

# ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 08, Nomor 1

Pebruari 2014

**PERANCANAAN PERSEDIAAN BARANG DAGANGAN  
MENGUNAKAN MODEL PERSEDIAAN *MULTI ITEM*  
PADA UD. NURLIA**

*Daniel B. Paillin*

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI  
UNTUK PENINGKATAN MUTU PRODUK OLAHAN IKAN**

*Novita Irma Diana Magrib*

**KAJI EKSPERIMEN PENYIMPANGAN SUDUT PENGAPIAN  
TERHADAP KINERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH  
TOYOTA KIJANG 4K**

*Kristofol Waas*

**ANALISA PEMBEBANAN STATIK TERHADAP KEKUATAN  
*VELG RACING* SEPEDA MOTOR YAMAHA MATIC  
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS**

*Nasir Suruali*

*Kristeferd N. Wuritimur*

**ANALISIS KANDUNGAN UNSUR HARA Ca, Mg, P, dan S  
PADA KOMPOS LIMBAH IKAN**

*H. Tehubijuluw,*

*I Wayan Sutapa*

*P. Patty*

**PERANCANGAN INSTALASI KONTROL GERAK  
SELINDER ELEKTROPNEUMATIK BERDASARKAN  
PRINSIP KERJA METODE CASCADE**

*Azmain Noor Hatuwe*

**ANALISIS VARIASIONAL DALAM MEMODELKAN RELASI  
DISPERSI PEMANDU GELOMBANG PLANAR STEP INDEKS  
MENGUNAKAN MEDAN LISTRIK COBAAN HIPERGEOMETRI**

*Richard R. Lokollo*

**VARIASI UKURAN BAHAN SUPERKONDUKTOR TERHADAP  
ENERGI BEBAS GIBBS**

*Grace Loupatty*

**DISAIN STATION PENERIMA SIGNAL AIS (Automatic Identification  
System) MENGGUNAKAN *RADIO GENERAL COVERANGE* DALAM  
RANGKA MONITORING DAN PENGENDALIAN KAPAL DI PERAIRAN  
MALUKU**

*Jacob D. C. Sihasale*

J  
U  
R  
N  
A  
L  
  
T  
E  
K  
N  
I  
K  
  
I  
N  
D  
U  
S  
T  
R  
I

## VARIASI UKURAN BAHAN SUPERKONDUKTOR TERHADAP ENERGI BEBAS GIBBS

Grace Loupatty  
Jurusan Fisika FMIPA Unpatti - Ambon

### ABSTRAK

Metode Euler digunakan dalam pendekatan beda hingga sebagai derivatif waktu pada persamaan Ginzburg-Landau gayut waktu. Konfigurasi vortex disimulasikan pada superkonduktor tipe II yang berukuran  $4\xi \times 8\xi$ ,  $8\xi \times 16\xi$ ,  $16\xi \times 32\xi$  dengan parameter Ginzburg-Landau  $\kappa = 2$  dan variasi medan magnet  $H_{z,ext}$ . Hasil yang diperoleh menunjukkan variasi ukuran superkonduktor berpengaruh pada energi bebas Gibbs. Pada ukuran kecil terlihat fluktuasi yang besar, sedangkan pada ukuran lebih besar fluktuasinya lebih berkurang dengan nilai yang menunjukkan kesetimbangan. Energi bebas Gibbs akan semakin negatif jika diberikan variasi medan magnet luar yang makin besar. Ini menunjukkan energi medan magnet mempengaruhi energi bebas Gibbs. Magnetisasi juga dipengaruhi oleh ukuran superkonduktor.

**Kata Kunci :** persamaan TDGL, energi bebas gibbs, superkonduktor

### ABSTRACT

The Euler method is used to approach the finite difference for the time derivative in the Time Dependent Ginzburg-Landau (TDGL) equations. This vortex configuration is simulated of the type II superconductors having size  $4\xi \times 8\xi$ ,  $8\xi \times 16\xi$ ,  $16\xi \times 32\xi$  with Ginzburg-Landau parameter  $\kappa = 2$  and variation external magnetic field  $H_{z,ext}$ . The results obtained shows that variations measure the effect on the Gibbs free energy, on a smaller size, there are large fluctuations, then on the size larger, fluctuations reduced, and in particular value, which shows the equilibrium. The influence of the size superconducting the greater cause increased energy value- free gibbs the negative. This shows that energy fields that dominate the vaue Gibbs free energy which given. Time dependent of magnetization was influenced by the size of superconductor.

**Keywords :** TDGL equation, Gibbs free energy, superconductor

### PENDAHULUAN

Superkonduktor adalah bahan yang menghantar listrik tanpa resistans apapun. Fenomena superkonduktivitas terjadi bila suatu bahan didinginkan sampai suatu temperatur yang luar biasa dinginnya. Titik terjadinya superkonduktivitas beraneka ragam diantara bahan-bahan yang berlainan. Fenomena superkonduktivitas merupakan suatu teknologi masa depan. Superkonduktivitas mempunyai potensial besar untuk memperbaiki efisiensi pembangkitan tenaga, distribusi dan penggunaan tenaga. Salah satu penerapan untuk superkonduktor adalah kereta api mengambang secara magnetis (MAGLEV) dan berkecepatan tinggi [Brennan, 1996].

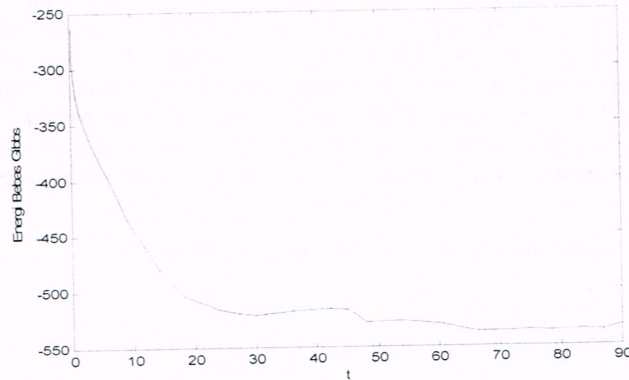
Teori Superkonduktor seperti teori Ginzburg-Landau oleh Vitaly Ginzburg dan Lev Landau merupakan salah satu teori yang mengungkapkkan fenomena superkonduktivitas.

Dalam penelitian ini, dibatasi hanya pada bahan superkonduktor Tipe-II *mesoscopic* bergeometri segitiga. Bahan superkonduktor *mesoscopic* memiliki ukuran berkisar 10nm sampai 100nm.

Penelitian ini bertujuan adalah untuk melihat pengaruh ukuran bahan superkonduktor tipe II terhadap energi bebas Gibbs serta memperoleh nilai energi bebas Gibbs untuk berbagai nilai medan magnet luar homogen.

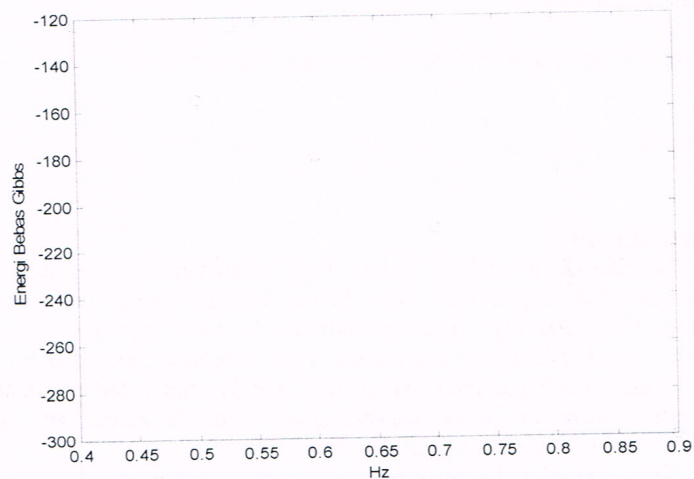
semakin negatif, sehingga energi bebas Gibbs yang didominasi oleh energi medan juga semakin negatif.

Pengaruh dari ukuran bahan superkonduktor dapat dilihat pada gambar 2. Dari grafik, terlihat bahwa pengaruh dari ukuran superkonduktor yang semakin besar menyebabkan peningkatan nilai energi bebas Gibbs (semakin negatif). Secara umum bentuk agihan energi bebas Gibbs dari ketiga ukuran tersebut menunjukkan pola yang hampir sama, namun pada ukuran yang lebih kecil  $4\xi \times 8\xi$  terdapat fluktuasi yang besar. Kemudian pada ukuran  $8\xi \times 16\xi$  fluktuasi berkurang, dan pada ukuran lebih besar  $16\xi \times 32\xi$  energi bebas Gibbs stabil pada nilai tertentu, yang menunjukkan keadaan kesetimbangan. Kenyataan bahwa nilai energi bebas Gibbs untuk ketiga ukuran bernilai negatif memperlihatkan bahwa pada keadaan awal (keadaan Meissner) dan selanjutnya, energi medan yang mendominasi nilai energi bebas Gibbs.



Energi bebas Gibbs sebagai fungsi waktu  $t$  untuk bahan berukuran  $16\xi \times 32\xi$  dengan  $\kappa = 2$  dan  $H_{z,ext} = 0.5 H_{c2} / \mu_0$ .

Energi bebas Gibbs superkonduktor untuk berbagai nilai  $H_{z,ext}$  ditunjukkan pada gambar 4 untuk superkonduktor berukuran  $4\xi \times 8\xi$ , gambar 5 untuk superkonduktor berukuran  $8\xi \times 16\xi$ , dan pada gambar 6 untuk superkonduktor berukuran  $16\xi \times 32\xi$ .



Grafik energi bebas Gibbs sebagai kuat medan magnet luar  $H_{z,ext}$  untuk bahan superkonduktor berukuran  $4\xi \times 8\xi$  dengan  $\kappa = 2$

$$\sigma \left( \nabla \Phi(\mathbf{r}, t) + \frac{\partial \mathbf{A}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} \right) = - \frac{\delta G}{\delta \mathbf{A}(\mathbf{r}, t)} - \frac{1}{\mu_0} \nabla (\nabla \times \mathbf{A}(\mathbf{r}, t) - \mu_0 \mathbf{H}_{ext}(\mathbf{r})) \tag{6}$$

G merupakan rapat energi bebas Gibbs.

Pada persamaan diatas D adalah tetapan difusi fenomenologi,  $\Phi(\mathbf{r}, t)$  adalah potensial listrik yang dimasukkan untuk menjaga invariansi tera dari persamaan,  $\sigma$  konduktivitas normal,  $\mu_0$  permeabilitas ruang hampa,  $\hbar$  tetapan Planck dibagi  $2\pi$ . Medan listrik  $\mathbf{E}$  ditentukan oleh laju perubahan terhadap waktu dari  $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$  melalui kaitan  $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -(\nabla \Phi(\mathbf{r}, t) + \partial_t \mathbf{A}(\mathbf{r}, t))$ .

**METODOLOGI PENELITIAN**

Metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan TDGL yaitu dengan metode Euler [Buscaglia dkk, 1999] yang berbasis pada metode  $\mathbf{U} - \psi$  [Gropp dkk, 1996]. Pendekatan secara numerik ini ditujukan untuk superkonduktor tipe II berbentuk segitiga siku-siku di dalam vakum yang terletak di bidang  $x, y$  dan tidak ada arus eksternal di dalam bahan. Pada saat  $t=0$  di luar bahan diberikan medan magnet luar homogen tak gayut waktu sejajar sumbu  $z$ ,  $\mathbf{H}_{ext} = (0, 0, H_{z,ext})$ .

Grid komputasinya diperoleh dengan cara membagi sisi  $d_1 d_2$  menjadi N bagian yang tetap dengan lebar setiap bagian adalah  $h_x = d_1 d_2 / N$ . Hal ini juga dilakukan terhadap sisi  $d_1 d_3$  yang menghasilkan N bagian yang tetap pula dengan lebar setiap bagian  $h_y = d_1 d_3 / N$ . Untuk pembuatan grid komputasi sisi miring disesuaikan dengan grid komputasi uniform  $x$  dan  $y$  dengan dibuat miring. Diskretisasi dilakukan terhadap beberapa variabel yaitu parameter benahan, peubah pautan, induksi magnet. Selanjutnya diskretisasi persamaan TDGL. Bentuk diskret dari  $\psi(x, y, t)$  dan  $U_{i,j}(t)$  dikelompokkan berdasarkan letaknya di dalam grid komputasi yaitu sebagai interior dan permukaan. Kemudian diterapkan syarat batas yang bergantung pada geometri permasalahan, yang dalam hal ini berbentuk segitiga siku-siku.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi terhadap ukuran superkonduktor, yaitu  $4\xi \times 8\xi$ ,  $8\xi \times 16\xi$ ,  $16\xi \times 32\xi$ , dan besar medan magnet luar yang diterapkan yaitu  $0.4 H_c$ ,  $0.5 H_c$ ,  $0.6 H_c$ ,  $0.7 H_c$ , dan  $0.8 H_c$ .

Syarat batas bergantung pada geometri permasalahan. Telah dipilih geometri yang berbentuk segitiga siku-siku. Untuk parameter benahan  $\psi(x, y, t)$ , digunakan syarat batas (dalam bentuk tak berdimensi) yaitu,  $\hat{n} \cdot (\nabla - iA(x, y, t))\psi(x, y, t) = 0$ .

**Bentuk Diskret Persamaan Energi Bebas**

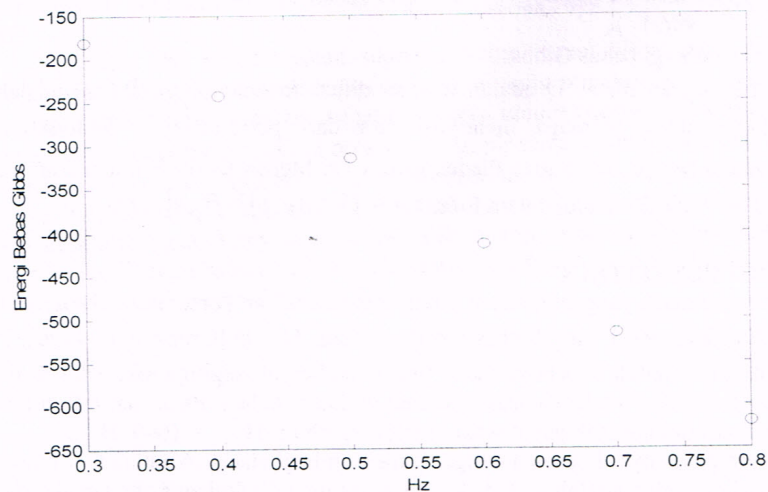
Energi bebas Gibbs G yang digunakan dalam peubah pautan U adalah,

$$G = \int g dx dy \tag{7}$$

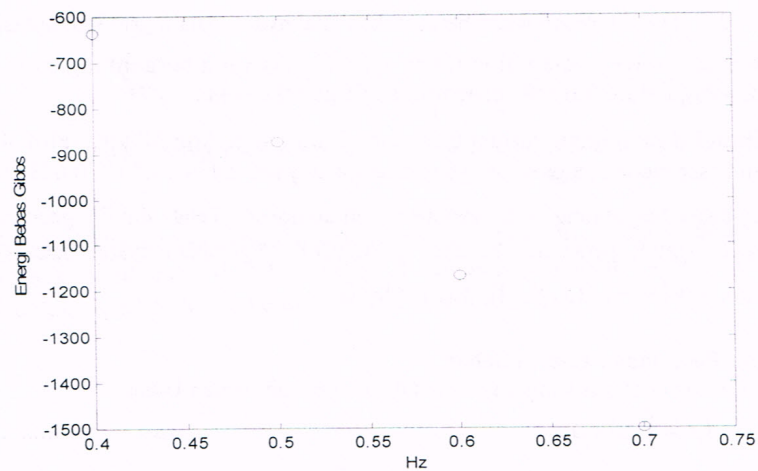
dengan 
$$g = -|\psi(x, y)|^2 + \frac{1}{2}|\psi(x, y)|^4 + \sum_{\mu=x,y} \frac{\partial}{\partial \mu} |(x, y)\psi(x, y)|^2 + K^2 (B_z(x, y) - H_{z,ext})^2 \tag{8}$$

G bagi seluruh bahan diperoleh dengan cara menjumlahkan  $G_{i,j}$  untuk seluruh sel yaitu,

$$G = \sum_{i=1}^{N_x+1} \sum_{j=1}^{N_y+1} \left( -|\psi_{i,j}|^2 + \frac{1}{2}|\psi_{i,j}|^4 \right) h_x h_y + \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y+1} \left( \left| \frac{U_{x;i,j} \psi_{i+1,j} - \psi_{i,j}}{h_x} \right|^2 \right) h_x h_y + \sum_{i=1}^{N_x+1} \sum_{j=1}^{N_y} \left( \left| \frac{U_{y;i,j} \psi_{i,j+1} - \psi_{i,j}}{h_y} \right|^2 \right) h_x h_y + \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \left( K^2 B_{z,i,j} (B_{z,i,j} - 2H_{z,ext}) \right) h_x h_y \tag{9}$$



Grafik energi bebas Gibbs sebagai kuat medan magnet luar  $H_{z:ext}$  untuk bahan superkonduktor berukuran  $8\xi \times 16\xi$  dengan  $\kappa = 2$ .



Grafik energi bebas Gibbs sebagai kuat medan magnet luar  $H_{z:ext}$  untuk bahan superkonduktor berukuran  $16\xi \times 32\xi$  dengan  $\kappa = 2$ .

Tampak bahwa semakin besar kuat medan magnet luar maka energi medan akan semakin negatif. Sehingga energi bebas Gibbs yang didominasi oleh energi medan juga semakin negatif.

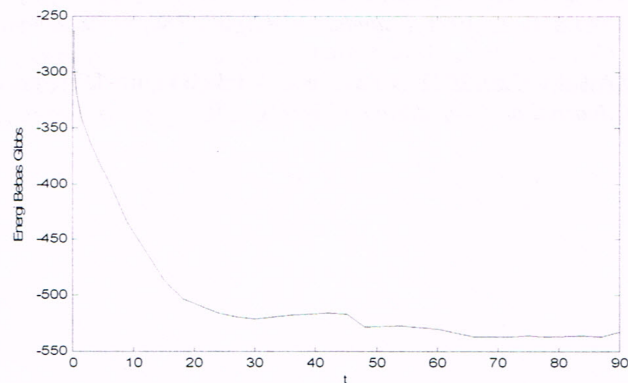
Pada superkonduktor dengan ukuran lebih besar, lebih peka terhadap perubahan  $H_{z:ext}$ . Untuk  $H_{z:ext} > H_{c1}$ , artinya dengan perubahan  $H_{z:ext}$  yang kecil mampu memberikan penambahan jumlah vortex yang besar kedalam superkonduktor. Terlihat pada bahan berukuran  $16\xi \times 32\xi$ , pada kenaikan medan magnet luar yang makin besar, bahan menuju kekeadaan normal, ditunjukkan dengan nilai parameter benahan yang menuju 0.

#### KESIMPULAN

1. Energi Bebas Gibbs sebagai fungsi waktu tergantung pada ukuran bahan superkonduktor.
2. Energi bebas Gibbs berbanding terbalik dengan ukuran bahan dan nilai medan magnet yang diberikan. Makin besar nilai medan magnet luar yang diberikan, maka energi bebas Gibbs akan semakin negatif.

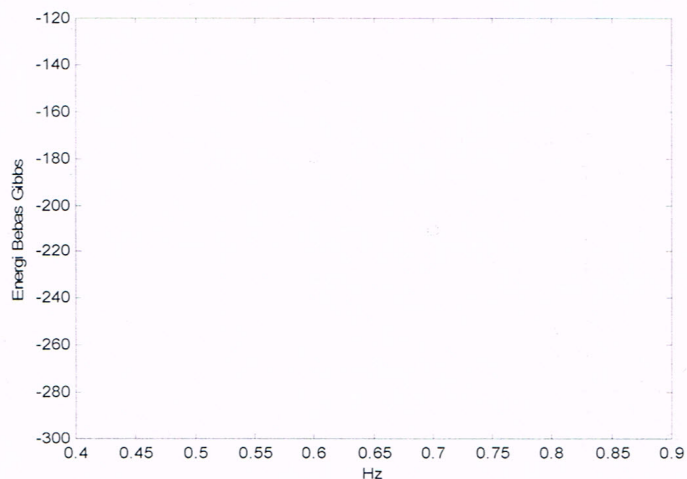
semakin negatif, sehingga energi bebas Gibbs yang didominasi oleh energi medan juga semakin negatif.

Pengaruh dari ukuran bahan superkonduktor dapat dilihat pada gambar 2. Dari grafik, terlihat bahwa pengaruh dari ukuran superkonduktor yang semakin besar menyebabkan peningkatan nilai energi bebas Gibbs (semakin negatif). Secara umum bentuk agihan energi bebas Gibbs dari ketiga ukuran tersebut menunjukkan pola yang hampir sama, namun pada ukuran yang lebih kecil  $4\xi \times 8\xi$  terdapat fluktuasi yang besar. Kemudian pada ukuran  $8\xi \times 16\xi$  fluktuasi berkurang, dan pada ukuran lebih besar  $16\xi \times 32\xi$  energi bebas Gibbs stabil pada nilai tertentu, yang menunjukkan keadaan kesetimbangan. Kenyataan bahwa nilai energi bebas Gibbs untuk ketiga ukuran bernilai negatif memperlihatkan bahwa pada keadaan awal (keadaan Meissner) dan selanjutnya, energi medan yang mendominasi nilai energi bebas Gibbs.



Energi bebas Gibbs sebagai fungsi waktu  $t$  untuk bahan berukuran  $16\xi \times 32\xi$  dengan  $\kappa = 2$  dan  $H_{z,ext} = 0.5 H_{c2}/\mu_0$ .

Energi bebas Gibbs superkonduktor untuk berbagai nilai  $H_{z,ext}$  ditunjukkan pada gambar 4 untuk superkonduktor berukuran  $4\xi \times 8\xi$ , gambar 5 untuk superkonduktor berukuran  $8\xi \times 16\xi$ , dan pada gambar 6 untuk superkonduktor berukuran  $16\xi \times 32\xi$ .



Grafik energi bebas Gibbs sebagai kuat medan magnet luar  $H_{z,ext}$  untuk bahan superkonduktor berukuran  $4\xi \times 8\xi$  dengan  $\kappa = 2$

**DAFTAR PUSTAKA**

- Brennan, R.P., 1995, *Melek Teknologi Masa Depan Untuk Orang Awam*, alih bahasa: Pudjaatmaka, A.H, Penerbit Arcan, Jakarta.
- Buscaglia, G.C., Bolech, C., and Lopez, A., 1999, *On the Numerical Solution of The Time-Dependent Ginzburg-Landau Equations in Multiply Connected Domains*, [http://cabmec1.cnea.gov.ar/Gustavo/last\\_pps/csbook.html](http://cabmec1.cnea.gov.ar/Gustavo/last_pps/csbook.html)
- Cyrot, M. and Pavuna, D., 1992, *Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.
- Gropp, W.D., Kaper, H.G., Leaf, G.K., Levine, D.M., Palumbo, M. and Vinokur, V.M., 1996, Numerical Simulation of Vortex Dynamics in Type II Superconductors, *Journal of Computational Physics*, 123.
- Misko, V.R., Fomin, V.M., Devreese, J.T., and Moshchalkov, V.V., 2002, Vortex states in a mesoscopic superconducting triangle, *Physica C*, 369.
- Orlando, T.P. and Delin, K.A., 1991, *Foundation of Applied Superconductivity*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Winiecki, T., and Adams, C.S., 2002, A Fast Semi- Implicit Finite- Difference Method for the TDGL Equations, *Journal of Computational Physics*, 179

**DAFTAR PUSTAKA**

- Brennan, R.P., 1995, *Melek Teknologi Masa Depan Untuk Orang Awam*, alih bahasa: Pudjaatmaka, A.H, Penerbit Arcan, Jakarta.
- Buscaglia, G.C., Bolech, C., and Lopez, A., 1999, *On the Numerical Solution of The Time-Dependent Ginzburg-Landau Equations in Multiply Connected Domains*, [http://cabmecl.cnea.gov.ar/Gustavo/last\\_pps/csbook.html](http://cabmecl.cnea.gov.ar/Gustavo/last_pps/csbook.html)
- Cyrot, M. and Pavuna, D., 1992, *Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.
- Gropp, W.D., Kaper, H.G., Leaf, G.K., Levine, D.M., Palumbo, M. and Vinokur, V.M., 1996, Numerical Simulation of Vortex Dynamics in Type II Superconductors, *Journal of Computational Physics*, 123.
- Misko, V.R., Fomin, V.M., Devreese, J.T., and Moshchalkov, V.V., 2002, Vortex states in a mesoscopic superconducting triangle, *Physica C*, 369.
- Orlando, T.P. and Delin, K.A., 1991, *Foundation of Applied Superconductivity*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Winiecki, T., and Adams, C.S., 2002, A Fast Semi- Implicit Finite- Difference Method for the TDGL Equations, *Journal of Computational Physics*, 179



**DAFTAR PUSTAKA**

- Brennan, R.P., 1995, *Melek Teknologi Masa Depan Untuk Orang Awam*, alih bahasa: Pudjaatmaka, A.H., Penerbit Arcan, Jakarta.
- Buscaglia, G.C., Bolech, C., and Lopez, A., 1999, *On the Numerical Solution of The Time-Dependent Ginzburg-Landau Equations in Multiply Connected Domains*, [http://cabmec1.cnea.gov.ar/Gustavo/last\\_pps/csbook.html](http://cabmec1.cnea.gov.ar/Gustavo/last_pps/csbook.html)
- Cyrot, M. and Pavuna, D., 1992, *Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.
- Gropp, W.D., Kaper, H.G., Leaf, G.K., Levine, D.M., Palumbo, M. and Vinokur, V.M., 1996, Numerical Simulation of Vortex Dynamics in Type II Superconductors, *Journal of Computational Physics*, 123.
- Misko, V.R., Fomin, V.M., Devreese, J.T., and Moshchalkov, V.V., 2002, Vortex states in a mesoscopic superconducting triangle, *Physica C*, 369.
- Orlando, T.P. and Delin, K.A., 1991, *Foundation of Applied Superconductivity*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Winiacki, T., and Adams, C.S., 2002, A Fast Semi- Implicit Finite- Difference Method for the TDGL Equations, *Journal of Computational Physics*, 179

*[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]*