

EKSPERIMEN FISIKA I



Disusun Oleh :

Drs. Sukardiyono, M.Si

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2000

KATA PENGANTAR

EKSPERIMEN FISIKA I



Disusun Oleh :

Drs. Sukardiyono, M.Si

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2000

Penyusun

KATA PENGANTAR

Perkembangan ilmu fisika sebagaimana ilmu pengetahuan pada umumnya sangat bergantung pada pengamatan atau observasi percobaan-percobaan. Pengamatan suatu gejala alam belumlah lengkap jika belum memberikan informasi yang bersifat kuantitatif. Untuk memperoleh informasi yang bersifat kuantitatif dari suatu besaran fisis diperlukan pengukuran besaran fisis tersebut.

Pengukuran besaran fisis hampir tidak pernah memberikan memberikan nilai yang pasti dari nilai sebenarnya. Dengan kata lain, pengukuran suatu besaran fisis selalu dihindangi ketidakpastian. Ketidakpastian pengukuran bisa disebabkan oleh : 1) pengamat dalam memilih dan atau menggunakan atau alat ukur, 2) struktur mekanis alat serta pengaruh lingkungan yang keduanya akan mempengaruhi kemampuan pengukuran alat ukur, dan 3) penyebab lain yang tidak diketahui tetapi pasti terjadi. Meskipun demikian adalah sangat penting untuk mengetahui ketelitian yang sebenarnya dan kesalahan yang berbeda digunakan dalam pengukuran. Usaha yang bisa dilakukan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pengukuran adalah dengan mempelajari kesalahan-kesalahan tersebut, sehingga diharapkan bisa menghindari atau memperkecil kesalahan-kesalahan dalam pengukuran yang pada akhirnya bisa diperoleh ketelitian hasil akhir.

Untuk keperluan tersebut di atas, diktat ini membahas tentang hakekat fisika dan peranan eksperimen dalam pengembangan sains (termasuk fisika), pengertian dan tujuan eksperimen fisika, pengukuran besaran fisis dan kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pengukuran, teori perambatan ralat (kesalahan), cara menganalisa data baik secara statistik maupun secara grafik.

Saya menyadari bahwa diktat ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saya sangat mengharapkan saran serta kritik untuk kesempurnaan diktat ini. Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan diktat ini.

Penyusun

	DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR		ii
DAFTAR ISI		iii
BAB I. PENDAHULUAN I		36
1.1. Hakekat Fisik		1
1.2. Peranan Eksperimen dalam Pengembangan Sains		2
BAB II. PENGERTIAN EKSPERIMEN FISIKA		6
2.1. Pengertian Eksperimen (Percobaan)		6
2.2. Tujuan Eksperimen Fisika		6
BAB III. PENGUKURAN BESARAN FISIS		
3.1. Pengukuran Besaran Fisis		8
3.2. Jenis-Jenis Kesalahan dalam Pengukuran		9
3.2.1. Kesalahan-kesalahan umum (<i>gross error</i>)		10
3.2.2. Kesalahan-kesalahan sistematis (<i>systematic error</i>)		10
3.2.3. Kesalahan-kesalahan acak (<i>random error</i>)		12
BAB IV. ANALISIS STATISTIK		14
4.1. Nilai rata-rata (<i>arithmetic mean</i>)		14
4.2. Penyimpangan terhadap nilai rata-rata		15
4.3. Penyimpangan rata-rata (<i>average deviation</i>)		15
4.4. Deviasi standar		15
4.5. Distribusi Gauss		16
4.6. Arti statistik deviasi standar		20
4.7. Kesalahan yang mungkin (<i>probable error</i>)		22
BAB V. PERAMBATAN RALAT		26
5.1. Ketidakpastian (ralat) yang tidak dapat diukur langsung		26
5.1.1. Untuk Δx dan Δy yang ditentukan dari pembacaan nilai skala terkecil (untuk data pengukuran tunggal)		27
5.1.2. Untuk Δx dan Δy berupa simpangan baku (untuk data pengukuran berulang)		29

5.1.3. Untuk Δx dan Δy yang berbeda sifat sebarannya	33
5.2. Ketidakpastian relatif dan ketelitian pengukuran	34
5.3. Angka penting	35
5.3.1. Pengertian angka penting	35
5.3.2. Ketentuan penulisan angka penting	36
5.3.3. Pembulatan angka penting	38
5.3.4. Memperlakukan angka penting dalam perhitungan	38
BAB VI. METODA GRAFIS	40
4.1. Penentuan garis lurus terbaik secara grafik	40
4.2. Metoda kuadrat terkecil	43
4.2.1. Menentukan garis lurus terbaik dengan persamaan $y = mx + n$	43
4.2.2. Ketidakpastian pada m dan n	46
DAFTAR PUSTAKA	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Hakekat Fisika

Fisika merupakan salah satu cabang sains (ilmu pengetahuan alam). Sains merupakan sekelompok pengetahuan tentang obyek dan fenomena alam yang diperoleh dari hasil pemikiran dan penelitian para ilmuwan yang dilakukan dengan ketrampilan bereksperimen, dengan menggunakan ketrampilan metoda ilmiah. Obyek dan fenomen alam tersebut berada dalam keteraturan dan mengikuti hukum-hukum alam, melibatkan konsep-konsep yang berkaitan. Disamping itu, hasil atau kesimpulan yang diperoleh bersifat sementara.

Carin mendefinisikan sains sebagai suatu kumpulan pengetahuan yang tersusun secara sistematis, yang dalam penggunaan secara umum terbatas pada gejala-gejala alam. Perkembangan sains tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan-kumpulan fakta, melainkan juga ditandai munculnya metoda ilmiah dan sikap ilmiah. Metoda ilmiah merupakan metoda yang biasa digunakan oleh seorang ilmuwan dalam memecahkan masalah. Langkah-langkah yang biasa ditempuh dalam metoda ilmiah adalah : (1) identifikasi dan menyatakan masalah, (2) merupakan hipotesis, (3) merancang dan melaksanakan percobaan, (4) pengamatan dan pengumpulan data, (5) analisa data, (6) mengulang kembali untuk membuktikan atau mencocokkan kebenaran data, dan (7) menarik kesimpulan. Sedangkan sikap ilmiah merupakan disposisi seseorang yang ditunjukkan secara emosional dalam merespons seseorang, kelompok, masalah, kebiasaan/kenyataan atau benda-benda dengan cara-cara tertentu. Sikap ilmiah tersebut meliputi : hasrat ingin tahu, kerendahan hati, jujur, obyektif, kemauan untuk mempertimbangkan data baru, pendekatan positif terhadap kegagalan, determinasi, sikap keterbukaan, ketelitian, dan sebagainya. Kesemuanya itu merupakan suatu keyakinan atau nilai-nilai yang harus diikuti oleh seorang peneliti.

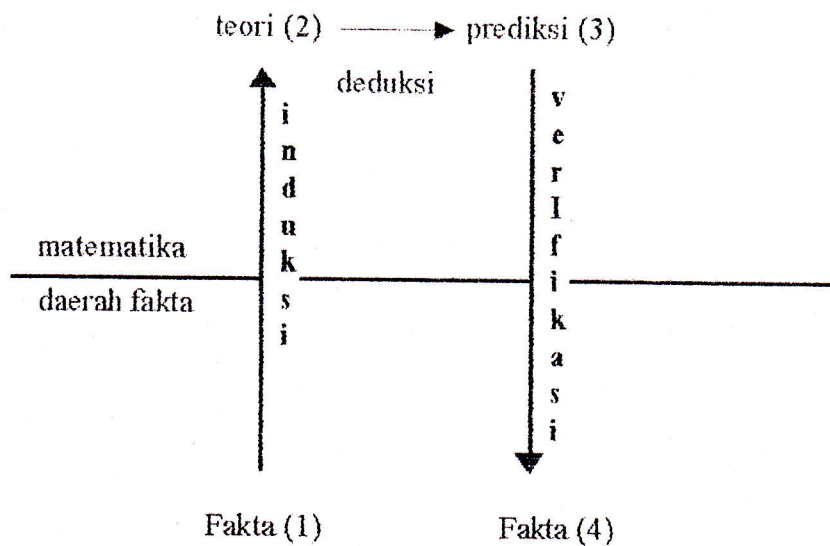
Fisika menurut Brockhaus adalah pelajaran tentang kejadian alam, yang memungkinkan penelitian dengan percobaan, pengukuran apa yang didapat, penyajian secara sistematis, dan berdasarkan peraturan-peraturan umum.

Sedangkan menurut Alonso Finn, Fisika merupakan sains yang bersifat kuantitatif yang memerlukan matematika untuk menyatakannya.

Berdasarkan beberapa definisi tentang fisika, jelaslah bahwa obyek dari fisika sebagai bagian dari sains adalah kejadian alam. Kejadian alam ini kemudian dilukiskan. Antara fisika dengan kejadian alam bisa diibaratkan sebagai hubungan antara gambar dengan bendanya, dengan menggunakan matematika sebagai bahasa.

1.2. Peranan Eksperimen dalam Pengembangan Sains

Asas semua cabang ilmu pengetahuan, termasuk sains, adalah pengamatan atau observasi. Untuk pengembangan sains, Einstein menekankan bahwa sains harus dimulai dengan fakta (1) dan berakhir dengan fakta (4). Fakta yang diperoleh kemudian menjadi fakta baru dan menjalani siklus yang sama (lihat Gambar 1.1)



Gambar 1.1. Skema Pengembangan Sains

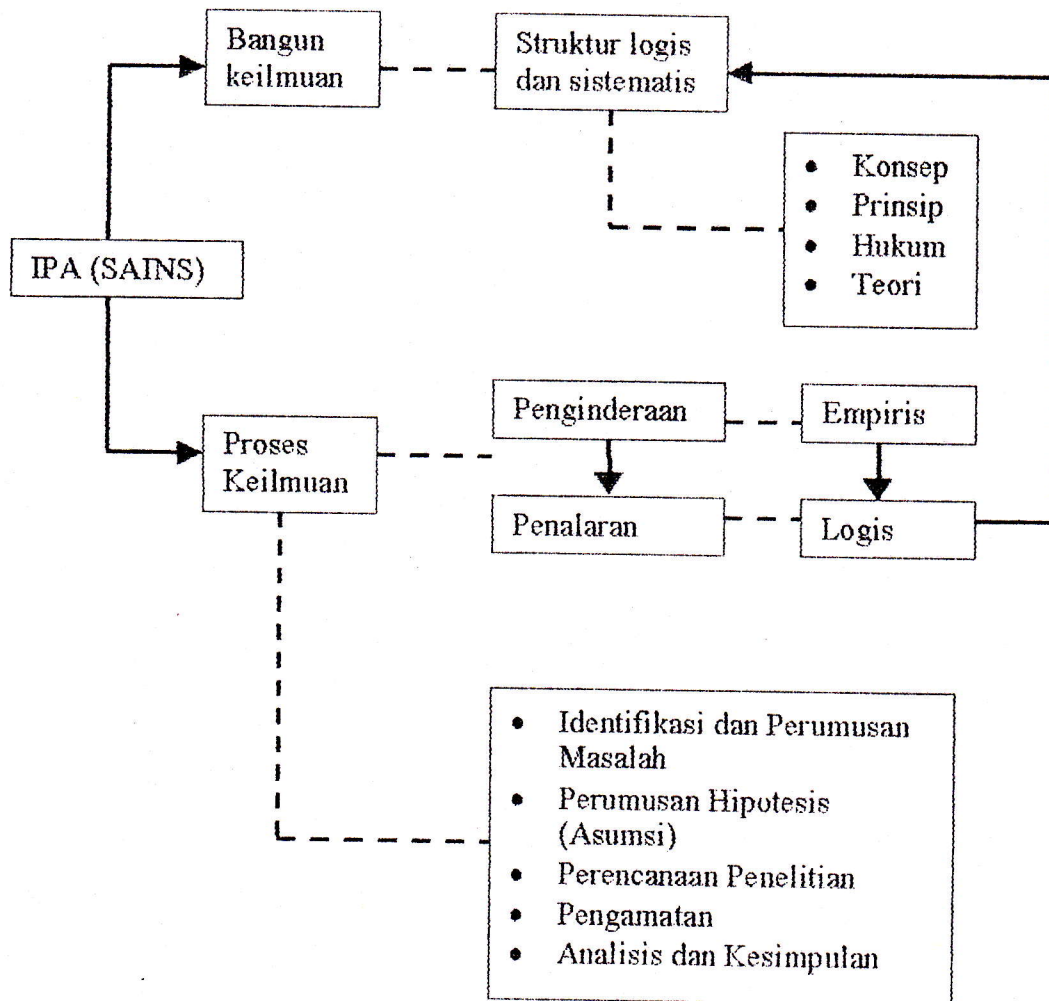
Di sini ilmuwan mengemukakan teorinya (2) secara tentatif melalui induksi yang diawali dengan mengumpulkan sejumlah fakta (1). Kemudian diadakan prediksi

prediksi (3) melalui deduksi. Apabila sejumlah observasi yang dimaksudkan untuk verifikasi prediksi tadi tidak mendukung teori sebelumnya, maka teori lama diubah atau dimodifikasi menjadi teori baru. Dengan demikian, fakta pada tahap keempat ini merupakan fakta baru dan menjalani siklus yang sama seperti sebelumnya. Garis mendatar menunjukkan adanya pemisah antara daerah eksperimen yaitu fakta dengan teori yaitu daerah matematika.

Langkah induksi dapat diartikan sebagai proses ilmuwan dalam membentuk teori untuk menjelaskan fakta yang diobservasi. Pengetahuan induksi adalah empiris dan merupakan pemikiran untuk mencapai kesimpulan atau generalisasi dari fakta hasil observasi atau eksperimen. Adapun deduksi merupakan suatu langkah penarikan kesimpulan dari satu atau beberapa premis.

Oleh Sund sains didefinisikan sebagai bangun keilmuan ("*body of knowledge*") dan sebagai proses keilmuan. Sebagai bangun keilmuan, sains merupakan suatu kumpulan konsep-konsep, prinsip-prinsip, hukum-hukum, dan teori-teori. Sedangkan sebagai proses keilmuan, sains sering diartikan sebagai "*problem solving*".

Secara struktur, sains dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.2. Struktur Sains.

Sesuai struktur sains tersebut, sains bukan semata-mata pengetahuan, tetapi lebih dari itu sains melibatkan operasi mental, ketrampilan manipulatif dan berhitung maupun strategi-strategi, dsb. dalam rangka menemukan hakekat alam. Hal tersebut menunjukkan bahwa sains bersifat dinamis dan tidak statis, dan semua itu terangkum dalam komponen proses keilmuan dalam sains.

Berdasarkan skema pengembangan sains dan struktur sains di atas, jelaslah bahwa dalam proses pengembangan ilmu pengetahuan alam (sains) menuntut adanya penalaran empiris yang berupa kegiatan (penelitian) laboratorium dan

penalaran logis untuk menyusun kesimpulan atau teori baru berdasarkan data-data penelitian. Dengan demikian, pengembangan teori dan penelitian eksperimental merupakan dua langkah yang saling susul menyusul dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Hipotesa, teori dan hukum-hukum dilahirkan dari hasil eksperimen, sebaliknya eksperimen berperan juga sebagai alat untuk menguji dan untuk memperbaiki teori, hipotesa dan hukum-hukum yang dihasilkan dari eksperimen sebelumnya.

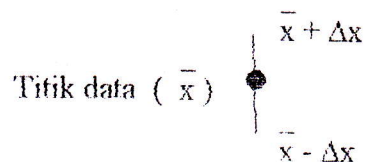
dan seterusnya

BAB VI METODA GRAFIS

Metoda grafis merupakan salah satu metoda untuk menguji hubungan antara besaran-besaran fisis terukur. Berdasarkan data pengukuran dari besaran-besaran fisis kita gambarkan grafik hubungan antara besaran-besaran fisis terukur dan selanjutnya kita menganalisis grafik tersebut.

Ada beberapa petunjuk yang perlu diperhatikan dalam menggambar grafik :

1. Gunakan pensil atau pena yang tajam.
2. Gambarkan grafik tersebut dalam satu halaman penuh.
3. Berikan judul yang sesuai dengan grafik tersebut.
4. Sumbu vertikal grafik (sumbu y) menggambarkan variabel terikat (*dependent*), sedangkan sumbu horisontal grafik (sumbu x) menggambarkan variabel bebas (*independent*).
5. Berikan label (nama besaran fisis) serta satuannya pada masing-masing sumbu.
6. Pilih skala untuk masing-masing sumbu grafik dan awali dengan skala nol (jika memungkinkan).
7. Gunakan batabg-batabg ralat untuk menyatakan ketidakpastian setiap data pengamatan.



8. Gambarkan kurva halus (*smooth*) yang melalui titik-titik data.

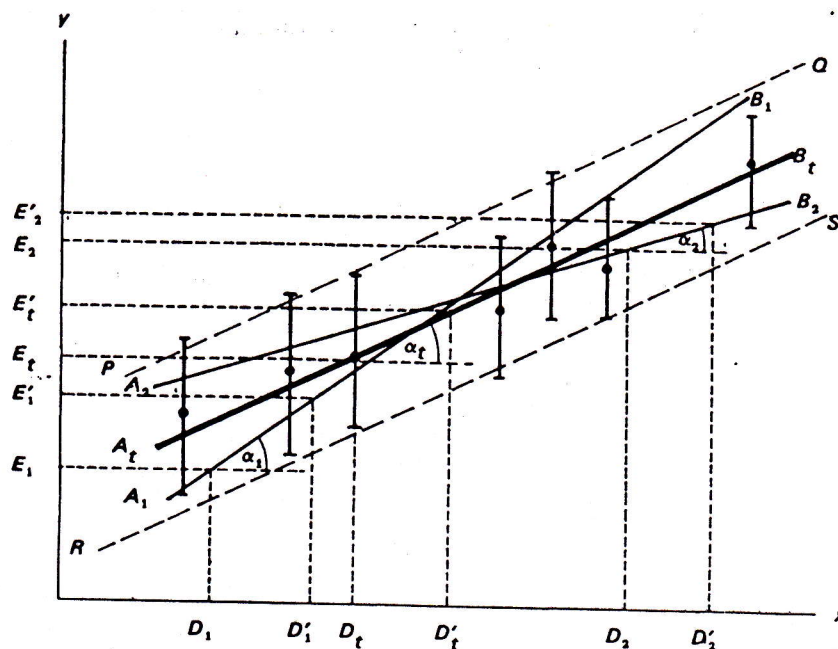
4.1. Penentuan garis lurus terbaik secara grafik

Sebagai gambaran marilah kita perhatikan grafik di bawah ini yang menunjukkan hubungan antara besaran fisis y yang merupakan variabel terikat dengan besaran fisis x sebagai variabel bebas x. A_1B_1 merupakan garis lurus terbaik (garis lurus yang melalui semua titik dan kawasannya) yang diperoleh dengan cara memandang. Akan tetapi semua garis yang terdapat di dalam berkas PQ dan RS merupakan garis yang dianggap benar juga, karena berkas PQ dan RS adalah kedua

garis (terluar) yang masih diijinkan karena masih melalui kawasan titik. Kedua berkas tsb (PQ dan RS) sejajar dengan A_1B_1 . Apabila garis A_1B_1 mempunyai persamaan garis :

$$y_t = m_t x + n_t \quad (6.1)$$

dalam hal ini m_t menyatakan kemiringan garis A_1B_1 dan n_t menyatakan titik potong antara garis A_1B_1 dengan sumbu vertikal. Bagaimanakah menentukan Δm_t dan Δn_t .



Gambar 5.1. Garfik hubungan antara besaran fisis y dengan besaran fisis x dan menentukan ketidakpastian dengan cara memandang.

Garis A_1B_1 merupakan garis lurus terbaik yang mempunyai kemiringan m_t . Berkas PQ dan RS adalah kedua garis (terluar) yang masih diijinkan karena masih melalui kawasan titik. Kedua berkas tsb (PQ dan RS) sejajar dengan A_1B_1 . Dengan demikian kemiringan garis lurus yang berada di dalam bnerkas PQ dan RS dapat digunakan untuk menentukan Δm_t . Garis A_1B_1 dengan kemiringan m_t serta memotong sumbu vertikal di y_1 dan A_2B_2 dengan kemiringan m_2 serta memotong

sumbu vertikal di y_2 , masing-masing menggambarkan garis-garis dengan kemiringan terbesar dan terkecil yang masih sesuai dengan data tsb.

Ketidakpastian untuk m_t yaitu Δm_t ditentukan dengan cara sebagai berikut :

Ketidakpastian kemiringan = 1/2 x (kemiringan maksimum – kemiringan minimum) harus terbalik dengan cara memandang). Yang berbeda (6.2a)

$$\Delta m_t = \frac{1}{2} x (m_1 - m_2) \quad (6.2b)$$

$$\Delta m_t = \frac{1}{2} x (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) \quad (6.2c)$$

$$\Delta m_t = \frac{1}{2} x \left(\frac{E_1' - E_1}{D_1 - D_1} - \frac{E_2' - E_2}{D_2 - D_2} \right) \quad (6.2d)$$

Ketidakpastian untuk n_t yaitu Δn_t ditentukan dengan cara sebagai berikut :

Ketidakpastian titik potong garis dengan sumbu vertikal

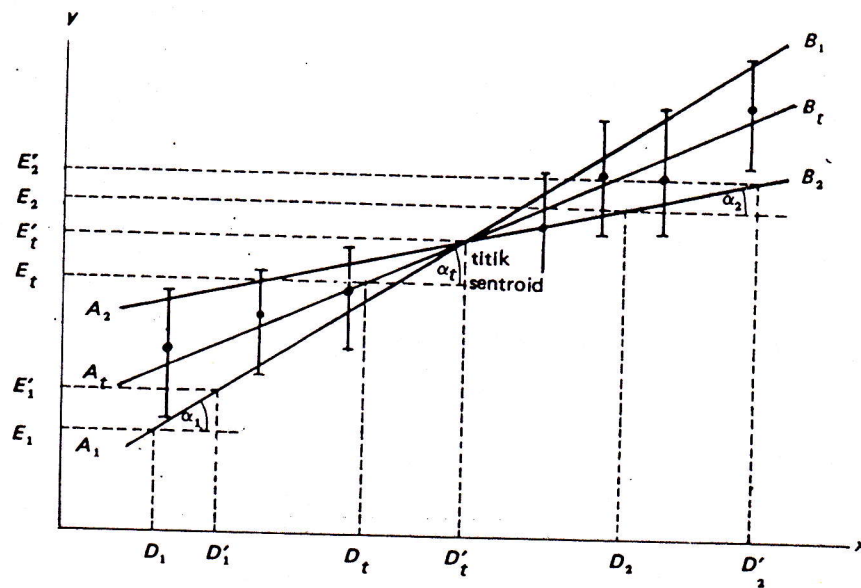
= 1/2 x (titik potong garis yang mempunyai kemiringan minimum dengan sumbu vertikal - titik potong garis yang mempunyai kemiringan maksimum dengan sumbu vertikal) (6.3a)

$$\Delta n_t = \frac{1}{2} (y_2 - y_1) \quad (6.3b)$$

Pada akhirnya diperoleh nilai konstanta persamaan garis beserta ketidakpastiannya $m_t \pm \Delta m_t$ dan $n_t \pm \Delta n_t$.

Di samping dengan cara memandang seperti yang telah dijelaskan di atas, garis lurus terbaik dari suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara besaran fisis y yang merupakan variabel terikat dengan besaran fisis x sebagai variabel bebas dapat dilakukan dengan menggunakan titik sentroid. Titik sentroid dari sekumpulan

titik adalah titik dengan koordinat $x = \bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$ dan $y = \bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$, dengan N adalah jumlah titik. Selanjutnya dibuat garis yang melalui titik (\bar{x}, \bar{y}) yang merupakan titik sentroid sedemikian rupa sehingga jumlah titik (garis) yang terdapat di atasnya kurang lebih sama dengan jumlah titik (garis) yang terdapat di bawahnya. Untuk menentukan Δm_t dan Δn_t caranya sama dengan cara sebelumnya (pada cara menentukan garis lurus terbaik dengan cara memandang). Yang berbeda hanyalah cara menentukan garis ekstrem yang masih diijinkan (A_1B_1 dan A_2B_2). Dalam cara ini, garis ekstrem harus melalui titik sentroid juga.



Gambar 5.2. Menentukan garis lurus dengan cara sentroid.

4.2. Metoda kuadrat terkecil.

4.2.1. Menentukan garis lurus terbaik dengan persamaan $y = mx + n$.

Misalkan dua besaran fisis x dan y yang diukur dalam suatu jangkauan nilai yang menghasilkan $x_i \pm \Delta x_i$ dan $y_i \pm \Delta y_i$ dengan $i = 1, 2, 3, \dots, N$. Berdasarkan data ini ingin dibuat suatu persamaan sederhana untuk y sebagai

dan seterusnya

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso Finn. (1980). *Fundamental University Physics*. Washington : DC Addison-Wesley.
- Anna Poedjiadi. (1987). *Sejarah dan Filsafat Ilmu*. Bandung : Depdikbud P2LPTK FPs IKIP Bandung.
- Bevington, Philip R. (1969). *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*. New York : McGraw-Hill.
- Cooper, WD. (1993). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran (terjemahan : Sahat Pakpahan)*. Jakarta : Erlangga.
- Djonoputro, BD. (1984). *Teori Ketidakpastian*. Bandung : Penerbit ITB.
- Druxes, H., et al. (1986). *Kompendium Didaktik Fisika (alih bahasa : Suparmo)*. Bandung : CV. Remadja Karya.
- Juli Astono. (1999). *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar I*. Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
- Kosijanto. (tt). *Lembar Kuliah Eksperimen Fisika I*. Yogyakarta : tp
- Moh. Amin. (1984). *IPA Sebagai Alat Pembentuk Sikap dan Perilaku*. Yogyakarta : FPMIPA IKIP Yogyakarta.
- Mundilarto dan Jumadi. (1989). *Praktikum Semi Terbuka Sebagai Model Yang Diharapkan Dapat Mengembangkan Keterampilan Proses Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA IKIP Yogyakarta*. Yogyakarta : FPMIPA IKIP Yogyakarta.
- Soejoto dan Euis Sustini. (1993). *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar*. Jakarta : Depdikbud Dirjendikti P2LPTK DIKTI.
- Yos. Sumardi. (tt). *Lembar Kuliah Metode Eksperimen Fisika*. Yogyakarta : tp.