



**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR PERCEPATAN GRAVITASI  
BUMI (GRAVIMETER) MENGGUNAKAN KAPASITOR  
KEPING SEJAJAR**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)

dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)

Asal : **Hediah**  
Pembelian  
Tanggal : **11 FEB 2008**  
Oleh : **SRS**

Klass  
**S31.14**  
**AMI**  
**A**

Oleh  
**Amirullah**  
**NIM 021810201020**

**e.i**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2007**

*h*

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang akhirnya skripsi ini dapat saya selesaikan. Saya persembahkan skripsi ini untuk :

1. Ayah, Ibu, kakak Yanto, adik Ansa dan adik Arya Wardana yang telah memotivasi, mendo'akan dan medanai supaya skripsi ini bisa diselesaikan secepat mungkin.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
3. Almameter Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

Pertama tama kita membentuk kebiasaan, lama kelamaan kebiasaanlah yang membentuk kita (Pujangga Inggris)

Orang yang tragis ialah orang yang seumur hidupnya tidak pernah mengerahkan kemampuan maksimalnya (Arnold Bennett)

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan maka apabila engkau telah selesaikan (suatu urusan) tetaplah bekerja terus dan hanya kepada tuhanlah engkau berharap (*Terjemahan surah Al-Insyirah ayat 6-8*)\*)

\*<sup>)</sup> Departement Agama RI. 2002. *Al qur'an dan Terjemahannya*. Surabaya. Mekar Surabaya.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Amirullah

NIM : 021810201020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : *Rancang Bangun Alat Pengukur Percepatan Gravitasi Bumi (Gravimeter) Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya paksaan dan tekanan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2007

Yang menyatakan,



Amirullah  
NIM. 021810201020

PENGESAHAN

Skripsi ini telah diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

hari : SELASA

tanggal : 10 5 FEB 2008

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember .

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama),



Bowo Eko Cahyonto, S.Si., M.Si.  
NIP 132 206 034

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota),



Ir. Misto, M.Si.  
NIP 131 945 799

Anggota I,



Sutisna, S.Pd., M.Si.  
NIP 132 257 929

Anggota II,



Agus Suprianto, S.Si., M.T.  
NIP 132 162 507



Mengesahkan  
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.  
NIP 131 592 357

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Alat Pengukur Percepatan Gravitasi Bumi (Gravimeter) Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar;** Amirullah, 021810201020; 2007: 25 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Di atas permukaan bumi, percepatan gravitasi bumi sering kita kenal dengan lambang  $g$ . Besarnya nilai  $g$  ini biasanya  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Akan tetapi nilai ini tidaklah konstan (sama) untuk semua permukaan bumi. Hal ini bisa disebabkan oleh kerapatan dalam bumi yang tidak homogen dan bentuk bumi yang tidak bulat sempurna, melainkan berbentuk elipsoid. Penentuan besarnya nilai  $g$  sangatlah penting bagi ahli-ahli geologi dalam menentukan karakteristik/struktur yang ada dalam lapisan bumi. Di antaranya ialah kerapatan, komposisi lapisan, serta lokasi air di bawah permukaan.

Telah ada metode-metode penentuan nilai  $g$  yang biasa digunakan, seperti metode benda jatuh bebas dan metode osilasi pegas. Akan tetapi metode-metode ini sulit mendapatkan nilai  $g$  yang akurat dan presisi. Sejalan dengan majunya teknologi, metode-metode sederhana ini telah dirancang menjadi lebih canggih sehingga mampu menghasilkan pengukuran nilai  $g$  yang akurat dan presisi. Akan tetapi hal ini membutuhkan biaya yang mahal sehingga harga gravimeter inipun mahal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis bermaksud mengajukan suatu metode baru, yaitu dengan menggunakan kapasitor keping sejajar.

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap yaitu tahap perancangan gravimeter dan tahap pengujian keakurasian dan kepresisian. Tahap perancangan gravimeter telah dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika Universitas Jember. Proses pembuatan gravimeter ini dimulai dengan merancang bentuk rancangan gravimeter, persiapan bahan-bahan hingga pemasangan (perancangan). Sedangkan tahap uji presisi dan akurasi dilaksanakan di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang, Jawa Timur. Besarnya nilai

$g$  di stasiun geofisika ini ialah  $9,78 \text{ m/s}^2$ . Gravimeter ini akan dikatakan akurat jika *deskrepansi*  $g$  dan ralat relatif  $\Delta g$  hasil analisa data mempunyai *error* lebih kecil dari 5 % terhadap nilai  $g$  yang ada di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang. Proses uji akurasi dan presisi dimulai dari pengambilan 8 sampel data (8 kali pengulangan pengukuran) percepatan gravitasi bumi  $g$  di titik dasar yang ada di stasiun tersebut. Setelah itu dilakukan analisa data untuk mendapatkan nilai percepatan gravitasi bumi  $g$  dan besarnya standar deviasi  $\Delta g$  yang terukur oleh gravimeter. Besarnya *error* uji akurasi gravimeter didapat melalui persamaan  $g_{deskrepansi}$  (persamaan (25)). Sedangkan dengan menggunakan persamaan standar deviasi (persamaan (23) dan (24)), akan didapatkan berapa besarnya *error* uji presisi gravimeter.

Besarnya *error* untuk uji keakurasian di stasiun uji yaitu 2,63 %. Sedangkan untuk uji kepresisian nilainya sebesar  $0,45 \times 10^{-1} \%$ . Berdasarkan uji *error* 0-5 %, terlihat bahwa rancang bangun gravimeter ini bisa dikatakan berhasil.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi ini bisa diselesaikan. Tiadalah sesuatu itu akan sulit jika Dia telah menghendaki mudah dan tiadalah sesuatu itu mudah jika Dia telah menghendaki sulit. Segala puji hanya bagi Allah ; Tuhan Semesta Alam.

Terselesainya skripsi yang berjudul *Rancang Bangun Alat Pengukur Percepatan Gravitasi Bumi (Gravimeter) Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar* ini tidak lepas dari jasa-jasa beberapa pihak. Melalui prakata ini penulis hanya bisa menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
2. Bapak Bowo Eko Cahyono, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ketua Jurusan Fisika;
3. Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Bapak Sutisna, M.Si., selaku Penguji I (satu);
5. Bapak Agus Suprianto, M.T., selaku Penguji II (dua);
6. Kedua orang tua tercinta, adik-adikku (Ansa dan Arya) dan kakak Iriyanto;
7. Teknisi Laboratorium Fisika Dasar, Komputasi, Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
8. Teman baikku Sakti yang telah banyak membantu, baik tenaga maupun waktunya untuk membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengharapkan koreksi dan saran dari dosen dan teman-teman fisika semuanya semoga skripsi ini bisa lebih sempurna.



DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL .....  | i       |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....   | ii      |
| HALAMAN MOTTO .....  | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN.....  | iv      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....  | v       |
| RINGKASAN .....  | vi      |
| PRAKATA.....   | viii    |
| DAFTAR ISI.....  | ix      |
| DAFTAR GAMBAR.....   | xi      |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>  |         |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 3       |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....   | 3       |
| 1.4 Manfaat penelitian .....   | 3       |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>   |         |
| 2.1 Gravitasi.....   | 4       |
| 2.1.1 Hukum Gravitasi Newton .....   | 4       |
| 2.1.2 Variasi Percepatan Gravitasi Bumi $g$ .....                                | 5       |
| 2.2 Beberapa Metode Pengukuran Percepatan Gravitasi yang<br>Biasa Digunakan..... | 6       |
| 2.2.1 Metode Benda Jatuh Bebas .....   | 6       |
| 2.2.2 Metode Bandul Matematis .....  | 6       |
| 2.2.3 Metode Osilasi Pegas .....   | 7       |
| 2.3 Kapasitor Keping Sejajar.....  | 8       |
| 2.4 Gravimeter Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar.....                         | 10      |

|   |    |
|---|----|
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>                           |    |
| <b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....              | 12 |
| <b>3.2 Alat Dan Bahan</b> .....                           | 12 |
| <b>3.3 Prosedur Penelitian</b> .....                      | 13 |
| 3.3.1 Merancang Gravimeter.....                           | 13 |
| 3.3.2 Studi Lapang .....                                  | 14 |
| 3.3.3 Pengambilan Data .....                              | 14 |
| 3.3.4 Diagram Alir Penelitian .....                       | 15 |
| <b>3.4 Metode Analisa Data</b> .....                      | 16 |
| 3.4.1 Parameter Kepresisian Gravimeter .....              | 17 |
| 3.4.2 Parameter Keakurasian Gravimeter .....              | 17 |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                        |    |
| <b>4.1 Hasil</b> .....                                    | 18 |
| <b>4.2 Pembahasan</b> .....                               | 18 |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>                        |    |
| <b>5.1 Kesimpulan</b> .....                               | 21 |
| <b>5.2 Saran</b> .....                                    | 21 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                               | 22 |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>                                  |    |
| <b>A. DATA PENGAMATAN</b> .....                           | 23 |
| <b>B. PENGOLAHAN DATA</b> .....                           | 23 |
| <b>D. FOTO KOPI DESKRIPSI PENGUKURAN PILAR GAYA BERAT</b> | 25 |

DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Sistem massa-pegas, untuk menentukan percepatan gravitasi bumi $g$ ..... | 7       |
| 2.2 Kapasitor keping sejajar dengan potensial listrik $V$ .....              | 8       |
| 2.3 Rancang bangun gravimeter menggunakan kapasitor keping sejajar .....     | 10      |
| 3.1 Rancang bangun alat penelitian .....                                     | 13      |
| 3.2 Diagram alir penelitian.....   | 15      |
| 4.1 Foto Tempat penelitian .....   | 19      |

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gaya gravitasi didefinisikan sebagai gaya tarik-menarik antara dua buah benda karena massanya. Di atas permukaan bumi, gaya ini menyebabkan suatu objek tertarik ke pusat bumi. Percepatan benda yang ditimbulkan oleh kuat medan gravitasi bumi sering kita kenal dengan lambang  $g$ . Besarnya nilai  $g$  yang biasa digunakan dalam beberapa referensi pembelajaran ialah sebesar  $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ . Nilai ini merupakan nilai yang didapat dari pengukuran percepatan gravitasi bumi di atas permukaan laut. Akan tetapi, pada realitanya nilai ini tidaklah konstan. Nilai ini berubah sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bumi (besarnya jari-jari bumi) terhadap pusat bumi. Karena bentuk bumi yang tidak berbentuk bulat sempurna melainkan berbentuk elipsoid, maka besarnya  $g$  di permukaan bumi juga akan berbeda-beda. Dengan menggunakan teori gravitasi Newton bisa dinyatakan bahwa nilai  $g$  akan sebanding dengan massa bumi dan *invers* kuadrat jarak benda terhadap pusat bumi (bumi dianggap memiliki kerapatan homogen).

Selain bergantung pada jari-jari bumi, nilai  $g$  dipengaruhi juga oleh keadaan material yang ada di bawah permukaan bumi. Dalam bidang geologi, nilai  $g$  dapat digunakan untuk menentukan berbagai karakteristik seperti kerapatan batuan, komposisi lapisan, dan lokasi air di bawah permukaan bumi. Dengan mengamati perubahan kecil nilai  $g$ , ahli-ahli geologi bisa mendapatkan informasi tentang struktur batuan yang ada di bawah permukaan bumi.



Di antara metode-metode penentuan nilai  $g$  yang biasa digunakan ialah metode bandul matematis sederhana, metode benda jatuh bebas, dan metode osilasi pegas. Secara praktis, percobaan ini terlihat sangat mudah dilakukan dan membutuhkan biaya yang tidak terlalu besar. Akan tetapi, pada kenyataannya metode-metode ini sulit menghasilkan nilai  $g$  yang presisi dan akurat.

Majunya teknologi telah membuat metode-metode sederhana yang ada dirancang sedemikian rupa sehingga bisa menghasilkan nilai  $g$  yang cukup presisi dan akurat. Akan tetapi hal ini membutuhkan biaya yang cukup besar. Seperti halnya penggunaan laser untuk menghitung pertambahan panjang pegas pada metode pegas. Dengan kenyataan di atas, tentunya sangat dibutuhkan ide-ide baru yang membantu pengembangan aplikasi ilmu fisika untuk dapat menentukan nilai  $g$  yang lebih akurat dan presisi dengan biaya murah.

Pada penelitian ini penulis bermaksud untuk mengajukan suatu metode baru yang sederhana dan membutuhkan biaya yang tidak terlalu mahal serta bermanfaat bagi para ahli geologi, geofisika maupun pengembangan ilmu fisika sendiri. Gravimeter ini diharapkan mampu mendeteksi variasi kecil dari percepatan gravitasi di permukaan bumi. Disamping itu, karena keluaran pengukuran gravimeter ini berupa besaran listrik, yaitu kapasitansi  $C$  maka gravimeter ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi gravimeter digital (dapat menampilkan nilai percepatan gravitasi bumi  $g$  secara langsung).

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat pengukur percepatan gravitasi bumi (Gravimeter) dengan menggunakan kapasitor keping sejajar ?
2. Bagaimana menguji gravimeter yang telah dirancang untuk mengetahui tingkat keakurasian dan kepresisiannya ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah merancang gravimeter baru dengan harapan dapat menjadi suatu gravimeter yang mampu menghasilkan pengukuran percepatan gravitasi yang akurat dan presisi.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah :

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat tercipta suatu gravimeter baru untuk mengukur percepatan gravitasi bumi dengan biaya yang kecil tetapi mendapatkan hasil yang presisi dan akurat.
2. Menambah aplikasi ilmu fisika khususnya bidang instrumentasi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gravitasi

Gravitasi adalah gaya tarik-menarik yang terjadi antara semua partikel yang mempunyai massa di alam semesta. Dalam bidang fisika dikenal ada empat interaksi yang membentuk alam semesta, yaitu: interaksi kuat, interaksi lemah, interaksi elektromagnetik, dan interaksi gravitasi (David J. Graffit, 1995:2). Gaya gravitasi merupakan interaksi terlemah sehingga dapat diabaikan untuk partikel-partikel sub atomik. Walaupun demikian gaya gravitasi menjadi sangat penting karena gaya inilah yang mengikat benda-benda ke bumi dan mempertahankan bumi dalam susunan tata surya.

#### 2.1.1 Hukum Gravitasi Newton

Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa setiap partikel akan menarik benda lain dengan suatu gaya yang sebanding dengan hasil kali massa partikel yang terlibat dan invers kuadrat jarak dari kedua partikel itu (Halliday *et al*, 1992:345). Arah dari gaya ini sejajar dengan sumbu yang menghubungkan kedua benda tersebut. Hukum gravitasi Newton juga berlaku untuk partikel-partikel yang ada di atas permukaan bumi. Dengan demikian gaya ini bisa dituliskan

$$F_g = G \frac{M_E m}{r^2}, \quad (1)$$

dengan  $M_E$  merupakan massa bumi,  $m$  merupakan massa partikel,  $G$  merupakan konstanta gravitasi ( $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ) dan  $r$  adalah jarak partikel dari pusat bumi.



### 2.1.2 Variasi Percepatan Gravitasi Bumi $g$

Percepatan gravitasi bumi merupakan percepatan yang dimiliki benda yang jatuh karena beratnya sendiri (Sarojo, 2002:223). Dengan menyatakan  $F_g = mg$  pada hukum gravitasi Newton maka

$$F_g = mg = G \frac{M_E m}{R^2} \quad (2)$$

Dengan  $F_g$  merupakan gaya gravitasi bumi,  $g$  merupakan percepatan gravitasi bumi,  $G$  merupakan konstanta gravitasi bumi,  $M_E$  merupakan massa bumi,  $m$  merupakan massa benda, dan  $R$  merupakan jari-jari bumi. Dari persamaan (2), rumusan percepatan gravitasi bumi  $g$  dapat ditulis

$$g = \frac{GM_E}{R^2} \quad (3)$$

Jika benda tidak berada di permukaan bumi, tetapi berada pada jarak  $r$  dari pusat bumi maka

$$g = \frac{GM_E}{r^2} \quad (4)$$

Hal-hal yang mempengaruhi nilai  $g$  :

1. Di permukaan bumi  $r = R$ , berarti  $g$  tergantung dari jarak  $R$ . Bumi tidak bulat sempurna dan di bagian kutub,  $R$  lebih kecil dibandingkan di bagian ekuator. Jadi  $g$  di ekuator lebih kecil daripada  $g$  di kutub.
2. Perbedaan kerapatan bumi ( $M_E$  tidak homogen).
3. Jika  $r$  lebih besar dari  $R$ , berarti makin tinggi dari permukaan bumi nilai  $g$  akan semakin kecil.



## 2.2 Beberapa Metode Pengukuran Percepatan Gravitasi yang Biasa Digunakan

### 2.2.1 Metode Benda Jatuh Bebas

Metode ini ialah suatu metode yang dilaksanakan dengan cara menjatuhkan sebuah objek bermassa tertentu dari ketinggian  $y$  di atas permukaan bumi. Dengan mengukur waktu  $t$  pada saat benda telah menempuh jarak sebesar  $\Delta y$ , kita bisa mendapatkan nilai  $g$  melalui persamaan gerak proyektil berikut (Benson, 1995:58)

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2. \quad (5)$$

Permasalahan dalam metode ini ialah sulitnya menentukan besarnya waktu  $t$  pada saat benda telah menempuh jarak  $\Delta y$  dengan akurat. Dengan demikian, nilai  $g$  yang didapatkan dari metode sederhana ini tidak begitu presisi dan akurat untuk berbagai lokasi di permukaan bumi sehingga pemanfaatannya akan kurang menguntungkan.

### 2.2.2 Metode Bandul Matematis

Metode kedua ini lebih akurat dari metode yang telah dibahas di atas. Bandul matematis merupakan sebuah benda yang digantung pada tali ringan yang mempunyai panjang tetap (Giancoli, 1991:282-283). Persamaan untuk mendapatkan perioda dari gerak bandul matematis sederhana ialah

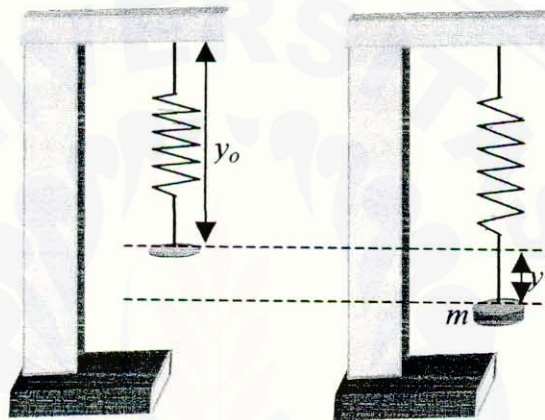
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (6)$$

Dengan  $T$  merupakan perioda bandul dan  $L$  adalah panjang tali bandul. Dengan menghitung  $T$  dari gerakan bandul kita bisa mendapatkan nilai  $g$  yang ingin diteliti.

Kelemahan metode ini ialah adanya hambatan udara yang tidak diperhitungkan dan lintasan ayunan bandul yang tidak lurus sempurna sehingga menyebabkan perhitungan perioda  $T$  menjadi tidak akurat. Dengan demikian, metode inipun masih belum bisa mendapatkan variasi kecil  $g$  di permukaan bumi.

### 2.2.3 Metode Osilasi Pegas

Metode osilasi pegas sering digunakan oleh para ahli geofisika untuk mendapatkan besarnya nilai percepatan gravitasi bumi  $g$ . Jika suatu pegas dalam keadaan setimbang kita berikan sebuah massa beban maka akan terjadi pertambahan panjang, misalkan  $y$ . Lebih jelasnya bentuk pertambahan panjang pegas dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Sistem Massa-Pegas, Untuk Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi  $g$

Pada keadaan demikian terdapat dua buah gaya yang bekerja, yaitu gaya pegas  $F_p = ky$  dan gaya berat benda  $F_w = mg$  (Young dan Freedman, 2006:401). Kedua gaya ini akan berlawanan arah dan mempunyai nilai yang sama besar. Bila kita hanya mengambil bagian besarnya (*magnitude*) saja maka didapatkan

$$g = \frac{yk}{m}. \quad (7)$$

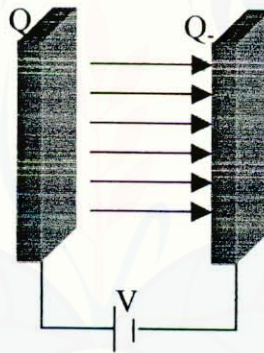
$k$  merupakan konstanta pegas,  $m$  massa benda dan  $y$  merupakan pertambahan panjang pegas. Dengan mengetahui konstanta pegas, massa benda, serta mengukur pertambahan panjang pegas maka dengan mudah nilai  $g$  bisa kita dapatkan.

Permasalahan pada metode ini ialah sulitnya mengukur pertambahan panjang pegas  $y$ . Hal ini dikarenakan kecilnya variasi nilai  $g$  yang ada di permukaan bumi.

Salah satu solusi yang telah digunakan dalam mendeteksi pertambahan panjang pegas ini ialah dengan menggunakan laser. Akan tetapi solusi ini membutuhkan biaya yang mahal.

### 2.3 Kapasitor Keping Sejajar

Sebelum kita mendiskusikan lebih detail mengenai rancang bangun gravimeter menggunakan kapasitor keping sejajar, kita kilas balik teori elektrostatik yang menjelaskan mengenai kapasitor. Secara singkat kapasitor didefinisikan sebagai komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan dan energi listrik (Benson,1995:58). Sederhananya gambar kapasitor dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Kapasitor Keping Sejajar Dengan Potensial Listrik  $V$

Ada banyak jenis kapasitor yang digunakan dalam elektronika. Adapun jenis kapasitor yang digunakan untuk rancang bangun gravimeter dalam penelitian ini ialah kapasitor keping sejajar. Kapasitor ini terbuat dari dua buah keping konduktor identik dengan luas  $A$  dan dipisahkan oleh jarak  $d$ .

Kapasitansi didefinisikan sebagai rasio besarnya jumlah total muatan yang ada pada satu keping konduktor terhadap besarnya potensial  $V$  yang diberikan. Satuan dari kapasitansi yang sering kita jumpai ialah farad ( $F$ )

$$C = \frac{q_{tot}}{V} \quad (8)$$

Dalam materi elektrostatik, hukum Gauss dituliskan sebagai

$$\oint E \cdot da = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} \quad (9)$$

$q_{enc}$  adalah muatan yang terlingkupi permukaan Gauss yang dalam hal ini tidak lain merupakan  $q_{tot}$  pada satu keping yang luasnya  $A$ . Jika persamaan (9) di atas diintegrasikan maka

$$E = \frac{q_{tot}}{\epsilon_0 A}, \quad (10)$$

dimana  $E$  merupakan besarnya medan listrik di antara keping konduktor dan  $\epsilon_0$  merupakan nilai permitivitas ruang hampa ( $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ ). Hubungan beda potensial  $V$  terhadap medan  $E$  ialah

$$V = Ed. \quad (11)$$

Bila kita substitusi persamaan (11) ke (10) didapatkan pernyataan untuk kapasitansi  $C$ ,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}. \quad (12)$$

Persamaan (12) di atas digunakan untuk mendapatkan nilai kapasitansi  $C$  pada kapasitor dengan dielektrik udara (ruang hampa). Bila di antara keping kapasitor kita sisipi suatu dielektrik dengan konstanta dielektrik  $\kappa$  maka nilai kapasitansi kapasitor dituliskan sebagai  $C'$

$$C' = \kappa C. \quad (13)$$

Besarnya nilai  $\kappa$  tergantung dari jenis bahan dielektrik yang digunakan. Bila disubstitusikan persamaan (12) ke (13) maka

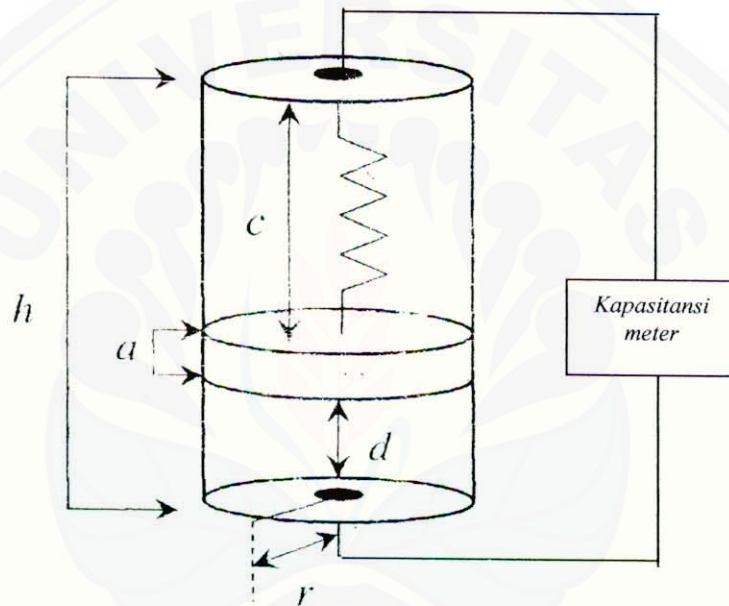
$$C' = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d}. \quad (14)$$

Dalam banyak referensi sering dituliskan  $\kappa \epsilon_0 = \epsilon$ . Dengan demikian maka persamaan (14) menjadi

$$C' = \frac{\epsilon A}{d}. \quad (15)$$

#### 2.4 Gravimeter Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar

Gravimeter ini merupakan gravimeter yang penulis usulkan dalam penelitian ini. Prinsip kerja dari gravimeter ini pada dasarnya adalah mencari hubungan antara perubahan nilai kapasitansi  $C$  kapasitor keping sejajar yang diakibatkan oleh perubahan percepatan gravitasi bumi  $g$ . Sederhananya, bagan dari gravimeter ini dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Rancang Bangun Gravimeter Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar

Terlihat bahwa terdapat empat komponen utama yang menyusun gravimeter ini. Keempat komponen tersebut ialah sebuah tabung (silinder), pegas, dua keping logam konduktor sebagai kapasitor, dan kapasitansi meter. Nilai kapasitansi yang terukur pada kapasitansi meter akan menjadi besar apabila jarak  $d$  semakin kecil (sesuai persamaan 12). Hal ini menyatakan bahwa percepatan gravitasi bumi  $g$  di daerah tersebut besar. Sebaliknya jika di suatu daerah mempunyai nilai percepatan gravitasi bumi  $g$  kecil maka nilai  $C$  yang terbaca pada kapasitansi meter menjadi kecil.

Untuk menentukan percepatan gravitasi bumi  $g$ , kita mulai analisis persamaan dengan menghitung nilai  $d$ , jarak di antara kedua keping kapasitor. Dari gambar 2.3 di atas pernyataan  $d$  dapat dirumuskan

$$d = h - a - c. \quad (16)$$

Dengan  $a$  merupakan tebal keping kapasitor bagian atas,  $c$  merupakan panjang pegas dalam posisi regang dan  $h$  merupakan jarak antara ujung atas pegas ke permukaan atas keping kapasitor bawah. Secara matematis  $c$  dapat dirumuskan

$$c = y + y_0. \quad (17)$$

Dengan  $y_0$  merupakan panjang awal pegas dan  $y$  merupakan pertambahan panjang pegas. Dengan mengkombinasikan persamaan (7), (16) dan (17) kita dapatkan persamaan

$$d = h - a - y_0 - \frac{mg}{k}. \quad (18)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (18) ke (12) didapatkan

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{\epsilon_0 A}{h - a - y_0 - \frac{mg}{k}}. \quad (19)$$

Dengan  $\epsilon_0$  merupakan permeabilitas ruang hampa,  $m$  merupakan massa beban pegas (massa keping konduktor bagian atas), dan  $A$  merupakan luas permukaan keping kapasitor. Karena bentuk keping kapasitor yang kita gunakan berbentuk lingkaran maka luas  $A = \pi r^2$ . Dengan mensubstitusikan persamaan luas lingkaran  $A$  ke persamaan (19) dan sedikit melakukan manipulasi akan didapatkan

$$g = \frac{k}{m} \left( h - a - y_0 - \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{C} \right). \quad (20)$$

Persamaan ini merupakan persamaan percepatan gravitasi bumi  $g$  sebagai fungsi dari perubahan kapasitansi kapasitor.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

- 3.1.1 Untuk rancang bangun gravimeter dilaksanakan pada bulan Desember 2006 sampai Januari 2007 di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- 3.1.2 Untuk Uji keakurasian dan kepresisian dilaksanakan di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang, Jawa Timur. Waktunya ialah pada bulan September sampai Oktober 2007.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

1. Timbangan digital,
2. Penggaris stainless ukuran 100 cm,
3. Beban,
4. Gergaji.

##### 3.2.2 Bahan

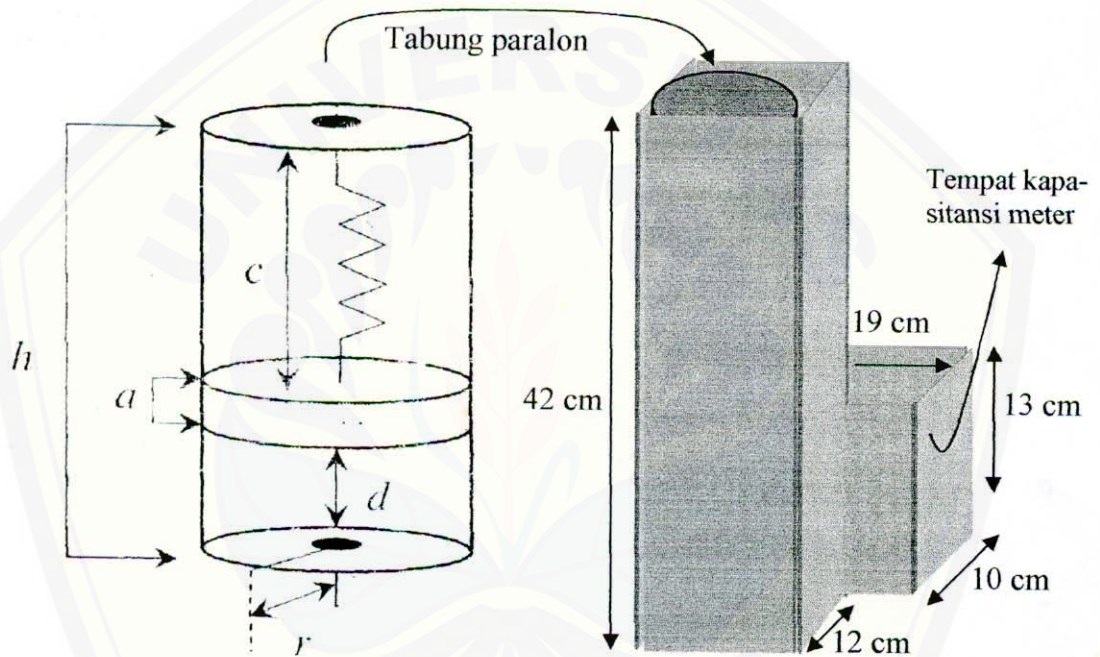
1. Kabel-kabel penghubung,
2. Satu buah kapasitansi,
3. Sebuah paralon dengan diameter 10 cm,
4. Dua lempeng PCB berdiameter mendekati diameter silinder dan memiliki ketebalan 0.16 cm,
5. Satu buah pegas dengan kostanta tertentu,
6. Kotak kaca,
7. Cat pylox,



### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Merancang Gravimeter

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini ialah merancang gravimeter. Adapun rancangan gravimeter dalam penelitian ini ialah seperti gambar 3.1 berikut.



Catatan :

- $h$  : jarak antara ujung atas pegas ke permukaan atas keping kapasitor bawah.
- $c$  : panjang pegas setelah diberi beban.
- $d$  : jarak antara dua keping kapasitor.
- $a$  : tebal keping konduktor atas.
- $r$  : jari-jari konduktor dengan ukuran yang mendekati jari-jari silinder.

Gambar 3.1 Rancang Bangun alat penelitian



### 3.3.2 Studi Lapang

Tujuan dari studi lapang ini ialah untuk menentukan tempat pengambilan data.

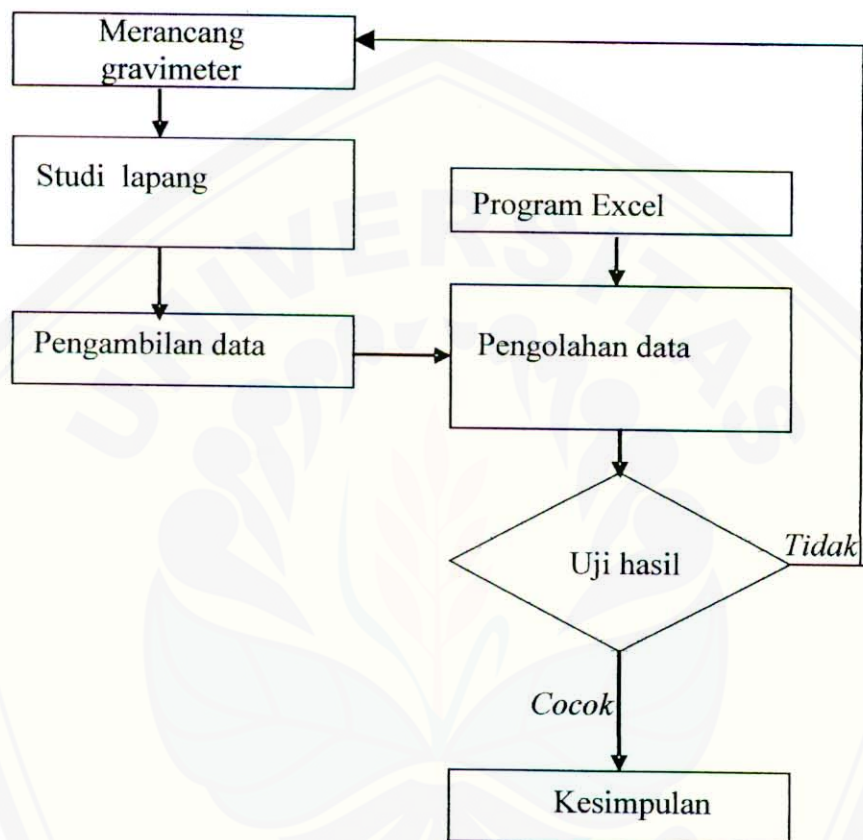
### 3.3.3 Pengambilan Data

Tujuan dari pengambilan sampel data ini ialah untuk mengetahui tingkat keakurasian dan kepresisian gravimeter. Adapun jenis data yang diambil untuk mencapai tujuan ini ialah nilai kapasitansi kapasitor yang terbaca pada kapasitansi meter. Langkah-langkah dalam pengambilan data dalam penelitian ini ialah:

1. Jumlah sampel data yang diambil ialah 8 sampel (delapan kali pengulangan pengukuran).
2. Pembacaan kapasitansi  $C$  pertama setelah berada di tempat uji yang telah ditentukan dicatat sebagai data pertama dari 8 kali pengulangan.
3. Kemudian kita lakukan osilasi pada gravimeter dengan cara menggerakannya ke atas dan ke bawah. Tujuan pengosilasian ini ialah supaya kita bisa melakukan pengukuran berulang sehingga kesalahan pengukuran yang terjadi bisa diminimalisasi.
4. Setelah itu kita letakkan gravimeter di posisi semula. Nilai kapasitansi yang terbaca setelah tidak ada lagi osilasi yang diakibatkan oleh beban, dicatat sebagai data pengulangan kedua. Begitu selanjutnya hingga tercapai 8 kali pengulangan pengukuran.

## 3.3.4 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

### 3.4 Metode Analisa Data

Data kapasitansi  $C$  yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung percepatan gravitasi bumi dengan menggunakan persamaan (20). Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode statistika rata-rata. Sedangkan metode ralat (ketidakpastian) yang kita gunakan ialah metode standar deviasi. Dengan demikian didapatkan sebuah nilai percepatan gravitasi bumi  $g$  yang akan disajikan dalam bentuk

$$g = (\bar{g} \pm \Delta g), \quad (21)$$

dengan  $\bar{g}$  merupakan nilai rata-rata percepatan gravitasi bumi dari 8 kali pengulangan pengukuran data kapasitansi  $C$  yang didapat melalui metode rata-rata berikut.

$$\bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i, \quad (22)$$

dengan  $g_i$  merupakan nilai  $g$  untuk setiap pengulangan pengukuran  $C$ . Sedangkan nilai  $\Delta g$  merupakan ralat atau ketidakpastian pengukuran  $g$ . Nilai  $\Delta g$  kita dapatkan melalui metode standar deviasi (Subekti, 2002:36).

$$\Delta g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (g_i - \bar{g})^2}{(N-1)}}. \quad (23)$$

### 3.4.1 Parameter Kepresisian Gravimeter

Gravimeter ini dikatakan presisi jika ketidakpastian relatif  $\Delta g\%$  yang dihitung dengan persamaan berikut cukup kecil (0 – 5 % ).

$$\Delta g\% = \frac{\Delta g}{g} \times 100\% . \quad (24)$$

### 3.4.2 Parameter Keakurasian Gravimeter

Gravimeter ini dikatakan akurat apabila nilai percepatan gravitasi  $g$  hasil analisa dari tempat uji akan mempunyai persentase deskrepansi cukup kecil, yaitu 0-5 % (Panduan eksperimen II, 2005: x).

$$g_{\text{deskrepansi}}\% = \left| \frac{(g_{\text{perhitungan}} - g_{\text{acuan}})}{g_{\text{acuan}}} \right| \times 100\% . \quad (25)$$

Pada penelitian ini  $g_{\text{acuan}}$  merupakan nilai  $g$  standar yang ada di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang. Sedangkan  $g_{\text{perhitungan}}$  merupakan nilai  $g$  yang didapat dari hasil perhitungan.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Telah dirancang sebuah gravimeter baru yang sederhana dan murah. Prinsip kerja gravimeter ini ialah mencari hubungan antara perubahan nilai kapasitansi  $C$  kapasitor keping sejajar yang diakibatkan oleh perubahan percepatan gravitasi. Telah dilakukan uji di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang untuk melihat tingkat keakurasian dan kepresisian gravimeter ini.

Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai  $g$  yang didapatkan dari hasil uji ini sebesar  $953,20 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$  atau sebesar  $9,53 \text{ m/s}^2$  jika dibulatkan ke 2 desimal. Besar *error* untuk uji keakurasian gravimeter pada titik ini ialah 2,63 %. Sedangkan uji kepresisian, besarnya *error* bernilai  $0,45 \times 10^{-1} \%$ . Berdasarkan uji *error* 0-5 % (standar uji statistik), terlihat bahwa rancang bangun gravimeter ini bisa dikatakan berhasil.

### 5.3 Saran

Karena keluaran pengukuran berupa besaran listrik, yaitu kapasitansi  $C$  maka gravimeter ini bisa dikembangkan menjadi gravimeter digital.



## DAFTAR PUSTAKA

- Benson, H.1995. *University Physics*. Revised Edition. Amerika: John & Willey.
- David, J.G. 1995. *Introduction to Electrodynamics*. Second Edition. New Delhi: Prentice Hall.
- Giancoli, D.C. 1991. *Physics : Principles with Application*. Third edition. Amerika: Prentice Hall.
- Halliday D., Robert R., dan Kenneth K.1992. *Physics*. Fourth Edition. Canada: John & Willey.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Gravitasi> [ 10 November 2006]
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_gravity](http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_gravity) [24 Oktober 2007]
- Micro-g Solutions, FG-5 Absolute Gravimeter, <http://www.microgsolutions.com/fg5.htm>, Micro-g Solutions Inc.(2002). [ 3 November 2006]
- Sarojo, G.A. 2002. *Seri Fisika Dasar Mekanika*. Jakarta: Selemba Teknika.
- Subekti, A .2002. *Pengantar Eksperimen*. Jember: Penerbit Unej.
- Tim Penyusun Praktikum Eksperimen. 2005. *Buku Panduan Eksperimen II*. Jember: Jurusan Fisika F.MIPA Unej.
- Young, H.D & Freedman, R.A. 2006. *Fisika Universitas*. Jilid 1. Edisi ke-10. Jakarta: Erlangga.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

## A. DATA PENGAMATAN

| No | Nilai kapasitansi C yang terukur<br>di Stasiun Geofisika Karang Kates Malang |
|----|--|
| 1  | 12 pF  |
| 2  | 12.5 pF  |
| 3  | 12 pF  |
| 4  | 12.5 pF  |
| 5  | 12 pF  |
| 6  | 12 pF  |
| 7  | 12 pF  |
| 8  | 12 pF  |

Stasiun geofisika Karang Kates Malang ini mempunyai nilai percepatan gravitasi bumi sebesar 978140,61 mGal (9,7814061 m/s<sup>2</sup>). Dalam uji keakurasian dan kepresisian nilai ini dibulatkan menjadi 9,78 m/s<sup>2</sup>.

## B. PENGOLAHAN DATA

$$g = \frac{k}{m} \left( h - a - y_0 - \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{C} \right)$$

$$k = 3,12 \text{ N/m} \quad h = 0,4145 \text{ m}$$

$$m = 0,0543 \text{ kg} \quad y_0 = 0,1820 \text{ m}$$

$$a = 0,0626 \text{ m} \quad r = 0,0418 \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \quad \pi = 3,14$$

## B.1 Perhitungan nilai g:

Untuk  $C_1 = 12 \text{ pF} = 12 \times 10^{-12} \text{ F}$ , akan didapatkan  $g_1$

$$g_1 = \frac{3,12}{0,0543} \left( 0,4145 - 0,0626 - 0,1820 - \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 3,14 \times 0,0418^2}{12 \times 10^{-12}} \right) = 9,53 \text{ m/s}^2$$

Untuk  $C_2 = 12$ ,  $pF = 12$ ,  $\times 10^{-12}$  F akan didapatkan  $g_2$

$$g_2 = \frac{3,12}{0,0543} \left( 0,4145 - 0,0626 - 0,1820 - \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 3,14 \times 0,0418^2}{12,5 \times 10^{-12}} \right) = 9,54 \text{ m/s}^2$$

Nilai  $C_2$  dan  $C_4$  sama-sama bernilai 12,5 pF maka nilai  $g$  yang didapat juga sama, yaitu sebesar 9,54  $\text{m/s}^2$ .

Nilai  $C_1$ ,  $C_3$ , sampai  $C_8$  sama-sama bernilai 12 pF maka nilai  $g$  yang didapat juga sama, yaitu sebesar 9,53  $\text{m/s}^2$ .

### B.2 Perhitungan ralat $g$ ( $\Delta g$ ) dan $\bar{g}$

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^8 g_i}{8} = \frac{(2 \times 9,54) + (6 \times 9,53)}{8} = 9,53$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (g_i - \bar{g})^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{(2 \times (9,54 - 9,53)^2) + (6 \times (9,53 - 9,53)^2)}{(8-1)}} = 0,00430$$

### B.3 Uji presisi ( $\Delta g$ %) dan akurasi ( $d_{\text{deskrepansi}}$ %)

$$\Delta g \% = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\% = \frac{0,00430}{9,53} \times 100\% = 0,045 \%$$

$$d_{\text{deskrepansi}} \% = \left| \frac{(g_{\text{perhitungan}} - g_{\text{acuan}})}{g_{\text{acuan}}} \right| \times 100\% = \left| \frac{(9,53 - 9,78)}{9,78} \right| \times 100\% = 2,63 \%$$



**D. FOTO KOPI DESKRIPSI PENGUKURAN PILAR GAYA BERAT**

**D.1 Stasiun Geofisika Karang Kates malang**

No Stasiun : B AG.2.0320  
*Station No.*

Lokasi : Stasiun Geofisika Karangkates  
*Location*

Kodya/Kabupaten : Karangkates  
*City*

Propinsi : Jawa Timur  
*Province*

|                            |               |   |                |
|----------------------------|---------------|---|----------------|
| Lintang<br><i>Latitude</i> | 008° 09.01' S | Nilai gayaberat<br><i>Gravity Value</i> | 978140.61 mgal |
| Bujur<br><i>Longitude</i>  | 112° 27.02' E | Ketinggian<br><i>Elevation</i>          | 271 m<br>330 m |

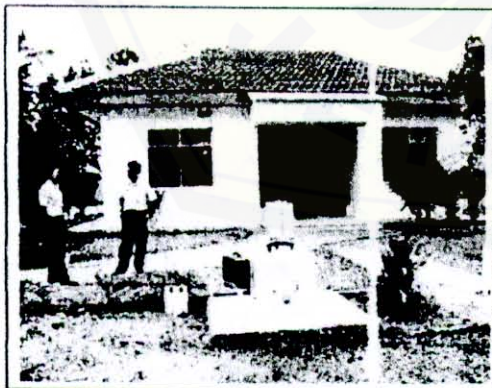
**Deskripsi** : Titik Dasar gayaberat di pilar depan Stasiun Geofisika

Date: September, 2003

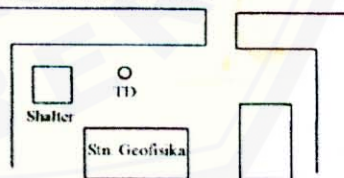
**Description** : Gravity base located in front of Geophysical station.

**DIAGRAM**

N  
↑



Jl. Raya Bendungan Labor No.40





**SURAT KETERANGAN SELESAI PERBAIKAN SKRIPSI**

Kami selaku Tim penguji Tugas Akhir/Skripsi dari mahasiswa yang tersebut di bawah ini :

Nama : Amirullah  
NIM : 021810201020  
Jurusan : Fisika  
Semester : 11  
Tanggal Ujian : 27 Desember 2007  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Pengukur Percepatan Gravitasi Bumi (Gravimeter) Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar.

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan perbaikan Tugas Akhir/Skripsi sebelum berakhirnya batas waktu yang telah diterapkan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.



Tim Penguji

Jember, 30 Januari 2008  
Ketua (DPU),

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.  
NIP 132 206 034

Jember, 30 Januari 2008  
Sekretaris (DPA),

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 131 945 799

Jember, 30 Januari 2008  
Anggota I,

Sutisna, S.Pd., M.Si.  
NIP 132 257 929

Jember, 30 Januari 2008  
Anggota II,

Agus Suprianto, S.Si., M.T.  
NIP 132 162 507