

Pemanfaatan *Spreadsheet* Sebagai Sarana yang Mudah Dalam Pembelajaran Fisika

B. Suprpto Brotosiswojo
Departemen Fisika, ITB
Jl. Ganesa 10 Bandung 40132
E-mail : bensupra@fi.itb.ac.id

Abstrak

Bahwa *spreadsheet* seperti Excel dapat digunakan untuk membantu proses pembelajaran fisika mungkin tidak pernah terlintas dalam angan-angan banyak orang. Berikut disajikan sejumlah hasil pengalaman penulis yang selama tiga semester yang baru lalu mengajarkan bagaimana menggunakan *spreadsheet* tersebut sebagai media fisika komputasi kepada mahasiswa tingkat 2 dan 3 di ITB. Topik seperti mekanika gelombang dan listrik dapat disimulasikan lewat cara yang relatif mudah dan sederhana. Mencari solusi numerik persamaan diferensial cukup dilakukan lewat proses 'copy' dan 'paste' pada sel-sel *spreadsheet*. Tersedianya fungsi-fungsi matematik untuk sel-sel, fasilitas grafik serta pemrograman lewat makro membentuk lingkungan belajar yang lengkap dan saling mengisi. Melalui kombinasi itu mahasiswa diharapkan bukan hanya belajar bagaimana membuat program, tetapi juga dapat melihat sendiri secara transparan mengapa langkah-langkah itu yang harus dilakukannya.

Kata kunci : fisika pakai excel, pengajaran fisika, komputasi fisika

Abstract

Perhaps it never enter into our mind that *spreadsheet* like Excel can be used as an effective media for learning physics. This paper presents samples of the author teaching experience during the past three consecutive semesters for second and third year students in ITB. Topics like mechanics, wave and electricity can easily be simulated. Solving differential equation can be carried out by simple copy and paste on cells in the *spreadsheet*. The availability of rich mathematical functions for cells, graphics presentation, and programming through macro, creates an ideal learning environment. Students would not only learn how to write computer programs, but they also learn from hands on experience what they are actually doing.

Keywords : physics by excel, *spreadsheet*, physics education, computer in physics

1. Pendahuluan

Bagi kebanyakan orang di lingkungan fisika *spreadsheet* seperti misalnya Excel lebih banyak dirasakan gunanya dalam urusan administrasi perkantoran, seperti membuat daftar nilai mahasiswa, menghitung gaji dosen dan karyawan, menghitung anggaran, ..dsb. Bahwa Excel juga dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu mempelajari fisika memang belum banyak disadari, bahkan mungkin tak terpikirkan. Padahal, kalau disimak secara cermat, di sana terdapat fasilitas hitung untuk hampir semua fungsi yang lazim kita gunakan untuk fisika. Fasilitas untuk memindahkan data ke bentuk grafik juga ada di situ.

Selama 3 semester yang telah berselang ini penulis mengajarkan penggunaan Excel sebagai alternatif dari pemrograman yang dilakukan lewat Pascal yang sudah menjadi tradisi selama ini. Pengajaran itu menggunakan wadah kuliah pilihan yang di ITB di sebut "Kapita Selecta Fisika Komputasi". Berikut adalah beberapa contoh yang dapat dipelajari, sekedar untuk memberi gambaran tentang wujudnya. Informasi yang lebih lengkap terdapat pada diktat kuliah khusus untuk itu, yang mencakup topik-topik yang tidak lazim ada dalam kurikulum fisika masa lalu.

2. Mempelajari Gelombang

Unsur dasar dari fungsi-fungsi periodik adalah fungsi sinus dan cosinus. Karena itu contoh ini akan mulai dengan pembuatan gelombang sinus.

Langkah-1:

Untuk dapat menggambar dengan Excel kita perlukan data pasangan koordinat (x,y). Data x-nya dapat diletakkan sel A dari A11 sampai katakanlah A111. Interval jaraknya boleh dipakai 0.1. Dimulai dengan A11=0, dapat dibuat A12 = A11+0.1. Kalau rumus tersebut di 'copy' ke A13 s/d A111 maka kita dapatkan deretan nilai dari 0 hingga 10, cukup menampung gambar lebih dari satu panjang gelombang. Untuk mengisi data y-nya dibuat sel B11 = sin(A11). Kalau 'rumus' tersebut di 'copy' ke sel B12 s/d B111 maka didapatlah data y yang kita perlukan. Sekarang dilukis gambarnya dengan memilih misalnya grafik X-Y Scatter. Jadilah lukisan gelombang sinus tadi. Tetapi gelombang itu mestinya menjalar, bagaimana caranya agar yang tampil adalah grafik yang bergerak menjalar ke kiri atau ke kanan ?

Langkah-2:

Tampilan fungsi sinus tadi akan bergeser ke kiri apabila kita menambahkan 'fase' pada data y. Maksudnya, kalau kita ganti sel B11 menjadi = sin(A11+fase). Manfaatkan sekarang fasilitas untuk

memberi nama pada sebuah sel. Misalnya kalau sel nomer A5 diberi nama fase, maka sebenarnya tercatatlah sebuah definisi variabel 'fase' yang nilainya bergantung pada bilangan apa saja yang kita isikan pada sel A5 tadi. Jadi kalau sel A5 diisi nilai 0.8 maka grafik akan bergeser ke kiri sebesar 0.8 radian. Silahkan mencoba, dengan memasukkan pelbagai nilai pada sel A5.

Langkah-3:

Dari pengalaman di atas, proses menggerakkan lukisan gelombang ke kanan atau ke kiri sesungguhnya dapat dilakukan dengan menaikkan nilai 'fase' setahap demi setahap. Misalnya untuk menggerakkan gelombang ke kanan kita isikan berturut-turut nilai fase -0.1, -0.2, -0.3, ...dst. Hanya saja kalau itu dilakukan secara manual prosesnya lambat dan tidak menarik. Untuk itu bisa dimanfaatkan fasilitas makro yang tersedia. Makro sesungguhnya sebuah program yang isinya prosedur dalam bahasa Visual Basic. Jadi kalau kita buat makro dengan nama maju yang untkannya :

```
Sub maju()
For n = 1 to 500
Range("A5").FormulaR1C1 = - n*0.1
DoEvents
Next n
End Sub
```

maka secara berturut-turut sel A5 yang namanya 'fase' itu isinya akan diganti dengan nilai -0.1, -0.2, -0.3,s/d -5.0 . Jika makro tersebut dijalankan maka akan dapat diamati grafik gelombang sinus yang menjalar ke kanan.

Langkah-4 :

Sudah barang tentu pelajaran gelombang bukan hanya berisi membuat lukisan sebuah gelombang sinus yang menjalar. Bagian terpenting adalah bagaimana menanamkan konsep superposisi gelombang, apa makna dari panjang gelombang, peranan amplitudo, peranan frekuensi, ...dst. Itu semua dapat dilakukan dengan bekal pada pengalaman pendek tadi. Misalnya, superposisi dua gelombang dapat diwujudkan melalui nilai simpangan pada masing-masing titik lokasi, jadi cukup dilakukan dengan membuat kolom baru yang isinya merupakan jumlah nilai dua komponennya. Akan dapat disaksikan bagaimana membuat gelombang superposisi yang tidak menjalar dari komponen yang masing-masing menjalar.

Catatan :

Ada 3 komponen dalam spreadsheet ini yang dapat dimanfaatkan untuk belajar fisika. Komponen pertama adalah sel-sel pada spreadsheet yang dapat menampung baik data, maupun variabel. Ketergantungan isi sel yang satu dengan yang lain dapat dihubungkan melalui sebuah fungsi matematik. Sebagian besar fungsi matematik yang lazim diperlukan di fisika sudah terdapat di sana. Komponen yang kedua adalah grafik yang dapat digunakan untuk menampilkan data yang tersedia pada sel-sel yang ada. Ragam grafiknya juga cukup untuk menangani ungkapan yang lazim diperlukan di fisika. Komponen ketiga adalah subrutin yang dapat diwujudkan lewat makro. Lewat subrutin ini proses perantara yang

berupa program-program biasa dapat diperintahkan untuk dilakukan oleh komputer. Itu memungkinkan diwujudkan "real-time simulation" yang dapat diamati lewat tampilan grafik.

3. Solusi numerik persamaan diferensial

Hukum-hukum dasar fisika, misalnya untuk topik mekanika, rangkaian listrik LCR, termodinamika, lazimnya berbentuk persamaan diferensial; ada yang hanya derajat satu dan juga ada yang derajat dua. Perangai obyek alam yang dipandu oleh hukum-hukum seperti itu baru diketahui kalau kita dapat mencari solusi persamaan diferensialnya. Jumlah obyek alam yang riil yang persamaan diferensialnya dapat ditemukan solusinya secara analitik amat terbatas. Kehadiran mesin komputer mempermudah upaya kita mencari solusi-solusi yang untkannya numerik, sehingga paling sedikit kita dapat menggambarkan perangnya meskipun mungkin tidak sangat sempurna.

Persamaan Diferensial Derajat-1

Gejala alam seperti peluruhan bahan radioaktif, pelepasan muatan listrik pada kapasitor, atau penurunan suhu benda lewat konduksi kalor, umumnya dapat dilukiskan oleh persamaan diferensial derajat satu :

$$\frac{dy(t)}{dt} = -\alpha \cdot y(t) \quad [2-1]$$

$y(t)$ adalah kadar radioaktif pada saat t , dan α adalah tetapan yang terkait dengan jenis bahan radioaktif yang dibahas.

Dengan membagi variabel t ke dalam interval dt yang kecil-kecil, persamaan tersebut dapat diungkap sebagai persamaan beda hingga :

$$y(t + dt) = y(t) - \alpha \cdot y(t) \cdot dt \quad [2-2]$$

Sama halnya dengan garapan pada kasus gelombang, deretan data nilai t dapat diungkap pada kolom A dan nilai y dapat diungkap pada kolom B. Besaran α dapat dijadikan parameter yang nilainya dapat diletakkan pada sel yang kita beri nama 'alfa'. Solusi persamaan [2-1] hanya terwujud bila kita menetapkan nilai awalnya $y(0)$. Kalau kita mengikuti pola yang sama dengan kasus gelombang, maka sel A11 diberi nilai 0, sel A12 = A11+0.1 lalu di *copy* ke sel A13 s/d sel A111. Sel B11 diberi nilai 100 misalnya, lalu sel B12 = B11-alfa*B11*0.1 Proses iterasi dapat dilakukan dengan cara 'copy' sel B12 ke sel B13 s/d B11. Untuk melihat perangnya dapat dilukiskan sebagai grafik X-Y scatter dengan data kolom A dan kolom B. Perangai solusi ini dapat diamati dengan merubah nilai parameter 'alfa' pada sel A5. Tentu saja, persamaan [2-1] sesungguhnya punya solusi analitik, yaitu

$$y(t) = y(0) \cdot \exp(-\alpha \cdot t) \quad [2-3]$$

sehingga hasil solusi numerik dapat dibandingkan dengan hasil analitik. Kalau ternyata hasilnya sesuai dengan hasil data pengamatan eksperimen, tentunya model matematik seperti itu dapat diterima. Hanya saja model itu tetap karangan manusia yang belum tentu benar. Jika

seandainya yang lebih cocok adalah proses yang lebih lamban, seperti misalnya

$$\frac{dy(t)}{dt} = -\alpha \cdot \ln[y(t)] \quad [2-4]$$

sudah pasti akan sulit sekali menemukan solusi analitik. Meskipun begitu, untuk mencari solusi numerik tidak ada masalah, tinggal menggantikan rumus pada B12 menjadi

$$B12 = B11 - \alpha \cdot \ln(B11) \cdot 0.1 \quad [2-5]$$

lalu di *copy* ke sel B13 s/d B111. Grafik akan menampilkan lukisan yang kita kehendaki. Tinggal diperiksa kecocokannya dengan data eksperimen. Jadi solusi numerik yang sangat mudah penganannya ini, tidak lagi menakutkan bagi mahasiswa untuk membuat model-model alternatif, serta memeriksa sendiri mana di antara model matematik itu yang paling sesuai dengan data hasil pengamatan yang ada.

Persamaan Diferensial Derajat-2

Obyek fisika populer untuk persamaan diferensial derajat dua adalah lintasan peluru. Ada baiknya ini dijadikan model awal yang perangnya sudah sangat dikenal, bahkan ada kecenderungan untuk dihafalkan. Untuk menampilkan itu dibutuhkan dua koordinat x dan y yang masing-masing bergantung pada waktu t. Kita perlu kolom yang banyak, satu untuk kolom t, tiga untuk x, vx, dan ax, tiga lagi untuk y, vy dan ay; semuanya 7 kolom yaitu A, B, C, D, E, F, G. Ungkapan persamaan mekanika Newton untuk gerak titik massa dalam 2-dimensi adalah

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = F_x \quad [2-6]$$

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = F_y$$

Untuk menyederhanakan jumlah parameter, kita pakai saja m=1. Khusus bagi gerak peluru ideal, nilai $F_x=0$ dan nilai $(F_y/m)=-9.8$.

Persamaan diferensial derajat dua memerlukan dua syarat awal yang harus kita tetapkan. Jadi kita perlu menetapkan $x(0)$, $v_x(0)$, $y(0)$ dan $v_y(0)$. Dalam contoh ini akan diambil $x(0)=0$, $y(0)=0$, $v_x(0)=40$, $v_y(0)=50$. Kolom A dapat diisi dengan nilai t dari 0 hingga misalnya 50. Mungkin perlu nilai dt yang lebih kecil misalnya $dt=0.02$ agar diferensialnya lebih cermat. Jadi untuk dapat meliputi rentang t sebesar 10 diperlukan 500 data. Itu bukan masalah karena kolom di spreadsheet sanggup menampung sekitar 64000 data. Nilai $a_x = (F_x/m) = 0$ untuk semua baris dapat kita letakkan di kolom B. Kolom C untuk v_x dimulai dengan nilai awalnya $C11= 40$. Nilai x diletakkan pada kolom D dengan nilai awal $D11=0$. Nilai $a_y = -9.8$ untuk semua baris dan diletakkan pada kolom E. Nilai v_y diletakkan pada kolom F dimulai dengan nilai awalnya $F11=50$. Nilai y diletakkan pada kolom G dimulai dengan nilai awalnya $G11=0$.

Kembali kita mengungkapkan diferensial dengan proses beda hingga:

$$v_x(t+dt) = v_x(t) + a_x(t) \cdot dt$$

$$v_y(t+dt) = v_y(t) + a_y(t) \cdot dt$$

$$x(t+dt) = x(t) + v_x(t) \cdot dt$$

$$y(t+dt) = y(t) + v_y(t) \cdot dt \quad [2-7]$$

Kalau diterjemahkan pada spreadsheet menjadi

$$C12 = C11 + B11 \cdot 0.02$$

$$F12 = F11 + E11 \cdot 0.02$$

$$D12 = D11 + C11 \cdot 0.02$$

$$G12 = G11 + F11 \cdot 0.02 \quad [2-8]$$

Rumus-rumus tersebut kemudian di *copy* ke baris 13 s/d 511. Kalau kemudian dibuat grafik X-Y scatter dengan data-x kolom D dan data-y kolom G, maka tergambarlah lintasan tersebut. Sejumlah parameter tentunya dapat dirubah-rubah nilainya, seperti misalnya $v_x(0)$, $v_y(0)$, $x(0)$ maupun $y(0)$.

Menampung Faktor Gesekan Udara

Model yang begitu sering dibahas itu jelas tidak cocok dengan hasil eksperimen. Menurut model matematika semacam itu, dua benda betapapun beda massanya, jika dilepas jatuh dari ketinggian yang sama pada saat yang sama pasti akan tiba di tanah pada saat yang sama pula. Padahal menurut pengamatan yang normal sebuah paku dan sepotong kapas kalau dilepas seperti itu tidak akan tiba di tanah dalam waktu yang sama. Ada bahaya bahwa lintasan peluru yang lazim dipelajari itu tetap digunakan untuk menjawab soal fisika dan dinyatakan sebagai jawab yang benar, meskipun kenyataannya tidak seperti itu. Untuk melukiskan lintasan yang sesungguhnya perlu ditambahkan sumber gaya lainnya, misalnya gesekan udara.

Dengan bantuan komputer proses mengikutsertakan gesekan udara bukan hal yang sukar diwujudkan. Gaya gesekan lazimnya bergantung pada kecepatan benda dan arahnya selalu berlawanan dengan kecepatan benda tersebut. Jadi, jika koefisien gesekan udara kita sebut 'beta', maka sebagai model sederhana pada ax dan ay ditambahkan

$$a_x = - (\beta) \cdot v_x$$

$$a_y = - (\beta) \cdot v_y \quad [2-9]$$

Andaikan beta bernilai 0.1 misalnya, maka pada program yang ada kita isikan

$$B12 = - 0.1 \cdot C11$$

$$E12 = -9.8 - 0.1 \cdot F11 \quad [2-10]$$

Proses *copy* bersama antara a_x , v_x , dan x dilakukan dari B12, C12, E12 ke sel B13,C13,D13 s/d B511,C511,D511. Demikian pula halnya dengan kolom E,F dan G. Maka sekarang didapatkan lintasan yang lebih riil dari gerak benda. Ungkapan gerak seperti ini barangkali belum pernah digarap sebelumnya. Dengan mengubah-ubah nilai beta dapat diamati perubahan perangai lintasan akibat gesekan udara. Beda antara gerak paku dan kapas dapat terjadi karena besarnya koefisien gesekan udara berbeda akibat luas permukaannya yang tidak sama.

Kerangka ('template')

Model yang baru saja di bahas itu juga dapat dipakai sebagai 'template' untuk gerak yang dipandu oleh gaya Newton. Seandainya persamaan geraknya diganti dengan persamaan untuk gerak planet mengitari bumi, atau untuk gerak pegas dalam dua dimensi, yang perlu diubah hanyalah ungkapan untuk ax dan ay . Kolom-kolom lainnya sama sekali tidak perlu diubah.

Menambahkan animasi gerak

Kalau ingin menambahkan tampilan yang lebih menarik, dapat ditambahkan subrutin pada makro. Grafik X-Y scatter juga dapat dipakai untuk menampilkan satu pasang data saja. Obyeknya boleh dipilih lingkaran, segitiga atau segiempat. Ukurannya pun dapat diatur menurut keinginan kita. Pasangan data tersebut dapat diletakkan misalnya pada sel B5 dan C5. Datanya kita *copy* dari data lintasan yang ada. Jadi subrutin makronya dapat dibuat sbb.

```
Sub Obyek()
For n = 1 to 500
Range("B5").FormulaR1C1=
Cells(10+n,5).Value
Range("C5").FormulaR1C1=
Cells(10+n,8).Value
DoEvents
Next n
End Sub
```

Jika makro tersebut dijalankan, maka obyek yang dilukis tadi akan bergerak sesuai dengan lintasan yang sudah digambar dengan grafik sebelumnya. Jika kita tidak ingin melihat gambar lintasan, grafiknya dapat dihapus tetapi datanya jangan.

4. Dinamika Benda Tegar

Sebagai contoh sederhana yang lain akan digarap mekanika benda tegar dalam dua dimensi yang relatif mudah penanganannya. Lagipula kalau harus disimulasikan geraknya di layar komputer, layarnya sendiri adalah bidang yang dimensinya dua. Realita yang sesungguhnya dalam alam tentunya benda tersebut berdimensi tiga. Untuk melukiskan benda semacam itu pada layar yang hanya berdimensi dua tidak mungkin. Yang lazim dilakukan adalah menggambarkan obyek dimensi tiga tersebut dalam perpektif, sehingga mata kita seolah-olah 'melihat' benda berdimensi tiga. Ada proses khusus pada teknik komputasi untuk tugas ini; lazimnya disebut 'rendering'.

Yang dimaksud dengan benda tegar adalah benda yang punya bentuk dan ukuran geometris yang tak berubah. Misalnya lingkaran, segiempat atau poligon pada umumnya. Ada titik pusat massa, yaitu tempat di mana gaya berat akibat gravitasi bumi, seolah-olah ditempatkan di titik tersebut. Untuk benda-benda yang bentuknya sederhana, dengan kerapatan massa yang homogen, titik massa itu terletak 'simetris' ditengah benda. Misalnya untuk bentuk lingkaran atau elips letaknya di pusat benda tersebut.

Gerak benda seperti itu biasanya diungkapkan sebagai penjumlahan dari dua gerakan, yaitu gerak translasi (biasanya pusat massanya) dan gerak rotasinya.

Untuk gerak rotasi dimensi dua, hanya diperlukan satu parameter yaitu sudut rotasi. Proses rotasinya sendiri dapat dirumuskan dalam bentuk yang sederhana.

Berikut contohnya. Misalkan kita punya benda tegar berbentuk segi-empat. Titik-titik sudut segiempat itu misalnya dapat dilukiskan dengan koordinat (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) dan (x_4, y_4) . Ketika benda itu melakukan proses rotasi sebesar sudut θ (teta) terhadap sumbu yang tegak lurus bidang dan menembus pada titik $(0,0)$, maka setiap pasangan (x, y) tadi koordinatnya akan berubah menjadi (x', y') yang nilainya

$$x' = x \cos(\theta) - y \sin(\theta) \quad [2-11]$$

$$y' = x \sin(\theta) + y \cos(\theta) \quad [2-12]$$

Membuat sebuah segiempat yang berputar

Pada sel A10 dituliskan kata "simpul", pada sel B10 dituliskan "x", dan pada sel C10 tuliskan "y". Itu sekedar catatan agar makna data yang menyertainya mudah dibaca. Pada sel A11 isikan 1, pada sel B11 isikan nilai = -1, pada C11 isikan nilai = -1. Kemudian pada sel A12 isikan 2, pada sel B12 isikan nilai = 1, pada C12 isikan nilai = -1. Pada sel A13 isikan 3, pada sel B13 isikan nilai = 1, pada C13 isikan nilai = 1 dan pada sel A14 isikan 4, pada sel B14 isikan nilai = -1, pada C14 isikan nilai = -1.

Kemudian dilukis grafik "x-y Scatter" jenis garis dengan empat data (x, y) baris 11 s/d 14. Yang tampak segiempatnya tidak tampak tertutup. Oleh karena itu perlu ditambahkan satu pasang data lagi di baris 15. Sel B15 diisi rumus = \$B\$11 dan di sel C15 rumus = \$C\$11. Dengan lima data ini tentunya akan tampak segiempat tertutup pada grafiknya.

Untuk tugas memutar, sudut teta dapat diletakkan pada sel A5. Sebagai nilai awalnya diisikan nilai 0 pada sel A5. Lalu sel D11 diisi d rumus = $B11 * \cos(\$A\$5) - C11 * \sin(\$A\$5)$, sel E11 diisi dengan rumus = $B11 * \sin(\$A\$5) + C11 * \cos(\$A\$5)$. Kemudian *copy* sel D11 ke sel D12 s/d D15, lalu sel E11 ke sel E12 s/d E15.

Grafik yang ada ditambah obyek kedua dengan sumbar data (D11, E11) s/d (D15, E15). Gambar obyek kedua tentunya masih berimpit dengan segiempat yang pertama. Tetapi kalau nilai A5 dirubah menjadi 0.2, 0.4, atau 1.1 maka segiempat kedua merupakan hasil perputaran dari segiempat pertama. Untuk menampilkan simulasi putaran, dibuat makro

```
Sub Putar()
For n = 1 to 310
Range("A5").FormulaR1C1 = n*0.1
DoEvents
Next n
End Sub
```

Jika makro tersebut dijalankan mestinya anda akan menyaksikan segiempat yang kedua berputar.

Untuk menambahkan gerak translasi titik massanya tentunya tak ada masalah, karena sudah dibahas pada contoh-1 dan contoh-2.

5. Catatan Akhir

Masih banyak contoh-contoh lain untuk memahami fisika yang dapat dibuat dengan Excel.

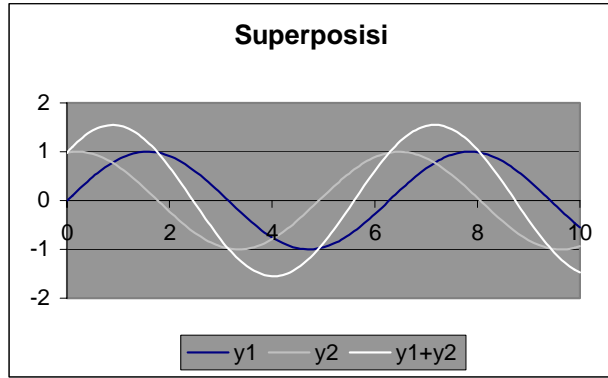
Bentuk-bentuk benda tegar yang lebih rumit dapat dilukis dengan apa yang dinamakan shape dan perangai tampilannya dapat dikendalikan lewat makro.

fasilitas 'help' yang ada pada spreadsheet itu dapat dipanggil sewaktu-waktu diperlukan bantuan pemrogramannya.

Bahan rujukan tidak disajikan di sini karena selama ini penulis belum menemukan yang tepat. Tetapi

file : Superposisi, Sheet1

	frek-sudut	fase	
	1	-0.2	
x	y1	y2	Superposisi
0	0	0.980067	0.98006658
0.1	0.099833	0.995004	1.09483758
0.2	0.198669	1	1.19866933
0.3	0.29552	0.995004	1.29052437
0.4	0.389418	0.980067	1.36948492
0.5	0.479426	0.955336	1.43476203
0.6	0.564642	0.921061	1.48570347

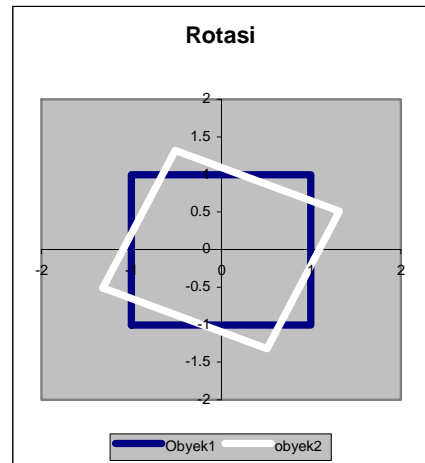


Gambar 1

B.Suprpto Brotosiswojo, catatan kuliah Komputasi Fisika 2001

file : BdTegar, Sheet1

"teta"				
31				
"simpul"	x	y	x-rotasi	y-rotasi
1	-1	-1	-1.31878	-0.5107
2	1	-1	0.510705	-1.31878
3	1	1	1.31878	0.510705
4	-1	1	-0.5107	1.31878
5	-1	-1	-1.31878	-0.5107



Gambar 2