



# **STUDI ULTRASONIK PADA BAHAN SUPERKONDUKTOR SUHU TINGGI**

Pidato Pengukuhan  
Jabatan Guru Besar Tetap  
dalam Bidang Fisika Superkonduktor pada  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 14 Juni 2008

**OLEH :**

**EDDY MARLIANTO**

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2008



**STUDI ULTRASONIK  
PADA BAHAN SUPERKONDUKTOR  
SUHU TINGGI**

Pidato Pengukuhan  
Jabatan Guru Besar Tetap  
dalam Bidang Fisika Superkonduktor pada  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 14 Juni 2008

Oleh:

**EDDY MARLIANTO**

**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2008**



**Yang terhormat,**

- *Bapak Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Sumatera Utara*
- *Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara*
- *Para Pembantu Rektor Universitas Sumatera Utara*
- *Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Sumatera Utara*
- *Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara*
- *Para Dekan Fakultas/Pembantu Dekan, Direktur Sekolah Pascasarjana, Direktur dan Ketua Lembaga di lingkungan Universitas Sumatera Utara*
- *Para Dosen, Mahasiswa, dan Seluruh Keluarga Besar Universitas Sumatera Utara*
- *Seluruh Teman Sejawat serta para undangan dan hadirin yang saya muliakan*

**Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Izinkanlah saya memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya sehingga kita dapat hadir untuk mengikuti upacara ini dalam keadaan sehat wal'afiat. Salawat beriring salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya, mudah-mudahan kelak kita mendapat syafa'at darinya.

Atas izin dan rida dari Allah SWT serta dengan segala kerendahan hati, perkenankanlah saya menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar Tetap pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara dengan judul:

**“STUDI ULTRASONIK PADA  
BAHAN SUPERKONDUKTOR SUHU TINGGI”**

**PENDAHULUAN**

Hadirin yang saya muliakan,

Kelelawar sering dikaitkan dengan hantu, vampir, atau syeitan. Hal ini mungkin disebabkan oleh rupa dan bentuk serta keaktifannya di malam hari. Sebenarnya kelelawar bersembunyi di tempat gelap di siang hari dan hanya mencari makan di malam hari. Persoalannya adalah kenapa dan bagaimana kelelawar dapat bergerak leluasa di malam gelap gulita. Sebahagian sifat kelelawar yang alamiah telah menarik perhatian beberapa

saintis diantaranya adalah Lazzaro Spalanzani (1794). Awal penelitian beliau terhadap kelelawar adalah dengan cara membutakan kedua belah matanya, tetapi kelelawar tidak terpengaruh untuk dapat bergerak leluasa di alam bebas pada malam hari serta mengelakkan benda-benda yang menghalanginya. Tetapi ketika beliau merusakkan sistem pendengaran kelelawar, ternyata kelelawar kehilangan pedoman dan tidak mampu bergerak bebas dan tidak mampu mengelak halangan yang ada di depannya. Persoalan mulai terjawab dan melalui perhatian kepada sistem pendengaran kelelawar ini, Spalanzani menarik suatu kesimpulan bahwa kelelawar terbang dan memandu arah menggunakan gelombang bunyi yang tidak dapat didengar oleh manusia, itulah **gelombang ultrasonik** (Cracknell. 1980).

Menurut Cracknell (1980), hasil penelitian lanjut dapat diketahui bahwa kelelawar mengeluarkan pulsa gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 40-50 kHz. Bentuk telinga kelelawar yang seperti corong berfungsi sebagai penerima gelombang ultrasonik yang dibalikkan seperti cara kerja alat radar penerima. Frekuensi ultrasonik akan ditinggikan oleh kelelawar apabila hendak menangkap mangsa secara memintas.

Denyut ultrasonik yang dipancarkan oleh kelelawar akan dipantulkan apabila terkena mangsanya. Fenomena ini seperti gema dimana bunyi dipantulkan apabila tiba di satu media. Pulsa ini kemudian dianalisis oleh sistem otak kelelawar yang agak kompleks untuk menginterpretasi dan mengetahui posisi mangsanya atau objek lain yang akan diterkam. Kelelawar menggunakan kantung jaringan (*web-pocket*) yang terletak di bahagian ekor dan dengan bantuan sayapnya untuk memerangkap mangsanya. Lingkungan dengan tingkat kebisingan tinggi tidak akan melemahkan sistem radar yang ada pada kelelawar tetapi jika rekaman gelombang bunyi dirinya sendiri maka akan berpengaruh kepada kemampuan kelelawar untuk menganalisis pantulan denyut pulsa yang diterimanya. Rekaman gelombang bunyi tersebut sebenarnya telah mewujudkan tingkat kebisingan yang hampir sama dan menyerupai gelombang ultrasonik (Rozenberg. 1973).

Sama seperti kelelawar, ikan lumba-lumba merupakan hewan yang menggunakan teknik ultrasonik dan juga merupakan hewan pakar ultrasonik di laut. Ikan lumba-lumba memburu dan membedakan makanannya menggunakan karakteristik gema pulsa (*pulse echo*). Hewan ini juga berkomunikasi sesama spesiesnya dengan sistem panggilan ultrasonik. Para pakar sains fisika zat padat dan juga pakar sains teknologi bahan kemudian menerapkan prinsip dasar gema pulsa ultrasonik ini ke

dalam penelitian mereka di bidang ultrasonik untuk memperoleh hasil dan kemajuan seluruh umat manusia secara umum.

Batas (*range*) pendengaran manusia agak terbatas dan merangkumi hanya sebahagian dari keseluruhan jajaran bunyi. Batas ultrasonik adalah batas dimana frekuensi lebih dari 14 kHz yaitu batas teratas gelombang bunyi yang tidak dapat kita dengar. Manakala batas infrasonik adalah batas yang merangkumi jajaran di bawah batas gelombang bunyi yang dapat didengar manusia. Istilah supersonik adalah merujuk kepada gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi lebih dari 2 MHz atau yang mempunyai kecepatan 2333 km/jam. Nilai kecepatan gelombang bunyi di udara adalah 900 m/detik, pada cairan sekitar 1500 m/detik dan pada benda padat mempunyai kecepatan gelombang bunyi sekitar 2000 m/detik. Jajaran frekuensi gelombang ultrasonik melebihi 5 ke 5000 MHz, yang berhampiran dengan jajaran panjang gelombang dari  $10^{-1}$  sehingga  $10^{-5}$  cm untuk nilai kecepatan gelombang  $10^5$  cm/sekon (Puskav. 1982).

#### Aplikasi Teknologi Ultrasonik pada Jajaran Frekuensi Tertentu

<b>Frekuensi</b>	<b>Kegunaan</b>
< 1 kHz	Panduan arah di dasar laut
16 - 20 kHz	Batas atas pendengaran manusia
19 - 20 kHz	Sistem sensor keselamatan
40 kHz	Proses komunikasi dasar laut & proses pencucian
500 kHz	Pengujian bahan butiran kasar (batas atas proses komunikasi dasar laut)
1 - 5 MHz	Batas pengujian bahan tak merusak
5 - 10 MHz	Pengujian bahan butiran halus (superkonduktor dan keramik)
10 - 20 MHz	Pengujian kristal-kristal kaca

#### PERAMBATAN GELOMBANG ULTRASONIK DI DALAM BAHAN PADAT

Seperti yang telah diketahui bahwa suatu bahan padat terdiri dari atom-atom yang setiap satunya bergetar pada kedudukan seimbang akibat dari eksitasi gelombang kekisi termal. Gelombang bunyi seperti gelombang kekisi termal dapat merambat di dalam bahan padat sehingga menyebabkan zarah-zarah tergeser ke dalam media yang dirambati. Kelebihan yang menonjol untuk gelombang ultrasonik adalah kemungkinan (*probability*) untuk menghasilkan gelombang koheren yang dapat di kontrol frekuensi dan amplitudo serta arah perambatannya. Kedua jenis gelombang

yaitu gelombang melintang dan mendatar dapat merambat di dalam bahan studi. Untuk gelombang mendatar, arah pergerakan atom yang tergeser adalah sejajar dengan arah perambatan gelombang ultrasonik, manakala gelombang melintang, pergerakan atom-atomnya membentuk sudut tepat searah dengan arah perambatan. Kekuatan (*potential*) perambatan gelombang ini bergantung kepada gaya-gaya yang mengikat atom-atom di dalam bahan. Hasil pergandaan kecepatan perambatan gelombang dengan densitas bahan adalah sama dengan nilai konstanta elastisitas tahap kedua dimana konstanta ini mempunyai hubungan langsung kepada turunan kedua energi jumlah bahan terhadap regangan (*strain*). Pengukuran kecepatan bagi kedua jenis gelombang yang merambat dalam bahan padat akan menghasilkan satu set lengkap konstanta elastisitas (Krautkramer, 1990). Oleh sebab itu penelitian tentang kecepatan bunyi dan konstanta elastisitas bahan akan dapat memberi jawaban tentang keadaan struktur makroskopik bahan tersebut dan juga kekuatan gaya-gaya pengikat antar atom. Penelitian tentang ultrasonik merupakan suatu kerjasama yang erat antara pakar sains teknologi bahan yang bekerjasama dengan pakar fisika terapan.

## **TEKNOLOGI ULTRASONIK**

Metode ultrasonik juga dapat menentukan waktu transit bagi sampel gelombang ultrasonik yang merambat di dalam bahan studi. Data waktu transit sangat diperlukan guna menentukan karakteristik sifat-sifat elastisitas dan ketidak elastisitas bahan. Konsep dasar adalah merujuk kepada fenomena gema dimana gelombang yang dikeluarkan akan dipantulkan secara langsung begitu sampai di antara permukaan bahan yang berbeda kandungan sifat-sifat fisiknya (Rosenberg, 1973).

Energi ultrasonik dihasilkan melalui kristal atau transduser yang melibatkan efek atau fenomena piezoelektrik. Efek piezoelektrik adalah sifat dari kristal tertentu jika diberikan tekanan akan menghasilkan muatan-muatan elektrik positif dan negatif pada kedua belah permukaan. Efek satu dengan yang lainnya (*mutually effect*) dari kristal akan terjadi jika diberikan beda potensial pada permukaan kristal maka kristal tersebut akan mengalami pengecutan atau pengembangan mekanik. Keadaan ini akan menghasilkan tekanan dalam bentuk energi ultrasonik. Andaikan beda potensial bolak-balik (*alternative voltage*) yang diberikan, maka kristal piezoelektrik tersebut akan mengembang dan mengecut mengikuti besarnya beda potensial yang diberikan, dan proses ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (Kutruuff, 1991).

## **MENDETEKSI KERETAKAN BAHAN**

Metode ultrasonik mulai diaplikasikan sejak perang dunia pertama, apabila Langevin telah mengukur jarak di bawah permukaan laut. Beliau menggunakan teknik gema pulsa pada frekuensi 40 kHz. Informasi penting dalam sejarah ultrasonik ialah sebuah publikasi pada tahun 1934 di Rusia berhubungan dengan kerja-kerja Sokolov di dalam mendeteksi keretakan atau kecacatan bahan. Studi dalam bidang ultrasonik terus berkembang pesat terutama di bidang elektronik. Prinsip dasar pengujian ultrasonik telah dibicarakan di atas maka dengan peralatan ultrasonik elektronik, waktu yang diambil oleh gema pulsa untuk bergerak dari pemancar ke permukaan bahan yang berbeda kandungan sifat fisiknya (kecacatannya) membolehkan jarak dan kedudukan kecacatan itu dikesan. Besarnya gema dapat memberikan keterangan tentang ukuran kecacatan bahan. Pembangkit pulsa (*pulse generator*) akan mengontrol pengayun pulsa untuk menghasilkan satu beda potensial pulsa frekuensi radio kepada transduser yang akan memancarkan gelombang pulsa ultrasonik. Menurut Krautkramer (1990), gelombang pulsa ini akan merambat dari transduser masuk ke dalam bahan sehingga tiba di permukaan bahan dimana tampak impedansi akustik berbeda dan ini merupakan kecacatan pada bahan yang menyebabkan gelombang tersebut terpecah. Sebahagian dari gelombang tersebut akan tiba kembali di transduser dan ditukar kepada signal elektrik, dibesarkan dan dipaparkan pada alat paparan seperti osiloskop. Sebahagian lagi dari gelombang tersebut akan mengalami beberapa kali pantulan. Fenomena ini terus berulang yang mengakibatkan wujudnya suatu seri gema sempurna yang bersesuaian dengan waktu pancaran perambatan pulsa ultrasonik ke dalam bahan studi. Waktu pancaran pulsa yang merambat ini bersamaan dengan panjang bahan studi yang telah diketahui akan memberikan nilai laju ultrasonik. Kelajuan tersebut didefinisikan sebagai jarak yang dilalui per satuan waktu. Densitas dan sifat elastisitas bahan adalah konstanta-konstanta elastisitas yang mewakili kandungan mekanika dasar dari bahan yang mematuhi hukum Hooke dimana tegangan (*stress*) berbanding lurus dengan regangan (*strain*).

## **TEKNIK VISUALISASI ULTRASONIK**

Hadirin yang terhormat,

Sejak Sokolov merekacipta suatu alat pada tahun 1934 yang mampu mendeteksi kecacatan bahan, maka ramai para pakar yang tertarik untuk melahirkan imej terhadap struktur mikroskopik sebelah dalam bahan studi.

Sokolov telah memulakan studinya dengan sebuah contoh menggunakan tangki air dimana radiasi ultrasonik dipancarkan menegak dari bawah bahan studi. Berkas sinar ultrasonik akan terserak apabila bertemu dengan kecacatan bahan di dalam bahan tersebut. Imej kepada kecacatan ini akan terbentuk di permukaan air dengan bantuan sebuah lensa akustik cekung. Imej yang difokuskan ke permukaan air ini akan diobservasi dengan memberi sinar ke permukaan secara miring (*slant*) dan hasilnya imej visual kepada sembarang kecacatan bahan studi dapat dilihat (Puskav. 1982).

Namun begitu metode ini memberikan resolusi yang sangat rendah dan visual imejnya sukar dikesan. Metode Sokolov ini kemudian diperbaiki dan disempurnakan dari waktu ke waktu. Sinar cahaya yang dipancarkan ke permukaan air untuk mengobservasi hasil telah diganti dengan sinar laser. Metode pemfokusan juga diganti dengan sistem yang lebih canggih. Satu metode yang sedang direkapi ialah teknik holografi ultrasonik yang juga menggunakan bantuan teknologi sinar laser. Sinar ultrasonik yang terserak dari kecacatan akan difokuskan dan akan diproses oleh sistem holografi. Hasilnya, suatu imej hologram akan kelihatan yang akan memvisualisasikan imej tiga dimensi untuk struktur makroskopik bahan studi (Rosenberg. 1973).

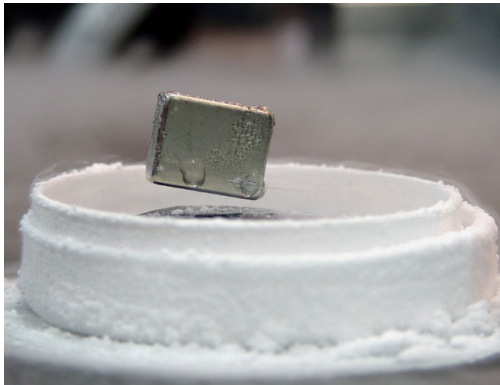
## **APA ITU SUPERKONDUKTOR?**

Pernakah anda memasang rangkaian elektrik dan mendapati wayer penghubungnya menjadi panas? Apakah kemungkinan ada terjadi hubungan singkat atau arus yang mengalir cukup besar? Jawabannya adalah disebabkan resistan elektrik di dalam bahan cukup besar sehingga energi elektrik berubah menjadi energi panas. Resistan elektrik di dalam bahan menyebabkan tidak semua energi elektrik yang masuk dapat digunakan sepenuhnya. Kabel daya elektrik yang menghubungkan stasiun penggerak daya elektrik ke tempat pengguna selalu terdiri daripada bahan dengan resistan elektrik yang rendah untuk memperoleh efisiensi penghantaran yang tinggi. Resistan elektrik wujud apabila arus yang terdiri daripada muatan elektrik (seperti elektron) mengalami pelanggaran atau penyerakan dan menyebabkan kehilangan energi. Pada umumnya sifat suatu bahan dapat dibedakan melalui resistivitas elektriknya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perbedaan Nilai Resistivitas Bahan**

Sifat Bahan	Resistivitas, $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )	Contoh Bahan
Isolator	Tertinggi ( $10^{10}$ - $10^{12}$ )	Plastik dan Karet
Semikonduktor	Tinggi ( $10^{-3}$ – $10^6$ )	Silikon dan Germanium
Konduktor	Rendah ( $10^{-8}$ )	Emas dan Perak
Superkonduktor	Nol	Semua bahan yang berdasarkan CuO

Isolator ialah bahan yang mempunyai resistivitas elektrik yang tertinggi. Semikonduktor pada dasarnya mempunyai resistivitas yang tinggi tetapi bisa berubah menjadi konduktor yang baik pada suhu-suhu tertentu. Konduktor biasanya terdiri daripada logam dan aloi yang mempunyai resisten elektrik yang rendah dan sebagai penghantar arus elektrik yang baik. Sesuatu yang menarik ialah terdapat beberapa bahan yang dapat mengalirkan arus elektrik tanpa hambatan (*zero resistance*) pada suhu rendah, dan saat ini bahan tersebut dikenal dengan sebutan "*superkonduktor*".



**Gambar 1.**  
**Efek Meissner pada Bahan Superkonduktor**

Gambar 1 menunjukkan sebatang magnet terapung di atas bahan superkonduktor yang didinginkan di bawah temperatur kritis. Efek pengapungan ini berlaku karena superkonduktor menolak fluks magnet dan suatu gaya yang berlawanan arah dan cukup besar untuk mengatasi gaya gravitasi diwujudkan antara magnet dengan superkonduktor.

Menurut teori Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS), kehilangan resisten dalam superkonduktor disebabkan pada temperatur yang rendah muatan pembawa yang terdiri dari pasangan elektron yang disebut pasangan Cooper dapat bergerak tanpa mengalami proses yang menghasilkan resisten. Pasangan Cooper terbentuk adalah hasil interaksi elektron dengan getaran kisi kristal (fonon).

Superkonduktor pertama kali ditemukan oleh seorang pakar sains Belanda bernama Heiken Komerlingh Onnes pada tahun 1911 untuk bahan Hg yang

tidak mempunyai resistansi elektrik pada suhu 4K. Suhu suatu bahan apabila bahan tersebut berubah menjadi bahan superkonduktor disebut suhu kritis atau dapat juga disebut suhu transisi. Beberapa jenis logam dan aloi tertentu seperti: Cu, Pb, Al dan Ni-Ge menunjukkan sifat superkonduktor pada suhu yang rendah.

Superkonduktor yang terdiri dari bahan logam dan aloi dikenal sebagai superkonduktor konvensional. Helium cair yang mempunyai titik didih 4K dipakai sebagai pendingin bahan superkonduktor. Oleh karena mahalnya harga helium cair, maka penyelidikan bahan superkonduktor konvensional dihentikan. Para saintis fisika tiada henti melakukan penyelidikan tentang superkonduktor, hal ini dibuktikan dengan berhasilnya menaikkan suhu transisi superkonduktor untuk bahan berbeda. Era helium cair sebagai pendingin superkonduktor telah berakhir dengan digantikannya nitrogen cair. Seperti diketahui bahwa nitrogen cair sebagai pendingin superkonduktor mempunyai titik didih 77K dan harga yang relatif lebih murah. Penggunaan nitrogen cair sebagai pendingin superkonduktor dibuktikan dengan ditemuan bahan superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  dengan suhu transisi,  $T_c = 92\text{K}$  oleh grup riset di Univ. Alabama & Houston yang dikoordinasi oleh: Paul Chu dan K. Wu. (1987). Saat ini, bahan superkonduktor yang mempunyai suhu transisi tertinggi adalah bahan Hg-Ba-Ca-Cu-O dengan  $T_c = 140\text{K}$  (Chu, C.W. *et al.* 1993). Oleh karena bahan berdasarkan CuO (*kuprum oksida*) mempunyai suhu transisi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan superkonduktor konvensional, maka para saintis yang mengkhususkan penyelidikan di bidang superkonduktor sependapat untuk menyebut bahan superkonduktor yang berdasarkan CuO sebagai Superkonduktor Suhu Tinggi (*High Temperature Superconductor*).

## **MENGAPA BAHAN MENJADI SUPERKONDUKTOR**

Secara ringkas, elektron yang menjadi muatan pembawa dan berserakan berinteraksi dengan ion di dalam bahan dan pada suhu tertentu elektron-elektron ini akan mengalami keadaan yang lebih tertib dan saling berpasangan. Pasangan-pasangan elektron ini bergerak dengan momentum yang sama tanpa mengalami sembarang proses yang dapat menyebabkan kehilangan energi. Pergerakan elektron di dalam bahan superkonduktor adalah ibarat sepasukan tentara yang berbaris rapi dan berjalan dengan kecepatan yang sama dan tidak terjadi pelanggaran di antara mereka. Hal ini yang menyebabkan elektron dapat bergerak tanpa resistansi.

Mekanisme superkonduktor suhu tinggi masih menjadi tanda tanya dan merupakan tugas para peneliti dan pakar sains untuk mencari jawabannya guna memecahkan masalah ini. Apa yang pasti saat ini adalah arus elektrik di dalam superkonduktor suhu tinggi terdiri dari pasangan muatan seperti yang terdapat pada superkonduktor konvensional. Persoalannya ialah, apakah interaksi yang menyebabkan muatan-muatan ini berpasangan? Mekanisme superkonduktor konvensional tidak dapat digunakan untuk superkonduktor suhu tinggi secara langsung karena teori konvensional ini membataskan suhu kritis tidak lebih daripada 30 K. Saat ini banyak penelitian yang dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan model yang dicadangkan untuk membongkar rahasia superkonduktor suhu tinggi sebenarnya.

### **SUPERKONDUKTOR SISTEM Y-Ba-CU-O**

Superkonduktivitas pada suhu transisi  $T_c = 93$  K untuk senyawa fasa campuran Y-Ba-Cu-O pertama kali ditemui oleh Wu *et al* (1987). Sistem Y-Ba-Cu-O mempunyai kandungan oksigen yang dapat diubah-ubah dan lobang sebagai atom pembawa. Suhu transisi  $T_c$  pada sistem ini akan menurun apabila kandungan oksigen pada sistem mengecil. Untuk sistem  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  yang mempunyai kandungan oksigen  $\delta > 0.6$ , sistem  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  menjadi konduktor dan untuk kandungan oksigen  $\delta < 0.6$ , sistem  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  bersifat superkonduktor (Levy M, 1992). Pengukuran oleh Tallon, J. *et al* (1988) menunjukkan bahwa sistem akan mengalami perubahan struktur dari tetragonal ke ortorombik pada suhu sekitar 900 °C.

Pengukuran kelajuan bunyi sebagai fungsi suhu untuk  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  menghasilkan suatu anomali sekitar suhu transisi  $T_c$  untuk kedua-dua jenis kelajuan yaitu kelajuan geser dan kelajuan mendatar sebagaimana yang telah dilaporkan oleh Battacharya, S. *et al* (1988). Anomali ini dikarakteristikkan oleh suatu perubahan kemiringan grafik kelajuan sebagai fungsi suhu. Anomali perubahan kelajuan geser pada 120 K, 180 K dan 230 K telah dilaporkan oleh Kamikura *et al* (1988) dan hasil penyelidikan Cankuntaran, M. *et al* (1994) menyatakan anomali perubahan kelajuan geser pada suhu 190 K dan 230 K. Bishop, D.J. *et al* (1987) juga mengamati anomali yang sama dan penambahan kelajuan adalah lebih cepat di bawah  $T_c$ . Abd Shukor, R (1992) melaporkan di dalam studi ultrasonik gelombang geser ke atas sampel berfasa tunggal  $YBa_2Cu_3O_{6.98}$  dengan densitas relatif 93%,  $T_c = 90$  K dan frekuensi 6.5 MHz dalam jangkauan suhu 110 K - 80 K. Beliau memperoleh satu anomali yaitu ketidakkontinuan kemiringan  $[d/dT(\Delta V_s/V_s)]$  sebesar 84 ppm/K pada  $T_c$

untuk kelajuan geser. Ketidakkontinuan ini menunjukkan pengerasan kekisi di bawah  $T_c$ . Tidak ada terjadi histerisis pada studi ini.

Sun, K.J. *et al* (1988) telah melaporkan bahwa kedudukan dan amplitud puncak atenuasi di bawah  $T_c$  adalah bergantung kepada frekuensi untuk gelombang mendatar pada frekuensi 10 MHz, 27 MHz dan 32 MHz. Puncak atenuasi di bawah  $T_c$  itu beranjak dari kedudukan 80 K ke sekitar 120 K apabila frekuensi dinaikkan. Juga didapati atenuasi maksimum mempunyai ketergantungan kepada frekuensi secara kuadrat.

Histeris kelajuan juga telah diamati oleh Ledbetter dan Kim (1988) pada bahan  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Sampel yang mempunyai densitas relatif 94% dan  $T_c = 91.4$  K telah diukur kelajuan gelombang mendatar dan kelajuan gelombang geser pada frekuensi 5 MHz. Hasil pengukuran diperoleh bahwa ketiga-tiga kuantitas modulus geser, modulus pukal, dan nisbah Poisson menunjukkan histerisis. Modulus pukal mempunyai nilai histerisis yang lebih besar daripada modulus geser. Histerisis ini mencadangkan perubahan fasa pada bahan  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Secara umum, pengukuran atenuasi ultrasonik untuk sistem ini menunjukkan dua puncak pada suhu-suhu sekitar 180 K dan 250 K dan satu lagi puncak sekitar suhu transisi  $T_c$ . Untuk mengenal pasti apakah puncak di bawah  $T_c$  adalah hasil daripada interaksi elektron-fonon, suatu medan magnet yang cukup kuat dikerjakan untuk memusnahkan superkonduktivitas dan terjadinya perubahan puncak atenuasi tersebut. Namun begitu bukanlah suatu kerja yang mudah untuk memberikan medan magnet yang kuat pada sampel, kerana medan magnet kritis  $B_c$  pada suhu 0 K adalah dalam tertib 100 T. Untuk sampel  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  adalah agak sukar dilakukan dalam makmal biasa. Cara lain untuk memberikan medan magnet yang kuat pada sampel adalah dengan mengubah frekuensi gelombang dan melihat apakah kedudukan puncak atenuasi berubah sebagai fungsi frekuensi.

Dari studi yang telah dilakukan, tampak bahwa puncak atenuasi di bawah  $T_c$  tidak berhubungan langsung kepada transisi superkonduktivitas dan kemungkinan disebabkan proses santaian. Proses santaian ini adalah berkaitan dengan wujudnya sistem dua level energi rendah pada sampel  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (Golding *et al.* 1987). Pengukuran kelajuan yang relatif terhadap suhu rendah yang dilakukan oleh Hikata *et al.* (1989) memperoleh kenyataan bahwa perubahan densitas mempengaruhi fungsi kandungan oksigen, seterusnya perubahan densitas juga mempengaruhi besaran dan

kedudukan puncak atenuasi. Ini dapat menjelaskan efek ketergantungan atenuasi terhadap kandungan oksigen dan densitas.

Perubahan konstanta kekisi terhadap suhu menunjukkan suatu gangguan ortorombik dan terjadi pada jenjang suhu 140 K dan 160 K dan memberikan suatu perbedaan maksimum antara konstanta kekisi a dan b sekitar transisi superkonduktivitas, sebagaimana yang dilaporkan oleh Horn *et al.* (1987). Namun begitu gangguan ini tidak menyebabkan perubahan volum unit sel dan luas unit bidang dasar. Anomali kelajuan pada  $T_c$  dapat mencerminkan ketakstabilan struktur ini. Menurut Battacharya *et al.* (1988) bahwa penurunan kelajuan pada  $T_c$  yang disebabkan oleh perubahan modulus geser adalah dominan ke atas modulus pukal. Ini memberikan implikasi bahwa gangguan sekitar  $T_c$  adalah geser alamiah.

### **FASA TRANSISI SUPERKONDUKTOR SISTEM Y-BA-CU-O**

Pengukuran kelajuan dan atenuasi ultrasonik merupakan suatu studi tentang fasa transisi superkonduktivitas. Transisi superkonduktivitas dari keadaan normal ke keadaan superkonduktivitas merupakan transisi fasa order kedua. Oleh karena itu turunan order pertama energi Gibbs adalah kontinu melewati transisi, tetapi turunan order kedua tidak kontinu. Ini berarti bahwa transisi turunan order kedua mempunyai sifat ketidakkontinuan pada kalor tertentu, kerentanan, koefisien perpindahan termal, dan konstanta kenyal (Levy, M. 1992).

Superkonduktor sistem  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  dengan kandungan oksigen tinggi mengalami transisi fasa pada  $T \sim 1000$  K dan  $T \sim 240$  K. Transisi fasa pada  $T \sim 1000$  K disebabkan penertiban oksigen dalam bidang dasar  $Cu_1-O_4$  dengan perubahan yang serentak di dalam struktur kristal dari tetragonal ke ortorombik (Kubo, Y. *et al.* 1988). Transisi fasa order kedua dikarakteristikan sebagai anomali di dalam sifat-sifat fisik dari sistem  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  dan wujudnya puncak akustik pada suhu transisi (Tallon, J.L. *et al.* 1988). Puncak akustik yang sama juga telah diamati pada suhu  $T \sim 240$  K oleh Cannelli, G. *et al.* (1988) dan Mamsurova, L.G. *et al.* (1989). Pada kenyataannya bahwa puncak akustik yang terjadi tidak bergantung kepada frekuensi gelombang akustik dan mengalami transisi fasa order pertama yang sama dengan transisi fasa tetragonal-ortorombik. Keadaan ini disebabkan penyusunan semula oksigen yang menghasilkan orde selanjutnya dalam bidang  $Cu_1-O_4$ . Mamsurova, L.G. *et al.* (1990) melaporkan bahwa terdapat beberapa fasa yang berbeda dan stabil dalam sistem  $YBa_2Cu_3O_x$  pada lingkungan struktur ortorombik secara keseluruhan.

Fasa-fasa ini berbeda antara satu dengan yang lainnya dan ketergantungan terhadap suhu. Apabila suhu berubah maka sistem akan mengalami transisi dari fasa order kedua ke fasa order pertama.

## **APLIKASI SUPERKONDUKTOR**

Sistem mendeteksi kecacatan ini membuat para pakar sains fisika bahan meneliti lebih jauh di dalam bidang fisika terutama untuk bahan-bahan padat. Teknik ini membenarkan kerusakan-kerusakan yang tidak dapat dilihat di dalam bahan dapat diketahui. Teknik ini juga telah dicoba dalam disiplin sains yang lain termasuk biologi. Teknik pengujian ultrasonik telah membuka peluang baru kepada para penderita tumor otak dimana dengan pengujian ultrasonik, tumor di dalam otak dapat dikesan. Teknik ini juga mengurangi penggunaan sinar-X di dalam beberapa metode kedokteran yang ternyata penggunaan sinar-X amat berbahaya terhadap jaringan (*tissue*) tubuh di badan manusia dan juga kepada wanita hamil.

Berdasarkan kepada prinsip gema pulsa ini juga sistem sonar dicipta. Sistem sonar adalah teknik dimana penggunaan gelombang elektromagnet di dalam sistem radar digantikan dengan ultrasonik. Sistem sonar digunakan dalam menentukan posisi sebuah kapal selam ketika waktu perang. Tetapi kini digunakan pula untuk menentukan bentuk muka bumi di dasar lautan dan juga kelompok-kelompok ikan untuk tujuan nelayan. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke dasar lautan akan terpantul apabila ia tiba di dasar. Ketidakteraturan permukaan dasar lautan akan melahirkan variasi pantulan pulsa dan melalui gema yang terhasil, parit, jurang, dan juga gunung-gunung di dasar lautan dapat dipetakan. Waktu yang diambil oleh pulsa untuk kembali ke pada transduser pengobservasi dari transduser pemancar akan membolehkan kedalaman lautan di sesuatu kawasan itu dapat dianggarkan hingga ke angka yang paling tepat. Variasi gema pulsa juga digunakan oleh bot-bot nelayan untuk mendeteksi kumpulan ikan di bawah permukaan air. Kapal besar Titanic yang tenggelam beribu-ribu kaki di dasar Lautan Atlantik juga dikesan dengan metode ini.

Gelombang ultrasonik juga digunakan dalam proses pembersihan alat-alat sensitif seperti perkakas kaca dan alat-alat pembedahan di rumah sakit yang mana ia adalah bahan-bahan pemantul bunyi yang baik bukan seperti karet atau tekstil yang menyerap gelombang.

Plastik yang patah juga dapat dihubungkan kembali dengan menggunakan metode gelombang ultrasonik ini tanpa meninggalkan kesan-kesan

sambungan yang dapat dilihat, begitu juga dengan logam. Selain menyambung, ia juga dapat memotong tanpa mengurangi ukuran asal bahan dengan banyak dan potongan menjadi lebih tajam dan tepat. Memateri aluminium misalnya, juga boleh dilakukan dengan teknik pancaran ultrasonik karena aluminium tidak bisa dipateri menggunakan fluks asid atau alkali biasa. Teknik ini turut digunakan untuk komponen elektrik dan elektronik yang lain. Walaupun prinsip yang berbeda digunakan di dalam proses pembersihan menggunakan gelombang ultrasonik, namun ia jelas menunjukkan gelombang yang berfrekuensi tinggi ini mampu digunakan untuk membuat kerja-kerja yang sukar dilakukan dengan peralatan biasa.

Kegunaan bahan superkonduktor lainnya adalah sebagai penyimpan energi. Pada waktu beban puncak, suatu generator perlu beroperasi maksimum dan hal ini dapat menimbulkan beberapa masalah seperti bertambahnya biaya operasional. Oleh sebab itu suatu sistem penyimpan energi yang terdiri dari gulungan superkonduktor dapat digunakan untuk menyimpan energi dan dapat disalurkan pada saat beban puncak. Keadaan ini telah dibuat oleh beberapa negara maju dengan membina sistem penyimpan energi superkonduktor.

Bahan superkonduktor dapat digunakan sebagai sistem pengangkutan, kabel elektrik dan komponen elektronik. Suatu hal yang sangat menarik dari bahan superkonduktor ini adalah kemampuannya untuk terapung di atas medan magnet. Keadaan bahan superkonduktor mengapung di atas medan magnet disebut: Efek Meissner.



**Gambar 2.**  
**Kereta Api Cepat Menggunakan**  
**Sistem Magnet Terapung**

Di Jepang, superkonduktor telah digunakan untuk membina kereta api yang terapung setinggi  $\pm 10$  cm dari landasan yang dikenal sebagai *Maglev Train* (*Magnetic Levitation Train* = kereta api magnet terapung). Model pengujian kereta api magnet terapung melalui bahan superkonduktor ini adalah dengan Bergeraknya kereta api pada kecepatan 581 km/jam, ini berarti jauh lebih cepat daripada sistem penerbangan konvensional. Kegunaan superkonduktor lainnya adalah sebagai piranti elektronik,

antena gelombang mikro serta komponen elektronik lainnya yang kemungkinan besar lebih dahulu dikomersilkan. Hal ini disebabkan karena piranti superkonduktor dapat dibuat sebagai lapisan tipis dan mudah difabrikasi.

Hadirin yang dimuliakan,

Sehingga pertengahan tahun 1980, penggunaan bahan-bahan yang bersifat superkonduktor masih terbatas kepada peralatan tertentu seperti peralatan di bidang kedokteran, kemiliteran, dan alat-alat penelitian bidang sains. Hal ini disebabkan bahan superkonduktor memerlukan suhu yang rendah, yaitu di bawah suhu kamar agar bahan mempunyai sifat superkonduktor. Oleh sebab itu hanya di rumah sakit dan laboratorium sains saja yang dapat menyediakan kemudahan pendinginan seperti nitrogen cair atau helium yang dapat mengeksploitasikan bahan superkonduktor. Melihat aktivitas kehidupan sehari-hari semakin meningkat, maka penciptaan peralatan elektrik dengan menggunakan bahan superkonduktor semakin diperlukan untuk menghemat energi dan memberikan berbagai kemudahan yang lebih baik dan menguntungkan manusia. Disebabkan bahan superkonduktor dapat mengalirkan arus tanpa resistan elektrik maka hal ini membuat revolusi dalam bidang teknik elektro dengan menggantikan kuprum dan rangkaian fluks besi di dalam rotor generator, juga di dalam mesin-mesin superkonduktor satu-kutub, dan generator magneto. Penggunaan bahan superkonduktor ini menyebabkan penghematan energi karena bahan mempunyai resistan sama dengan nol maka masalah panas yang terjadi pada peralatan elektronik seperti pada cip-cip elektronik dan mikrokomputer dapat diatasi. Penciptaan sistem pengangkutan terapung seperti kereta api terapung dan kereta api elektrik juga dapat dilaksanakan.



**Gambar 3. Penciptaan Sistem Kereta Api Terapung di Korea**

Penciptaan ini berdasarkan sifat diamagnetik pada suhu titik lebur nitrogen cair bahan superkonduktor. Di dalam bidang kedokteran, bahan-bahan yang bersifat superkonduktor dipakai pada peralatan MRI (*Magnetic Resonance Imager*) untuk mendeteksi lebih baik sistem tubuh manusia. Penggunaan bahan superkonduktor dapat menyebabkan ukuran peralatan semakin kecil, seperti penggunaan komputer dimana kerangka utama dapat dikecilkan ke ukuran tas tangan. Pemakaian dan penggunaan bahan-bahan superkonduktor yang mempunyai resistansi elektrik sama dengan nol, kemungkinan akan menggantikan pemakaian dan penggunaan bahan-bahan konduktor elektrik biasa dan ia akan menjadi bahan yang paling penting di masa depan.

Teknik pengujian ultrasonik sebenarnya mempunyai peluang yang luas terutama dalam suasana perkembangan kemajuan industri di negara ini. Ia juga perlu diteliti lebih dalam lagi agar lebih banyak metode-metode dan kegunaan yang dapat ditemukan serta kerja-kerja menjadi lebih praktis dan hasil keluaran yang lebih baik.

Teknik mendeteksi kecacatan umpamanya adalah satu penemuan yang penting. Teknik ini dapat mengurangkan resiko dalam melaksanakan projek-projek besar. Sebagaimana digunakan untuk mendeteksi ikatan pateri pada sambungan pipa-pipa logam yang akan menyalurkan gas asli ke seluruh negara di dalam satu projek pembekalan gas ke rumah-rumah kediaman yang sedang dijalankan di negara ini. Dengan studi yang dilakukan secara berkesinambungan melalui teknik pengujian ultrasonik, penggunaannya akan bertambah luas dan akhirnya akan memudahkan manusia untuk meneruskan studi-studi yang lain.

Hadirin yang saya hormati,

Ultrasonik merupakan suatu studi yang menggunakan gelombang bunyi dengan frekuensi lebih daripada 20 kHz. Oleh sebab itu gelombang ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Walaupun tahap pendengaran seseorang relatif, tetapi pada lazimnya frekuensi ultrasonik bermula daripada 14-18 kHz sehingga 1000 MHz. Gelombang ultrasonik seperti gelombang bunyi lainnya juga mematuhi hukum-hukum seperti bias balik (*reverse bias*), difraksi, perambatan bunyi dan lain sebagainya. Energi ultrasonik dihasilkan melalui kristal atau transduser yang melibatkan efek piezoelektrik dan bertindak sebagai transduser yang mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Efek piezoelektrik adalah sifat bagi kristal

tertentu, jika dikenakan tekanan akan menghasilkan muatan-muatan elektrik positif dan negatif pada kedua permukaan. Efek interaksi antar kristal terjadi apabila diberikan beda potensial pada permukaan kristal maka kristal tersebut akan mengalami penciutan atau pengembangan mekanik yang akan menghasilkan tekanan dalam bentuk energi ultrasonik. Apabila beda potensial bolak-balik (*alternating voltage*) dikenakan, kristal piezoelektrik tersebut akan menciut dan mengembang mengikut beda potensial yang dikenakan dan proses ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik.

### **APA MASALAHNYA PADA BAHAN SUPERKONDUKTOR**

Masalah yang perlu diatasi ialah ketahanan bahan membawa arus terbatas. Ini tampak dari hasil penelitian yaitu apabila arus yang mengalir tinggi, maka bahan akan kehilangan sifat superkonduktornya. Arus yang melebihi satu tahap tertentu disebut arus kritis dan dapat menyebabkan keadaan superkonduktivitas yang tertib terganggu dan sifat superkonduktor terhapus. Masalah ini masih terus dalam penelitian hingga kini.

Superkonduktor adalah bahan yang menunjukkan dua sifat yang istimewa yaitu resistivitas elektrik nol dan diamagnetik sempurna di bawah suhu tertentu. Sebahagian besar logam akan menunjukkan sifat-sifat superkonduktor apabila disejukkan di bawah suhu transisi  $T_c$ .

Hadirin yang terhormat,

Walaupun terdapat beberapa masalah tentang bahan superkonduktor, tetapi pasaran dunia untuk memproduksi bahan superkonduktor diproyeksikan mendekati US\$ 5,0 juta pada tahun 2010 diramalkan akan meningkat menjadi US\$ 38,0 juta pada tahun 2020. Dari ramalan ini jelas bahwa superkonduktor akan menjadi bahan industri terpenting di dunia pada abad yang akan datang. Bahkan kemungkinan kegunaan bahan superkonduktor dapat meliputi peralatan yang belum dipikirkan saat ini. Kehebatan jenis peralatan yang akan diciptakan pada abad mendatang tergantung kepada kreativitas dan inovasi manusia itu sendiri.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Hadirin yang dimuliakan,

Sebelum mengakhiri pidato ilmiah ini, perkenankanlah saya, atas nama pribadi dan keluarga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memotivasi serta orang-orang yang telah berjasa dalam perjalanan hidup saya.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus terutama ditujukan kepada Yang Amat Terhormat Prof. Chairuddin P. Lubis, DTM&H, Sp.A(K), baik beliau sebagai Rektor Universitas Sumatera Utara maupun secara pribadi. Sebagai Rektor, beliau adalah orang yang sangat berjasa dalam pengembangan dan perjalanan karier saya di Universitas Sumatera Utara. Beliau telah menanamkan rasa percaya diri kepada saya dengan mengamanahkan tugas sebagai Kepala LIDA USU berlanjut sebagai Ketua Program Studi Magister Fisika hingga saat ini saya menjabat sebagai Dekan Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara.

Sebagai Abang, Prof Chairuddin P. Lubis DTM&H, Sp.A(K) tempat saya mengadu dan memotivasi rancangan ke depan. Beliau juga sebagai Abang yang arif bijaksana tempat saya bertanya dan memperoleh bimbingan dalam mengatasi berbagai masalah. Tanpa jasa-jasa beliau saya tidak akan pernah meraih gelar kehormatan ini. Segala jasa, perhatian dan budi baik yang Kakanda berikan tidak dapat saya membalasnya, hanya kepada Allah SWT semata saya memohon doa agar Kakanda dan keluarga selalu memperoleh kucuran nikmat kebahagiaan, kesehatan, hidayah, dan kemudahan khususnya dalam mengemban amanah memimpin Universitas Sumatera Utara yang tercinta.

Terima kasih saya sampaikan kepada para Pembantu Rektor, Sekretaris Eksekutif, Senat Akademik, Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara, Tim Kenaikan Pangkat dan Jabatan serta Staf Ahli Rektor Universitas Sumatera Utara atas dorongan, bantuan, dan perhatian yang sedemikian besar dalam proses pengusulan saya menjadi Guru Besar. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Kakanda Drg. Saidina Hamzah Dalimunthe, Sp. Perio yang telah mengirim, mengurus dan mengambil langsung berkas penetapan Guru Besar. Semoga pekerjaan yang tulus ini mendapat berkah, rahmat dan hidayah dari Allah SWT.

Kepada seluruh guru-guru dan para dosen yang telah mendidik, mengajar, membimbing dan memberi bekal ilmu pengetahuan sejak Sekolah Dasar, SMP, SMA hingga ke jenjang Perguruan Tinggi. Dengan tidak mengurangi rasa hormat saya kepada mereka yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu per satu, dengan penuh haru dan rasa tulus ikhlas saya ucapkan terima kasih.

Dari lubuk hati yang paling dalam, saya sampaikan terima kasih kepada seluruh sahabat dan teman sejawat di lingkungan Universitas Sumatera Utara, maupun di lingkungan masyarakat luas yang telah memberikan wawasan, inspirasi, serta dukungan moril yang sangat bermanfaat dalam menempuh kehidupan dan perjalanan karier saya. Maafkan saya jika tidak dapat menyebutkannya satu persatu walaupun hal itu diperkenankan. Sesungguhnya semua itu tidak cukup mewakili perasaan, hanya ucapan terima kasih yang terlafalkan kepada saudara-saudara semua.

Kepada Prof. Dr. Muhammad Yahya selaku Pembimbing Utama yang dengan penuh keikhlasan membimbing sejak Program Master hingga menyelesaikan studi pada Program Doktor di Universiti Kebangsaan Malaysia, terimalah penghargaan yang sebesar-besarnya dan ucapan terima kasih dari saya dan keluarga. Demikian juga untuk Prof. Dr. Datuk Mohammad Nuh Dalimin, M.Sc., DIC yang saat ini memangku jabatan sebagai Rektor Universiti Malaysia Sabah, Prof. Dr. Muhammad Mat Salleh dan Prof. Dr. Roslan Abd. Shukor M.Sc., tanpa kalian semua, saya tidak mempunyai arti apa-apa, oleh sebab itu izinkan saya menghaturkan jari sepuluh mengucapkan terima kasih atas segala budi baik, bimbingan dan bantuan yang diberikan selama studi di Malaysia.

Terima kasih juga saya haturkan kepada Prof. Dr. Sukiman Sarmani, yang saat ini memangku jabatan sebagai Timbalan Naib Canselor Universiti Kebangsaan Malaysia atas bantuan dan dorongan yang kuat serta bantuan finansial sehingga dapat menimba ilmu di negeri seberang. Kepada Prof. Dr. Liem Swi Cheng, Prof. Dr. Mohammad Yusoff Othman, Prof. Dr. Ibrahim Abu Thalib, terima kasih atas bantuannya berupa penyediaan artikel, jurnal, dan diskusi ilmiah semasa tugas belajar. Kepada teman-teman seperjuangan masa studi yang saat ini telah menjadi Pimpinan di Institusi masing-masing yaitu: Prof. Dr. Amar Tierno Diallo, M.Sc. (*Guenea-Afrika*), Prof. Dr. Azni Zein Ahmed, M.Sc. (*ITM-Malaysia*), Prof. Dr. Jamil Suradi, M.Sc. (*UPM-Serdang*), Prof. Dr. Ahmad Kamal, M.Sc. (*ITM-Malaysia*), walaupun saya yang terakhir tetapi akhirnya kita dapat berdiri sama tegak.

Penghargaan khusus diberikan untuk Kerajaan Malaysia atas segala bantuan keuangan yaitu sejak pertama kali menginjakkan kaki di bumi Malaysia mendapat bantuan sebagai *Research Assistance* yang kemudian dilanjutkan sebagai *Teaching Assistance* di Departemen Fisika – Fakultas Sains Fisis & Gunaan, Universiti Kebangsaan Malaysia, serta segala kemudahan yang diberikan selama proses belajar ini berlangsung.

Penghargaan yang setinggi-tingginya dipersembahkan kepada kedua orangtua, Almarhum Ayahanda H. Ramli Markam dan Ibunda Hj. Mariana Sumiati yang telah melahirkan, membesarkan, mendidik, dan mendoakan saya sehingga memperoleh gelar yang terhormat ini. Begitu juga kepada kedua mertua, Ayahanda H. Soelaiman dan Almarhumah Ibunda Hj. Siti Rahmah Lubis yang tiada henti-hentinya mendorong dan mendukung agar berhasil dalam menimba ilmu pengetahuan dan membina kehidupan yang penuh tantangan dan harapan. Untuk kalian dipanjatkan doa ke hadirat-Nya "*Rabbifirli wali waali dayya warhamhuma kama rabbayaani shaghiro*". Amin Ya Rabbal Alamin.

Kepada isteri tercinta, yang selama ini selalu siap sedia mendampingi di mana dan bagaimana, sulit rasanya menemukan kata-kata untuk menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan atas pengorbanan, perhatian, kesetiaan, dan doamu yang tulus dan ikhlas. Kepada anak-anakku tersayang dan terkasih, Ernanda Pratiwi, Ericko Dwicahyo, dan Eristantya Trisuci, yang dengan penuh kesabaran, ikhlas, dan tawakal serta selalu memberikan dukungan dalam meniti karier saya hingga ke jenjang Guru Besar seperti yang disaksikan hari ini. Terima kasih diucapkan atas segala pengorbanan yang kalian berikan dari awal hingga kini. Mudah-mudahan keadaan ini akan memberikan dorongan serta semangat bagi kalian untuk meraih cita-cita, semoga kalian menjadi anak-anak yang beriman, bertaqwa dan menjadi anak yang saleh. Insya Allah apa yang kalian berikan hari ini dan selanjutnya akan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin Ya Rabbal Alamin.

Kepada seluruh jajaran Panitia Pengukuhan ini dan kepada seluruh hadirin yang telah bersedia meluangkan waktu mengikuti acara ini dengan penuh perhatian dan kesabaran diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Juga terimalah permintaan maaf saya yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang pada kesempatan ini tidak dapat disebutkan satu per satu jika ada yang kurang berkenaan dalam penyambutan dan penerimaan pada acara ini.

Akhirul kalam dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT dan diiringi salawat serta salam keharibaan Nabi Besar Muhammad SAW, pidato pengukuhan ini akan diakhiri dengan penuh harapan dan doa agar jabatan dan pangkat yang diperoleh ini tidak menjadikan takabur, sebaliknya menambah khusuk dan tawaduk mendekatkan diri kepada Allah SWT dan selalu menjaga amanah. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wabillahi taufik wal hidayah,  
Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

---

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Abd-Shukor, R. 1992. Elastic Anomaly Of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  At The Superconducting Transition. *Jpn. J. Appl. Phys. Lett. Part: 2*, **31**(8A): L1034-L1036
- Abd-Shukor, R., Lee, S.S. and Yahya, M. 1995. Ultrasonic Velocity Studies on Superconducting and Non-superconducting  $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . *Physica C* **243**: 134-138
- Abrikosov, A.A. 1957. On the Magnetic Properties of Superconductor of the Second Type. *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **32**: 1442
- Agarwal, S.K., Ratan Lal, Awanna, V.P.S., Pandey, S.P. and Narlikar, A.V. 1994. Superconductivity of the Pr-doped  $(\text{Y,Eu})\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$  System. *Phys. Rev. B* **50**(14): 10265-10271
- Almond, D.P., Saunders, G. and Lambson, E. 1988. *Supercond. Sci. Technol.* **1**: 163-166
- Anton Puskav. 1982. The Use of High-Intensity Ultrasonics. Elsevier Sci Publ. Co.
- Bardeen, J. and Stephen, M. 1964. Free Energy Difference Between Normal And Superconducting States. *Phys. Rev.* **136A**: 1485
- Bardeen, J., Cooper, L.N. and Schrieffer, J.R. 1957. Theory of Superconductivity. *Physica Rev.* **108**(5): 1175-1204
- Battacharya, S. 1992. *Sound Velocity Studies of Ceramic High Temperature Superconductors*. Dlm. Levy. M. (pnyt). Ultrasonic of High- $T_c$  And Other Unconventional Superconductors: 309-327. London: Academic Press.
- Battacharya, S., Higgins, M.J., Johnson, D.C., Jacobson, A.J., Stokes, J.P., Goshorn, D.P. and Lewandowski, J.T. 1988. Elastic Anomaly And Phase Transition In High- $T_c$  Superconductor. *Phys. Rev. Lett.* **60**(12): 1181-1184
- Bednorz, G., Stronik, G. and White, M.A. 1990. A Study Of The Heat Capacity Of The Superconductor  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . *Physics C (Netherland)*, **165**(5-6): 385-390

- Bednorz, J.G. & Muller, K.A. 1986. Possible High- $T_c$  Superconductivity in The Ba-La-Cu-O System. *Z. Phys. B. Condens. Matter.* **64**: 189-193
- Bishop, D.J., Ramirez, A.P., Gammel, P.L., Batlogg, B., Rietman, E.A., Cava, R.J. and Millis, A.J. 1988. Bulk Modulus Anomalies At The Superconducting Transition of Singlephase  $YBa_2Cu_3O_7$ . *Phys. Rev. B.* **36**(4): 2408-2410
- Bommel. H.E. 1954. Ultrasonic Attenuation In Superconductivity Lead. *Phys. Rev.* **96**(1): 220
- Brion, S., Henry, J.Y., Calemczuk, R and Bonjour, E. 1990. Anelastic Effects in  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ : A Study of the Point Defect Relaxation Observed for  $0.6 < \delta < 1$ . *Europhys. Lett.* **12**(3): 281-286
- Brown, S.E., Migliori, A and Fisk, Z. 1988. Velocity and Attenuation of Stress Waves In  $GdBa_2Cu_3O_7$  Near The Superconducting Transition. *Solid State Commun.* **65**(6): 483-486
- Cankuntaran, M., Saunders, G.A., Almond, D.P., Al-Kheffaji, A., Freestone, J., Wang, Q. and Lambson, F.F. 1990. Elastic And Anelastic Effects In The Orthorombic And Tetragonal Forms  $GdBa_2Cu_3O_{7-x}$  As A Function of Pressure And Temperature. Dlm. Kossowsky, R., Methfessel, S. and Wowleben, D. (pnyt). *Physics And Materials Science of High Temperature Superconductors*: 627-639. Netherland: Kluwes Academic Publ.
- Cankuntaran, M., Sounders, G.A. and Goretta, K.C. 1994. Ultrasonic Study of The Temperature And Pressure Dependences of The Elastic Properties of Fully Oxygenated  $YBa_2Cu_3O_{6.94}$ . *Supercond. Sci. Technol.* **7**: 4 - 9
- Cannelli, G., Cantelli, R. and Cordero, F. 1988. New Anelastic Relaxation Effect In Y-Ba-Cu-O At Low Temperature: A Snoek-Type Peak Due To Oxygen Diffusion. *Phys. Rev. B* **38**(10): 7200-7203
- Cannelli, G., Cantelli, R., Cordero, F. and Trequattrini, F. 1992. Dynamics of Oxygen and Phase Transitions in the 123 Ceramics Superconductors by Anelastic Relaxation Measurements. *Supercond. Sci. Technol.* **5**: 247-257

- Cannelli, G., Cantelli, R., Cordero, Trequattrini, F. and Feretti, M. 1992. Mobility And Short Range Ordering of Oxygen In  $(R)Ba_2Cu_3O_{6-x}$  By Anelastic Relaxation And Possible Correlation With The 90K And 60K Superconducting Phases. *Solid State Commun.* **82**(6): 433-436
- Cheng, X., Sun, L., Wang, Y., Sheng, H. and Yu, Z. 1988. The Relationship Between The Phase -Transition-Like Anomalies Above  $T_c$  And Superconducting In  $YBa_2Cu_3O_x$ . *J. Phys. C: Solid State Phys.* **21**: 4603-4609
- Chu, C.W., Gao, L., Chen, I., Huang, Z.J., Meng, R.L. and Xue, Y.Y. 1993. Superconductivity Above 150 K in  $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8-\delta}$  at High Pressures. *Natures* **365**: 323
- Coey, J.M.D. & Donnelly, K. 1987. Superconducting  $EuBa_2Cu_3O_7$  A Mössbauer Study. *Z. Phys. B. Condensed Matter.* **67**: 513-516
- Cracknell. A.P. 1980. Ultrasonics. Wykeham Publ. Ltd.
- Cracknell & Weng. 1973. *The Fermi Surface*. Clarendon. Oxford.
- Cyrot, M and Pavuna, D. 1992. *Introduction To Superconductivity And High- $T_c$  Materials*, World Scientific, Singapore, 112
- Duran, C., Esquinazi, P., Fainstein, C. and Nunez Requirio, M. 1988. Anomalies In The Internal Friction And Sound Velocity In  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  And  $EuBa_2Cu_3O_{7-x}$  Superconductors. *Solid State Commun.* **65**(9): 957-961
- Ewert, S., Guo, S., Lemmens, P., Stellmoch, F. and Wynants, J. 1987. Ultrasonic Investigations on Superconducting  $YBa_2Cu_3O_{7-d}$  Samples of Different Microstructure. *Solid State Commun.* **64**(8): 1153-1156
- Gavaler, J.R. 1973. Superconductivity in Nb-Ge Films above 22 K. *Appl. Phys. Lett.* **23**(8): 480-482
- Ginzburg, V.L. and Landau, L.D. 1950. On The Theory Of Superconductivity. *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **20**: 1064
- Golding. B., N. Birge, O., Haemmerle, W.H., Cava. R. J. and Rietman, E. 1987. Tunneling Systems in Superconducting  $YBa_2Cu_3O_7$ . *Phys. Rev. B* **36**(10): 5606-5608

- Heinrich, K. 1991. *Ultrasonics Fundamental & Applications*. Elsevier Science Publ. England.
- Hikata, A., McKenna, M.J., Elbaum, C., Kershaw, R and Wold, A. 1989. Ultrasonic Studies of The Relation Between Two-level-tunneling Systems, Oxygen contents and Superconducting Transition Temperature in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ . *Phys. Rev.* **40**: 5247-5250
- Hiroaki, K., Okuda, N. and Nitta, S. 1991. Elastic Anomalies of High- $T_c$  Superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  between 77 K and 300 K. *Jpn. J. Appl. Phys.* **30**(6): 1204-1208
- Hoën, S., Bourne, L., Kim, C and Zettl, A. 1988. Elastic Responce of Polycrystalline and Single-crystal  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . *Phys. Rev. B* **38**: 11949-11951
- Horie, Y. & Masse, S. 1989. Discontinuity in Sound Velocity And High  $T_c$  Superconductivity in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . *Solid State Commun.* **69**(5): 535-538
- Horie, Y., Terashi, Y., Fukuda, H., Fukami, T. and Masse, S. 1987. Ultrasonic Studies of The High- $T_c$  Superconductor  $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_6\text{O}_{14}$ . *Solid State Commun.* **64**(4): 501-504
- Horn, J., Semmelhack, Borner, H., Lippold, B., Boehnke, U., Wurlitzer, M and Krotzsch. M. 1990. Thermogravimetric and Structural Investigations of  $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ . *Physica C.* **170**: 343-349
- Horn, P., Keane, D.T., Held, G.A., Jordan-Sweet, J.L., Kaiser, D.L., Holtzberg, F. and Rice, T.M. 1987. Orthorhombic Distortion at the Superconducting Transition in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ : Evidence for Anisotropic Pairing. *Phys. Rev. Lett.* **59**(24): 2772-2775
- Iwasaki, H., Dalichaouch, Y., Markert, J.T., Nieva, G., Seaman, C.L. and Maple, M.B. 1990. On Narrowing of the Resistive Superconducting Transition in Applied Magnetic Fields and Positive Curvature in  $\text{H}_{c2}(T)$  in The  $(\text{Gd}_{1-x}\text{Pr}_x)\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$  System. *Physica C* **169**: 146-151
- Izbizky, M.A., Nunez Requero, M., Esquinazi, P., Duran, C. and Fainstein, Y.P. 1988. Phonon Transport in Superconducting  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . *Commision Nacional De Energia Atomica Centro Atomico Bariloche (RN) Argentina. Phys. Lett. A,* **129**: 71

- Kamioka, H., Okuda, N. and Nitta, S. 1991. Elastic Anomalies of High  $T_c$  Superconductor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  Between 77K And 300K. *Jpn. J. Appl. Phys.* **30**(6): 1204-1208
- Kim, T.J., Kowalewski, J., Assmus, W and Grill, W. 1990. Propagation of Ultrasonic Waves and Anomalies Near  $T_c$  in Single Crystalline  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  High- $T_c$  Superconductors. *Z. Phys. B. Condensed Matter.* **78**: 207-212
- Kittel, C. 1971. *Introduction to Solid State Physics*. Fourth Edition, J. Wiley & Sons. New York.
- Konstantinovic, J., Parette, G., Djordjeni, Z. and Manelle, A. 1989. Structural Transformations of the  $YBa_2Cu_3O_{6.84}$  Crystal Lattice in the Temperature Interval 9 K to 300 K. *Solid State Commun.* **70**(2): 163-166
- Krautkramer, J. and Krautkramer, H. 1990. *Ultrasonics Testing of Materials*. Springer-Verlag.
- Kresin, V. and Morawitz, H. 1990. *Solid State Commun.* **11**: 1203
- Kresin, V. and Wolf, S.A. 1987. Effect of Dimensionality on the Parameters of High- $T_c$  Superconductors. *Solid. State. Commun.* **63**(12): 1141-1143
- Kubo, Y., Nakabayashi, Y., Tabuchi, J., Yashitake, T., Ochi, A., Utsumi, K., Igarashi, H and Yonezawa, M. 1988. Determination of The Orthorhombic-Tetragonal  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  Phase Boundary In The  $\square$ -T Diagram. *Jpn. J. Appl. Phys.* **26**(11): L1888-L1891
- Kuttruff, H. 1991. *Ultrasonics: Fundamental and Application*. Elsevier App. Sci.
- Ledbetter et al. 1992. Correlation Between  $T_c$  And Elastic Constant of  $(La,M)_2CuO_4$ . *Z. Phys. B* **89**: 275
- Ledbetter, H.M. and Kim, S.A. 1988. Hysteretic Phase Transition In  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  Superconductors. *Phys. Rev. B.* **38**: 11857-11860

- Ledbetter, H.M., Kim, S.A., Goldfarb, R.B. and Togano, K. 1989. Elastic Constants of the Polycrystalline Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconductor. *Phys. Rev. B* **39**(13): 9689-9692
- Lemmens, P., Froning, P., Ewert, S., Pankert, J., Passing, H. and Comberg, A. 1990. Ultrasonic Attenuation in High  $T_c$  Superconductors: A New Approach to the Problem of Flux Pinning. *Physica B* **165-166**: 1275-1276
- Lemmens, P., Honnekes, C., Brakmann, M., Ewert, S., Comberg, A. and Passing, H. 1989. Anomalous Poisson Ratio and Bulk Modulus in High- $T_c$  Superconductors. *Physica C* **162-164**: 452-453
- Levy, M. 1992. Ultrasonic Attenuation in Conventional Superconductors. *Phys. Acoustic* **20**: 1-21
- Levy, M., Xu, M.F. and Sarma, B.K. 1992. *Ultrasonic Propagation in Sintered High- $T_c$  Superconductors*. Dlm. Levy, M (pnyt). Ultrasonic of High- $T_c$  and Others Unconventional Superconductors: 237-298. London: Academic Press, Inc.
- MacKinnon, L. 1955. Relative Absorption of 10 Mc/sec Longitudinal Sound in A Superconducting Polycrystalline Ion Rod. *Phys. Rev.* **100**(2): 655
- Maeda, H., Tanaka, Y., Fukutomi, M. and Asano, T., 1988. A New High- $T_c$  Oxide Superconductor Without a Rare-Earth Element. *Jpn. J. Appl. Phys.* **27**: L209-L210
- Mamsurova, L.G., Pigalskiy, K.S., Sakun, V.P., Shushin, A.I. and Scherbakova, L.G. 1990. First And Second Order Phase Transitions and Oxygen Rearrangement Over The  $Cu1-O4$  Chains In Orthorombic  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  At Low Temperatures. *Physica C* **167**: 11-19
- Mamsurova, L.G., Pigalskiy, K.S., Trusevich, N.G., Scherbakova, L.G., Graboy, I.E. and Kaul, A.R. 1989. Physics, Chemistry and Technology of The High- $T_c$  Superconductive Materials. *Proc. 1st All-Union Conf. Moscow*, 13-15 Sept. 1988: 252
- Maple, M.B., Dalichauch, Y., Ferriera, J.M., Hake, R.R., Lee, B.W., Neumeir, J.J., Torikschvilli, M.S., Yang, K.N. and Zhou, H. 1987.  $RBa_2Cu_3O_{7-d}$  (R=Rare-Earth) High- $T_c$  Magnetic Superconductors. *Physica* **148B**: 155-162

- Matsuda, A., Kinoshita, K., Ishii, T., Shibata, H., Watanabe, T and Yamada, T. 1988. Electronic Properties of  $\text{Ba}_2\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ . *Phys. Rev. B* **38**(4): 2910-2913
- Meissner, W and Ochsenfeld. 1933. Ein Neuer Effekt Bei Eintritt Der Supraleitfähigkeit. *Naturweiss.* **21**: 787
- Millis, A.J. and Rabe, K.M. 1988. Superconductivity and Lattice Distortions in High-Tc Superconductors. *Phys. Rev. B* **38**(13): 8909-8919
- Morse, R.W. and Bohm, H.V. 1957. Superconducting Energy Gap From Ultrasonic Attenuation Measurement. *Phys. Rev.* **108**: 1094-1095
- Murek, U., Kenlerz, K. and Rohler, J. 1988. Anomalies in the Cu-O Structure of  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  at 110 K and 250 K. *Physica C.* **153-155**: 270-271
- Muroi, M. and Street, R. 1994. On The Rare-Earth Ionic Size Effect In The  $\text{R}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ . System (R= rare-earth element). *Physica C.* **228**: 216-226
- Neumeier, J.J. and Maple, M.B. 1992. Superconducting Critical Temperature and Electrical Resistivity of the System  $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.95}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ). *Physica C.* **191**: 158-166
- Nieva, G., Ghamaty, S., Lee, B.W., Maple, M.B. and Schuller, I.K. 1991. Superconductivity and Magnetism in  $\text{Eu}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ . *Phys. Rev. B* **44**(13): 6999-7007
- Onnes, H.K. 1911. The Disappearance of the Resistivity of Mercury. *Commn. Leiden*: 122b
- Pal-Val, L.N., Pal-Val, P.P., Natsik, V.D. and Dotsenko, V.I. 1992. Comparative Study of the Low-Temperature Acoustic Properties of CuO And  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  Ceramics. *Solid State Commun.* **81**(9): 761-765
- Paul, M.S. & Thulence, J.L. 1989. Ultrasound Study on  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  And  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  Single Crystals. *Solid State Commun.* **69**(12): 1161-1163
- Poole, C.P. Jr., Datta, T. and Farach, H.A. 1988. *Copper Oxide Superconductors*. John Wiley, New York.

- Reddy, P.V. and Shekhar, S. 1993. Ultrasonic Velocity and Attenuation Studies of RE-Ba-Cu-O Superconductors. *Physica C* **216**: 116-123
- Rosenberg, L.D. 1973. Physical Principles of Ultrasonic Technology, Vol. 2. Plenum Press Publ. Co.
- Sain-Paul, M and Tholence, J.L. 1989. Ultrasound Study on  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  and  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  Single Crystals. *Solid State Commun.* **69**(12): 1161-1163
- Sarma, B.K., Levy, M., Adenwalla, S. and Ketterson, J.B. 1992. Sound Propagation in Heavy Fermion Superconductor. *Phys. Acoustic.* **20**: 114-118
- Schrieffer, E., Anderson, O.L and Soga, N. 1973. *Elastic Constants and Their Measurement*. New York. McGraw Hill.
- Sheng, Z.Z and Herman, A.M. 1988a. Superconductivity in the Rare-earth Free Tl-Ba-Ca-Cu-O System Above Liquid Nitrogen Temperature. *Nature.* **322**: 55
- Sheng, Z.Z., Herman, A.M., El-Ali, A., Almasom, C., Estrada, J., Datta, T. and Matson, R.J., 1988b. Superconductivity At 90 K In The Tl-Ba-Cu-O System. *Phys. Rev. Lett.* **60**: 937-940
- Shi, X.D. & Yu, R.C. 1989. Sound Velocity And Attenuation In Single Crystal  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ . *Phys. Rev. B.* **39**(1): 827-830
- Sun, K.J., Winfree, W.P., Xu, M.F., Sarma, B.K. and Levy, M. 1988. Frequency-dependent Ultrasonic Attenuation of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . *Phys. Rev. B* **38**(16): 11988-11991
- Szilard, J. 1982. *Ultrasonic Testing Non-conventional Testing Technique*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Tallon, J., Schuitema, A. and Tapp, N. 1988. Soft Mode Behavior In Orthorhombic To Tetragonal Transition In The High- $T_c$  Superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . *Appl. Phys. Lett.* **57**(6): 507
- Tarascon, J.M., Greene, L.H., Bagley, B.G., McKinnon, W.R., Barboix, P. and Hull, G.W. 1987. Chemical Doping And Physical Properties of The New High Temperature Superconducting Perovskites. *Novel Superconductivity, Plenum Press*: 705-724

- Terashima, T., Shimura, K and Bando, Y. 1991. Superconducting of One-Unit Cell Thick  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Thin Film. *Phys. Rev. Lett.* **67**(10): 1362-1365
- Torrance, J., Tokura, Y., Nazzari, A.I., Bezinge, A., Huang, T and Parkin. S.S.P. 1988. Anomalous Disappearance of High-Tc Superconductivity at High Hole Concentration in Metallic  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ . *Phys. Rev. Lett.* **61**(9): 1127-1130
- Truell, R., Elbaum, C. and Chick, B.B. 1969. *Ultrasonic Methods In Solid State Physics*. Academic Press, New York and London. 55
- Ueda, Y., Mitushima, A., Toda, N., Kojima, N., Ioshikawa, M and Kasuge, K. 1989. *Mat. Res. Bull.* **23**: 4453
- Wang, Y., Huimin, S., Zhu, J., Xu, Z., Gu, M., Niu, Z. and Zhang, S. 1987. Study on the Anomalies of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-x}$  Between 90-260 K by Elasticity Measurements and X-ray Diffraction. *J. Phys. C* **20**(26): L665-L668
- Wang, Y., Sun, L., Wu, J. and Gu, M. 1990. Thermal Hysteresis of Elastic Modulus In Granular Y-Ba-Cu-O and Bi-Sr-Ca-Cu-O. *Solid State Commun.* **75**(6): 495-498
- Wu, M.K., Asburn, J.R., Trong, C.J., Hor, P.H., Meng, R.L., Gao, L., Huang, Z.J., Wang, Y.Q. and Chu, C.W., 1987. Superconductivity At 93K In A New Mixed-Phase Y-Ba-Cu-O Compound System At Ambient Pressure. *Phys. Rev. Lett.* **58**: 908-910
- Xu, M.F., Baum, H.P., Schenstrom, A., Sharma, B.K. and Levy, M. 1988. Ultrasonic Attenuation Measurement In Single-phased  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . *Phys. Rev. B.* **37**(7): 3675-3677
- Xu, M.F., Qian, Y.J., Sun, K.J., Zheng, Y, Ran, Q., Hinks, D., Sharma, B.K. and Levy, M. 1990. *Physica B* 165-166: 1281-1282
- Xu, Y. and Guan, W. 1991. Evidence for Pair-breaking in  $(\text{R}_{1-x}\text{Pr}_x)\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$  (R= Er, Y, Dy, Gd, Eu) Systems. *Appl. Phys. Lett.* **59**(17): 2183-2185

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

### **A. IDENTITAS**

Nama Lengkap : Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc.  
NIP/No. Karpeg : 131 569 405/E 060107  
Tempat dan Tgl. Lahir : Medan, 17 Maret 1955  
Agama : Islam  
Nama Bapak : LetKol (Purn.) H. Ramli Markam (Alm.)  
Nama Ibu : Hj. Mariana Sumiati  
Nama Isteri : Rita Hanum Soelaiman  
Nama Anak : 1. Ernanda Pratiwi  
2. Ericko Dwicahyo  
3. Eristantya Trisuci  
Alamat Rumah : Jl. Bono No. 75, Glugur Darat-I,  
Medan – 20238  
Telepon Rumah : +62 61 66 10 773  
Telepon Seluler : +62 81 26 58 2498

### **B. RIWAYAT PENDIDIKAN**

1966 Lulus SD Swasta Perguruan Widya Segara Medan  
1969 Lulus SMP Swasta Perguruan Widya Segara Medan  
1972 Lulus SMA Negeri 3 Medan  
1980 Lulus Sarjana Muda (B.Sc.), Fisika Material FIPIA  
Universitas Sumatera Utara (USU) Medan  
1983 Lulus Sarjana (Drs.), Fisika Material FMIPA  
Universitas Sumatera Utara (USU) Medan  
1992 Lulus Magister (M.Sc.), Fisika Material  
Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Malaysia  
1997 Lulus Doktoral (Ph.D.), Fisika Material  
Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Malaysia

### **C. RIWAYAT PANGKAT DAN JABATAN FUNGSIONAL**

0I-01-1988 Penata Muda/IIIa/Asisten Ahli Madya  
SK Mendikbud RI No. 1063/PT05.H2/AK/C 87  
01-10-1993 Penata Muda Tk-I/IIIb/Asisten Ahli  
SK Mendikbud RI No. 319/PT05.H2/SK/C 94  
01-10-1996 Penata/IIIc/Lektor Muda  
SK Mendikbud RI No. 1791/J05.2/SK/KP/96

---

01-04-2000	Penata Tk-I/IIId/Lektor SK Mendikbud RI No. 1053/J05.2/SK/KP/2000
01-01-2001	Penata Tk-I/IIId/Lektor Kepala SK Mendiknas RI No. 44543/A2.III.1/KP/2001
01-12-2004	Pembina/IVa/Lektor Kepala SK Mendiknas RI No. 39578/A2.7/KP/2004
01-02-2008	Pembina Utama/IVa/Guru Besar SK Mendiknas RI No. 8884/A4.5/KP/2008

#### D. RIWAYAT PEKERJAAN

2005 – 2010	<b>Dekan</b> , FMIPA USU SK Rektor USU No. 757/J05/SK/KP/2005
2007 – 2010	<b>Ketua</b> , Program Magister Fisika SPs – USU SK Rektor USU No. 753/J05/SK/KP/2007
2002 – 2007	<b>Ketua</b> , Program Magister Fisika SPs – USU SK Rektor USU No. 620/J05/SK/KP/2002
2001 – 2005	<b>Pembantu Rektor-1</b> , UTND Medan SK Rektor UTND No. 017/SK/II/2001
2001 – 2005	<b>Kepala</b> , PP & LIDA – USU SK Rektor USU No. 861/J05/Sk/KP/2001
2001 – 2004	<b>Anggota</b> , Senat FMIPA-USU Medan SK Rektor USU No. 23/J05/SK/KP/2001
2000 – sekarang	<b>Staf Ahli</b> , LPPM USU Medan SK Rektor USU No. 1086/J05/SK/KP/2000
2000 – sekarang	<b>Staf Ahli</b> , Lab. Kristalografi, FMIPA-USU SK No. 234/J05.5/SK/KP/2000
1999 – sekarang	<b>Sekretaris</b> , Lab. Penelitian FMIPA USU SK Rektor USU No. 869/J05/SK/KP/99
1999 – 2001	<b>Staf Ahli</b> , PuDek-III, FMIPA USU Medan SK No. 147/J05.5/SK/KP/1999
1999 – sekarang	<b>Pemimpin Redaksi</b> , ViSiON Jurnal Sci. Ter.
1998 – 2001	<b>Pembantu Rektor-3</b> , UTND – Medan SK Rektor UTND No. 011/SK/III/1998
1992 – 1997	<b>Teaching Assistance</b> , Physics Dept. University Kebangsaan Malaysia
1989 – 1992	<b>Research Assistance</b> , Physics Dept, University Kebangsaan Malaysia
1988 – sekarang	<b>Staf Pengajar</b> , FMIPA-USU Medan SK Rektor USU No. 1063/PT05.H2/SK/C 87
1986 - 1988	<b>Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS)</b> SK Mendikbud R.I. No. 356/PT05/SK/C 86

## **E. KEANGGOTAAN ORGANISASI PROFESI/SOSIAL**

- HFI, Himpunan Fisikawan Indonesia
- MSSSTS, Malaysian Solid State Science & Technology Society
- ADI, Asosiasi Dosen Indonesia Wil. Sumatera Utara
- KAHMI, Korps Alumni Himpunan Mahasiswa Islam
- IKA-UKM, Ikatan Alumni Universiti Kebangsaan Malaysia
- IPAMSU, Ikatan Pelajar Alumni Malaysia Sumatera Utara

## **F. KURSUS PROFESIONAL/PELATIHAN**

- Lokakarya Pengembangan Budaya Kewirausahaan Melalui Integratif Bahan Ajar (IBA), FMIPA USU Medan, 24-26 Januari 2000.
- Lokakarya Nasional Persiapan Penyusunan Usulan Program Pengembangan Budaya Kewirausahaan Bagi Dosen USU, LPPM USU Medan, 01 Maret 2000.
- Lokakarya "Applied Approach (AA)", UPP Univ. Sumatera Utara, Medan, 9 - 28 November 1998.
- Lokakarya "Manajemen Mutu Terpadu (TQM)", UPP Univ. Sumatera Utara, Medan, 31 Agustus 1998 - 10 September 1998.
- Lokakarya "Penasehat Akademis", UPP Univ. Sumatera Utara, Medan, 23 Feb. 1998.
- Penataran "Program Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI), UPP Univ. Sumatera Utara, Medan, 24 Nov - 01 Des. 1997.
- Regional Workshop on XRD/XRF/SEM, Univ. Kebangsaan Malaysia, April 1995.
- National Workshop on Superconductor Technology, Univ. Pertanian Malaysia, Februari 1994.
- National Workshop on Semiconductor Technology, Univ. Malaya, Oktober 1989.
- Lokakarya Aplikasi Statistika/Metode Kuantitatif dalam Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara, Medan, 20 - 23 Maret 1989.
- Penataran Tenaga Peneliti Bidang Sains, Teknologi dan Ilmu-ilmu Sosial. Universitas Sumatera Utara, Medan, 27 April - 09 Mei 1987.
- Pendidikan dan Latihan Teknologi Vakum dan Aplikasinya. Lembaga Fisika Nasional - LIPI, Bandung, 10 - 15 Januari 1983.

## G. KERTAS KERJA

- **E. Marlianto** and M.N. Dalimin. *Indentation Hardness Testing For Materials Evaluations*. Seminar Sehari UI-UKM, Jakarta, 24 Januari 1990
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M. Salleh and M.N. Dalimin. *Thin Films For Electronic Devices and Energy Conversion*. IRPA Workshop, Penang, 17 December 1991
- MN. Dalimin, M. Yahaya, MM Salleh and **E. Marlianto**. *Investigation of Dibutyltin oxide Thin Films*. Seminar of Thin Films & Its Applications. Univ. Malaya, Kuala Lumpur, 14 April 1992
- M.Yahaya, M.M. Salleh, M.N Dalimin and **E. Marlianto**. *Thin Films SnO<sub>2</sub>:Sb as A Fuction of Substrate Temperature*. Seminar of Solid State Science & Technology, Univ. Technology Malaysia, Skudai Johor, 06 Juli 1992
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M. Salleh and M.N Dalimin. *Conducting of Thin Films as Gas Sensor*. International Conference of Solid State Science & Technology, P. Pinang, Malaysia, August 1992
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M.Salleh and M.N. Dalimin. *Correlation Substrate Temperature and Nozzle to Substrate With Optical and Electrical Properties Stannic Oxide Thin Films*. Simposium Fisika Nasional ke-XI di USU Medan, January 1993
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M. Salleh and R. Abd-Shukor. *Preparation of High-T<sub>c</sub> Superconductor on EBCO Compounds*. Koloqium FSFG-UKM, 14-16 November, Bangi 1994
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M Salleh and R. Abd-Shukor. *High-T<sub>c</sub> Superconductor on EBCO Compounds: Orthorombic and Tetragonal Phase*. Koloqium FSFG - UKM, 14-16 November, Bangi 1994
- **E. Marlianto**, M.Yahaya, M.M. Salleh and R.Abd-Shukor. *Measurement of Ultrasonic Attenuation and Shearwave Velocity on Europium-based High-T<sub>c</sub> Superconductor by PEO System*. Seminar Karya Ilmiah-I Mahasiswa Indonesia Se-Malaysia, KBRI Kuala Lumpur, 08 April 1995

## H. PUBLIKASI

- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M Salleh and M.N Dalimin. 1992. *Applications of SnO<sub>2</sub>:Sb Thin Films as Gas Sensors*. Journal of Physical Science, Vol: 3, p. 37-44

- **E. Marlianto** dan Nasir Saleh. 1993. *Pengaruh Suhu dan Jarak Semprotan Terhadap Sifat Optik dan Listrik Lapisan Tipis SnO<sub>2</sub>*. Komunikasi Penelitian USU Medan, Vol: 5(1), p. 437-446
- **E. Marlianto**. 1993. *Sifat Optik dan Listrik Filem Tipis SnO<sub>2</sub> Yang Didop Dengan Antimoni*. Komunikasi Penelitian USU Medan, Vol: 5(2), p.184-190
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M. Salleh and R-Abd. Shukor. 1997. *Ultrasonic Studies on Superconducting and Non-Superconducting EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>*. Bulletin of the American Physical Society, Vol: 42(1): p. 806
- **Eddy Marlianto**. 1997. *Sifat Superkonduktivitas Senyawa YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>* ViSiON, J. Sci. Ter, Vol: 2(1): p. 93-101
- **E. Marlianto**, M. Yahaya, M.M Salleh and R-Abd. Shukor. 1998. *Oxygen Related Ultrasonic Attenuation and Elastic Anomalies in EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> (x=0.02 and 0.45)*. Journal of Alloys and Compounds, Vol: 274: p. 55-58
- **Eddy Marlianto**. 1998. *Conducting Sb-doped SnO<sub>2</sub> Gas Sensor*. ViSiON, J. Sci. Ter, Vol: 3(1): p. 211-222
- **Eddy Marlianto**. 1998. *Efek Annealing Superkonduktor EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>* ViSiON, J. Sci. Ter. Vol: 3(2): p. 232-257
- R-Abd. Shukor, A.K. Yahaya, L.K Tan, B.B Lee and **E. Marlianto**. 1998. *Elastic Moduli and Ultrasonic Attenuation in Tl-Based and Related High-Tc Superconductor*. Jurnal Fizik Malaysia, Vol: 19(3): p. 123-127
- **Eddy Marlianto** dan Nasir Saleh. 1998. *Karakteristik Lapisan Tipis Superkonduktor YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>* ViSiON, J.Sci. Ter. Vol: 3(2): p. 267-271
- **Eddy Marlianto**. 2001. *Substitusi unsur Pr Pada Superkonduktor ErBa<sub>2</sub>(Cu<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>)<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> (0 ≤ x ≤ 0,1)*. ViSiON. J.Sci. Ter. Vol: 5(1): p. 21-27.
- **E. Marlianto**. 2002. *Efek Aneling Senyawa EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> Superkonduktor Suhu Tinggi*. J. Si. Kimia. Vol: 6(1), p. 1-6
- **E. Marlianto**. 2002. *Fasa Ortorombik dan Tetragonal Persenyawaan EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>*. J. Si. Kimia. Vol: 6(1), p. 26-30
- **E. Marlianto**. 2002. *Struktur Kristal dan Resistivitas Bahan Superkonduktor EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>* J. Si. Kimia. Vol: 6(2), p. 59-64
- **E. Marlianto**. 2003. *The Absorption And Desorption On Thin Films Gas Sensors*. J. Si. Kimia. Vol: 7(1), p. 10-15
- **E. Marlianto**. 2003. *Peningkatan Rapat Arus Kritis Superkonduktor Y-123*. J. Si. Kimia. Vol: 7(2), p. 31-35

- **E. Marlianto.** 2007. *Penyediaan Film Tipis Superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  dengan Metode Laser Ablation.* J. Buletin Utama Teknik FT UISU., Vol: 11 (2), p. 86-90
- **E. Marlianto.** 2007. *Sifat Superkonduktivitas dan Perubahan Fasa Senyawa  $EuBa_2Cu_3O_{7-x}$ .* J. Sistem Teknik Industri USU. Vol: 8(1), p. 79-82
- **E. Marlianto.** 2007. *Effect of The Preparation Process on the Superconducting Properties of the  $EuBa_2Cu_3O_{7-x}$  Compounds.* J. Sains dan Teknologi, FMIPA UNILA Lampung. Vol: 13(1), p. 16-20
- **E. Marlianto.** 2007. *Pengaruh Oksigen terhadap Anomali Elastis dan Atenuasi Ultrasonik pada Bahan  $EuBa_2Cu_3O_{7-d}$  ( $d \sim 0.02$  dan  $0.45$ ).* J. Sains Materi Indonesia Puspitek Serpong. *To be published.*

## I. BUKU

- Fisika Dasar Pra-Universitas Bahagian-I, ***Physics Matriculation for Malaysian Student, 2006, Penerbit: Identiti Tuah Sdn Bhd M'sya, ISBN: 983-3769-00-4***
- Fisika Dasar Pra-Universitas Bahagian-II, ***Physics Matriculation for Malaysian Student, 2006, Penerbit: Identiti Tuah Sdn Bhd M'sya, ISBN: 983-3769-01-2***
- Additional Edition, ***Physics Matriculation for Malaysian Student, 2006, Penerbit: Identiti Tuah Sdn Bhd M'sya, ISBN: 983-3769-02-0***
- Problem Set of Physics, ***Physics Matriculation for Malaysian Student, 2006, Penerbit: Identiti Tuah Sdn Bhd M'sya, ISBN: 983-3769-03-9***
- Problems Set of Mathematics, ***Physics Matriculation for Malaysian Student, 2006, Penerbit: Identiti Tuah Sdn Bhd M'sya, ISBN: 983-3769-04-7***
- **Statistika, 2008, Penerbit: USU Press, ISBN: 979 458 343 X**

## J. KARYA ILMIAH/PEMBIMBING UTAMA TESIS MAGISTER

- **Eddy Marlianto,** Muljadi, 2005. *Pengaruh Ukuran Partikel Sintering terhadap Sifat Fisis dari Keramik Yittria Stabilized Zirconia (YSZ) sebagai Kumpulan Elektrik Padat.* Tesis S2 Chandra Nur
- **Eddy Marlianto,** Muljadi, 2005. *Pengaruh Keramik Porselin Aluminium sebagai Bahan Isolasi Listrik dan Karakterisasinya.* Tesis S2 Maryati

- **Eddy Marlianto**, Muljadi, Ridwan Abdullah, 2006. *Pengaruh Aditif SiO<sub>2</sub> dan Suhu Sintering terhadap Karakterisasi dari Keramik Magnet BaO<sub>6</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. Tesis S2 Jafri Haryadi
- **Eddy Marlianto**, Muljadi, Ridwan Abdullah, 2006. *Pengaruh Aditif Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Sifat Fisis dan Listrik dari Keramik Varistor ZnO*. Tesis S2 M. Gade
- **Eddy Marlianto**, Pardamean Sebayang, 2006. *Pembuatan Keramik Berpori Cordierit 2MgO.2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5SiO<sub>2</sub> sebagai Komponen Filter Gas*. Tesis S2 Sudiati



Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc. lahir di Medan, 17 Maret 1955. Menjalani pendidikan dasar dan menengah pertama di Perguruan Widya Segara Medan dan menengah atas di Sekolah Menengah Atas Negeri-3 Medan.

Pada tahun 1980 memperoleh gelar Sarjana Muda (B.Sc.) Bidang Fisika dan menyelesaikan pendidikan Sarjana (Drs.) Bidang Fisika pada tahun 1983 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara (FMIPA-USU).

Master of Science (M.Sc.) diraih pada tahun 1992 di Physics Department Universiti Kebangsaan Malaysia kemudian dilanjutkan ke Program Doktor Falsafah pada almamater yang sama berhasil diraih pada tahun 1997.

Mengabdikan sebagai dosen di FMIPA-USU sejak tahun 1986. Pernah menjabat sebagai Pembantu Rektor-3 (1998-2001) kemudian lanjut sebagai Pembantu Rektor-1 (2001-2005) di Universitas Tjut Nyak Dhien-Medan. Saat ini menjabat sebagai Dekan FMIPA-USU dan Ketua Program Studi Magister (S2) Ilmu Fisika Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.

Disela-sela kesibukannya, beliau aktif dalam menulis karya ilmiah dan melaksanakan penelitian tentang Fisika Superkonduktor dan bidang material lainnya. Sejak di bangku kuliah beliau aktif berorganisasi mulai dari organisasi intra universitas yaitu di Senat Mahasiswa (SEMA) dan Badan Perwakilan Mahasiswa (BPM), juga organisasi ekstra universitas yaitu Himpunan Mahasiswa Islam (HMI). Saat ini beliau juga aktif sebagai Dewan Pengurus di Korps Alumni HMI (KAHMI), Ikatan Alumni Malaysia (IAM) juga sebagai Pemimpin Redaksi pada ViSiON Jurnal Sains Terapan.