisien.

- Pengaruh orientasi arah serat terhadap kekuatan tarik menunjukkan bahwa orientasi serat lurus mendapatkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan orientasi serat anyaman. Nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang dihasilkan orientasi arah serat lurus dengan serat 60% sebesar 25,42 MPa, hal ini dapat dijelaskan bahwa orientasi yang tepat dan semakin banyak fraksi serat yang digunakan membuat kekuatan tarik semakin besar dan nilai rata-rata tertinggi pada orientasi serat anyaman dengan serat 60% sebesar 20,15 MPa, dikarenakan tidak tepatnya orientasi pada penganyaman membuat menurunnya kualitas serat yang disebabkan oleh anyaman yang terlalu berfokus pada bagian tengah spesimen menyebabkan kualitas uji tarik yang kurang maksimal dan serat tidak cukup kuat menahan regangan pada saat pengujian tarik.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan berkaitan menggunakan serat pelepah pisang, dalam penelitian ini ingin menyampaikan beberapa saran agar dapat membantu penelitian selanjutnya yaitu:

- Melakukan pencetakan spesimen dengan teliti, karena saat pencetakan spesimen yang kurang baik akan menyebabkan gelembung udara pada spesimen sehingga mempengaruhi kekuatan dari hasil pengujian tersebut.
- Lebih dioptimalkan pada perendaman serat, sehingga serat benar-benar bersih dari lapisan yang menempel pada serat supaya serat bisa menyatu lebih kuat dengan matriks.
- Metode pembuatan komposit lebih bervariasi seperti *Injection Moulding*, cetakan kompresi, *Spray Up*, *Vacuum bag* untuk mengetahui metode yang lebih baik.
- Pengaplikasian resin mungkin kurang cocok diaplikasikan pada pengujian tarik dengan ketebalan yang tipis. Akan lebih baik jika pengujian bervariasi seperti uji impak, uji bending dan uji tekan untuk mengetahui lebih jauh sifat dan karakteristik pada material komposit.
- Mempertimbangkan kegunaan resin *urea formaldehyde* dikarenakan resin *urea formaldehyde* memiliki sifat yang getas dan mudah mengalami deformasi pada pengujian tarik.
- Mengkaji ulang penyusunan arah serat pada orientasi anyaman agar menghasilkan kekuatan tarik yang optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. Hastuti, C. Pramono, and Y. Akhmad, "Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok

- Sebagai Material Komposit Serat Alam Yang Biodegradable,” *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, 2018, doi: 10.31002/jom.v2i1.806.
- [2] D. Sriwita and Astuti, “Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat,” *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 1, pp. 30–36, 2014.
- [3] A. Admin, S. Sehono, and I. Rizki Putra, “Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Serat Pelepah Pisang,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 167–174, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.617.
- [4] H. Hestiawan, F. D. Saragih, F. Teknik, and U. Bengkulu, “PENGARUH SUSUNAN SERAT TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT iHYBRID BERPENGUAT SERAT AGEL / FIBERGLASS MENGGUNAKAN TEKNIK VACUUM INFUSION THE EFFECT OF FIBER SEQUENCE ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF AGEL FIBER / FIBERGLASS REINFORCED HYBR,” vol. 18, no. 2, pp. 90–96, 2024.
- [5] N. P. Nugraha, “Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Alam Ramie Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tunggal,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 8, no. 1, pp. 89–98, 2011.
- [6] Smith, F. W., Hashemi, J. (2006). *Foundation of Materials Science and Enginering*, Mc Graw Hill Companies.