

Fisika Matematika dalam Seni dan Humaniora

Ela Aliyani^{1,a)}, Triati Dewi Kencana Wungu^{2,b)}, Lilik Hendrajaya^{3,c)}

¹Magister Pengajaran Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)}el.al4427@gmail.com

^{b)}triati@fi.itb.ac.id

^{c)}lilik.hendrajaya3@gmail.com

Abstrak

Fisika matematika merupakan analisis suatu kajian fenomena fisika yang menggunakan matematika sebagai tools atau alat dalam memecahkan fenomena fisika tersebut. Penggambaran fisika matematika dengan kurva kreatif diperlukan untuk menambah kesan dalam memancing rasa penasaran dan rasa ingin tahu sehingga membuka wawasan lain dalam melihat persepsi fisika matematika yang berupa angka dan rumus ternyata mampu menjelaskan sesuatu yang bernilai estetis dan menjelaskan aspek humaniora. Salah satunya dengan mempelajari penggunaan koordinat polar (r, θ) dapat menghasilkan berbagai bentuk unik seperti kurva kardioida, lingkaran cincin, bunga dan daun clover. Proses tersebut merupakan sebuah jalan yang terbentuk jika kita memandang fisika matematika sebagai sesuatu pandangan baru yang bukan hanya rumus abstrak tapi pola indah yang mampu bernilai seni dan dapat kita aplikasikan dalam bentuk karya. Selain itu fisika matematika bisa kita hubungkan dalam aspek humaniora dari rumusan matematika untuk membantu memahami makna lain suatu analogi interaksi manusia sebagai makna baru matematika yang membuat wawasan lain tentang fisika matematika sebagai jalan utama dalam memahami fisika.

Kata-kata kunci: Fisika Matematika, Koordinat Polar, Kardioida, Seni, Humaniora.

PENDAHULUAN

Fisika matematika merupakan analisis suatu kajian fenomena fisika yang menggunakan matematika sebagai tools atau alat dalam memecahkan fenomena fisika tersebut. Pola berpikir fisika matematika dalam mempelajari fisika, tidak dapat kita pungkiri di universitas pun masih terasa sulit dipahami oleh beberapa mahasiswa sehingga dibutuhkan suatu metoda atau pola kreatif dalam memahami kajian fisika matematika. Misalnya dengan memberikan visualisasi gambar dari suatu persamaan matematika yang memiliki nilai seni dan estetika yang tinggi sehingga akan menambah kesan dalam memancing rasa penasaran dan rasa ingin tahu mahasiswa dalam melihat fenomena fisika ditinjau dari sudut pandang seni dan matematika. Diharapkan bahwa mahasiswa mampu menjelaskan fenomena abstrak melalui kajian fisika matematika.

Dalam penelitian ini akan dibahas beberapa konsep ditinjau berdasarkan konsep ruang dan penerapannya dalam ilmu sosial. Konsep ruang yang dimaksud dalam hal ini adalah penerapan koordinat polar pada model kardiod. Sebagai tambahan rumusan persamaan matematika akan dibahas juga untuk diterapkan pada permasalahan humaniora. Dengan adanya hubungan antara sains dan sosial diharapkan masyarakat dapat memecahkan permasalahan dari fenomena fisika dalam kehidupan sehari-hari secara sederhana dan menarik.

DAYA TARIK VISUAL DALAM KOORDINAT POLAR

Sistem koordinat adalah sistem yang digunakan untuk menentukan letak suatu titik pada bidang atau ruang. Beberapa macam sistem koordinat yang kita kenal, antara lain sistem koordinat Cartesius (Rene Descartes: 1596-1650), sistem koordinat polar, sistem koordinat tabung, dan sistem koordinat bola.

Dari sistem koordinat polar kita akan melihat kurva lain yang sebenarnya mampu membentuk kurva-kurva yang jauh lebih menarik dan bernilai seni apabila kita kembangkan lebih jauh lagi. Kurva-kurva yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai inspirasi para seniman dalam berkreasi dan membuka wawasan ternyata angka maupun persamaan koordinat mampu membentuk suatu karya melalui penggambaran kurva grafik yang unik seperti lambang: Kardioda, lingkaran cincin, clover, limacon, lemniskat, mawar, spiral dan sebagainya. Diantara kurva tersebut yang bentuknya paling menarik yaitu kardioda yang mirip dengan bentuk hati atau "cinta"

Kurva kardiod sendiri pertama kali di temukan oleh ilmuwan bernama Koersma di tahun 1689, dia adalah orang pertama yang menganalisis tentang kurva kardiod, hasil karyanya di muat dalam buku yang tentang "A Catalog Of Special Planes Curve", ada sebanyak 89 ilustrasi kurva unik di tampilkan dalam buku ini serta menjadi sumber rujukan peneliti-peneliti selanjutnya. Disisi lain dalam penelitian Ole Roemer (1674) menyebutkan bahwa yang pertama kali menemukan kurva ini adalah seorang ilmuwan yang bernama La Hire pada tahun 1708 dan dikembangkan selanjutnya oleh de Castillon dalam bukunya "Philosophical Transactions of the Royal Society" pada tahun 1741 serta menemukan luas kurva tersebut. Nama kardiod sendiri berasal dari bahasa Greek "Cardi" yang artinya hati dan merupakan sebuah kasus khusus penelitian "Limacon: a family of curves studied and named" oleh Etienne Pascal (1588 – 1640) yang merupakan ayah dari Blaise Pascal. Pada dasarnya kurva kardiod ini secara umum diberikan dalam rumusan :

$$r(\theta) = 2a(1 + \cos \theta) \quad (1)$$

Dengan :

r = Jari-jari lingkaran

a = Konstanta kurva

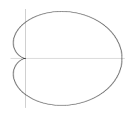
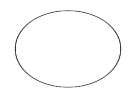
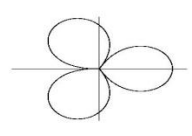
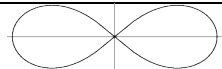
$\cos \theta$ = Kelengkungan Lingkarannya

Persamaan (1) didapat dari sebuah rumus umum kontruksi geometri dari persamaan polar yang dibuat sedemikian sehingga dapat mencakup bukan hanya persamaan kardiod saja melainkan, lemniskat, lingkaran, dan cinta. Pada dasarnya, kesemua kurva tersebut memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$r^{\frac{m}{2}}(\theta) = \cos\left(\frac{m}{2}\theta\right) \quad (2)$$

dalam sinusoidal spiral ditulis: $r^a(\theta) = \cos a\theta$ dengan $m/2 = a$. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel di bawah ini [5]:

Tabel 1. Susunan Pembentukan Kurva

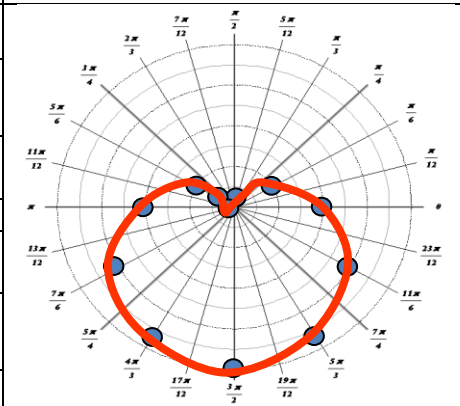
m	Persamaan	Nama Kurva	Bentuk Kurva
1	$r^{\frac{1}{2}}(\theta) = \cos\left(\frac{1}{2}\theta\right)$, atau $r(\theta) = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta)$	Kardiod	
2	$r(\theta) = \cos \theta$	Lingkaran	
3	$r^{\frac{3}{2}}(\theta) = \cos\left(\frac{3}{2}\theta\right)$, atau $r^3(\theta) = \frac{1}{3}(1 + \cos \theta)$	Daun Clover	
4	$r^2(\theta) = \cos 2\theta$	Lemniskat	

Kurva unik dan indah tersebut dihasilkan dari sebuah persamaan matematika yang mungkin orang awam lihat bahwa persamaan tersebut hanya sebuah angka yang abstrak namun sebenarnya mampu membentuk

sebuah kurva yang menarik untuk dipelajari. Untuk lebih jelasnya di bawah ini merupakan contoh kurva-kurva tersebut [1];

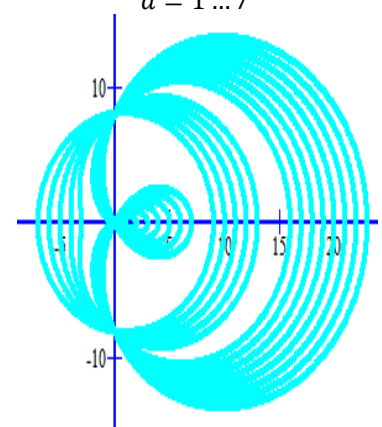
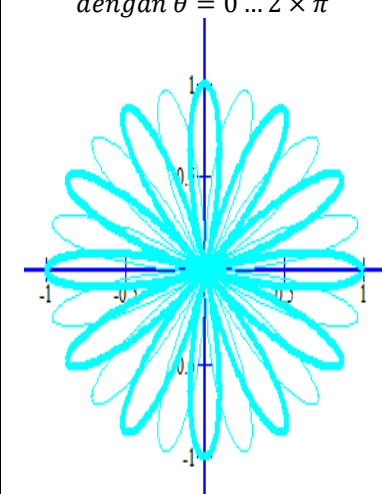
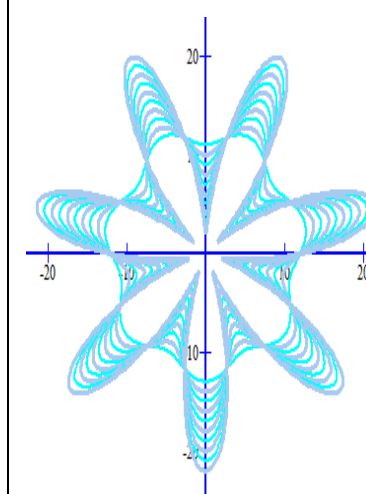
Bentuk kurva hati (cinta) dengan koordinat polar $r(\theta) = 1 - \sin\theta$

Tabel 2. Bentuk-bentuk kurva yang dihasilkan dari persamaan koordinat polar

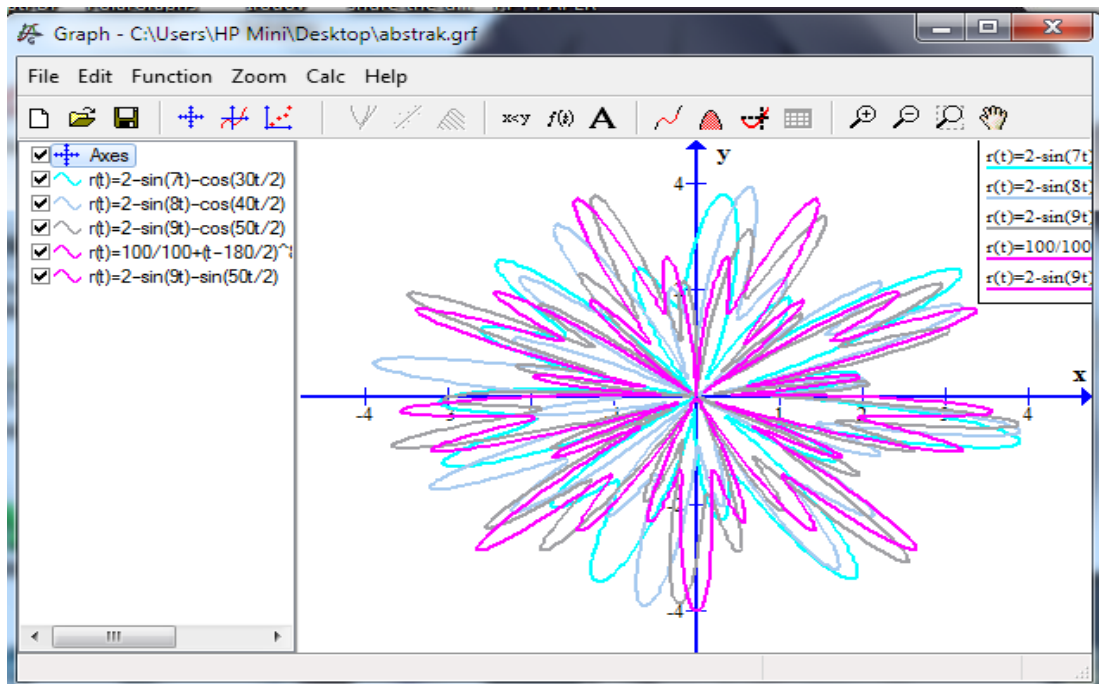
θ	$r = 1 - \sin\theta$	Bentuk Kurva
$-\frac{\pi}{2}$	$1 - (-1) = 2$	
$-\frac{\pi}{3}$	$1 - \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 1,87$	
$-\frac{\pi}{6}$	$1 - \left(-\frac{1}{2}\right) = 1,5$	
0	$1 - (0) = 1$	
$\frac{\pi}{6}$	$1 - \left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2}$	
$\frac{\pi}{3}$	$1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 0,13$	
$\frac{\pi}{2}$	$1 - (1) = 0$	

Selain itu kita akan melihat berbagai bentuk kardioid, yang grafiknya dibentuk dari persamaan: $r(\theta) = a \pm b \sin\theta$ atau $r(\theta) = a \pm b \cos\theta$, bentuk bunga dan bentuk campuran dengan $r(\theta) = a \sin(\theta)$ dan $r(\theta) = \cos(\theta)$ serta melihat bagaimana hubungan antara komponen-komponen efek grafik, yaitu dengan membandingkan a dan b

Tabel 3. Macam-macam bentuk gabungan kurva kardioida dan lingkaran

$r(\theta) = \{8 + 8\cos\theta\},$ $\theta = 0 \dots 2 \times \pi,$ $r(\theta) = \{8 + a\cos\theta\},$ $\theta = 0 \dots 2 \times \pi,$ dengan $a = 9 \dots 15$ $r(\theta) = \{8 + a\cos\theta\},$ $\theta = 0 \dots 2 \times \pi,$ $a = 1 \dots 7$	variasi sinus dan cosinus, memiliki tepat θ kelopak yang dibentuk yaitu; $r(\theta) = \{\sin 6\theta\}$ dan $r(\theta) = \{\cos 6\theta\}$ dengan $\theta = 0 \dots 2 \times \pi$	$r(\theta) = \{12 + a\sin 7\theta\},$ $\theta = 0 \dots 2 \times \pi,$ $a = 1 \dots 12$
		

Pembuatan kurva-kurva menarik di atas yaitu menggunakan bantuan aplikasi *Graph* agar hasil yang diperoleh lebih menarik, dimana tampilan aplikasi tersebut seperti pada gambar di bawah ini:



PENERAPAN KOORDINAT POLAR DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

Selain koordinat polar mampu menghasilkan plot-plot yang menarik ternyata banyak sekali pengaplikasian dalam daya tarik seni yaitu pembuatan karya seni seperti pajangan dengan bahan-bahan yang mudah didapatkan seperti paku, benang wol, dan kayu. Adanya penerapan ini bukan hanya dapat membantu mempelajari koordinat polar tapi menambah wawasan dalam mempraktekan langsung konsep yang di dapat seperti menghitung diameter, jari-jari agar membuat kurva yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan bahkan lebih jauh lagi bisa saja hasil karya tersebut mampu dikomersilkan. Dalam paper ini akan dibahas salah satu karya pajangan bentuk kardioid dengan prosedur sebagai berikut [6]:

Alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu:

- | | |
|--------------|-----------|
| - Paku | - Gunting |
| - Benang wol | - Tang |
| - Kayu | - Pensil |
| - Cat | - Jangka |
| - Palu | |

Langkah-langkah pembuatan karya seni kardioid berupa pajangan:

- 1) Siapkan papan yang telah dicat agar lebih menarik, ukuran papan disesuaikan dengan kebutuhan untuk membuat pajangan yang diinginkan.
- 2) Siapkan sejumlah paku sejumlah n buah.
- 3) Persiapkan pensil dan jangka untuk mengukur diameter maupun jari-jari lingkaran yaitu diameternya menggunakan rumus:

$$D = \frac{n}{\pi}, \text{ dimana } n \text{ adalah jumlah paku yang digunakan}$$

- 4) Selanjutnya mencari tau jarak antar paku yang akan digunakan, Katakanlah Anda memutuskan ingin lingkaran dengan jari-jari R , maka Anda perlu mengetahui jarak antara paku. lingkaran dengan jari-jari R yang Anda memiliki;

$$\text{Lingkar} = 2\pi R$$

- 5) Persamaan akhir untuk langsung mengetahui jarak paku Anda didasarkan pada radius yang diberikan adalah:

$$\text{Jarak Paku} = \frac{2\pi R}{n}$$

- 6) Setelah mendapat jarak paku yang didapat, lalu buatlah sketsa pada papan untuk memberikan ciri sesuai dengan hasil perhitungan yang didapat. Lalu pasang paku sesuai jarak spasi yang telah diberi ciri.

- 7) Siapkan benang wol lalu tetapkanlah akan dimulai dari mana atau titik asal mana pada paku untuk memulai merakit kardioid dengan wol tersebut. Dengan rumus: $i' = 2i$ dimana i merupakan paku ke- i dan i' adalah langkah selanjutnya benang wol untuk dirakit dalam paku.



Gambar 1. Hasil karya kardioid dari benang wol

DAYA TARIK FISIKA MATEMATIKA DALAM HUMANIORA

Banyak cara yang dilakukan oleh pemateri dalam menjelaskan fisika agar materi tersebut menarik, menyenangkan dan tidak membosankan untuk bisa diserap dan diterima. Lebih utama lagi bahwa materi tersebut tidak memberi kesan bahwa fisika itu sulit tetapi mudah dipelajari maupun menyenangkan. Ada beberapa teknik, ide, maupun cara mudah pembelajaran fisika, diantaranya; memberikan kesan pertama yang menyenangkan dan melakukan suatu penganalogian atau membuat hubungan dengan fenomena-fenomena dalam kehidupan sehari-hari, seperti jika kita mengawali pembelajaran fisika baik secara langsung (di kelas) maupun secara tidak langsung (melalui tulisan, seperti yang dilakukan para guru atau dosen) dengan hal-hal yang menarik, jangan belum apa-apa sudah dikasih rumus, latihan soal yang akhirnya bisa membuat stress. Mungkin mereka tampak serius mendengarkan pembelajaran di kelas, tapi dalam hati mereka mungkin jengkel, tidak senang dengan guru atau dosennya sehingga malah tidak perduli lagi.

Fenomena dalam fisika sendiri erat kaitannya dalam kehidupan kita sehari-hari, hal-hal indah dalam kehidupan kita sebagai cikal bakal beberapa ilmuwan melakukan penelitian dalam menghasilkan suatu ilmu yang bermanfaat. Mereka melakukan penelitian didasarkan atas rasa ingin tahu dan kecintaan, sesuai dengan apa yang diungkapkan Henri Poincare yaitu “Ilmuwan tidak meneliti alam karena kegunaannya; ilmuwan meneliti karena rasa kesukaan dan rasa cinta, dan rasa suka muncul karena sesuatu yang indah. Jika alam tidak indah, tidak akan bernilai untuk kita ketahui, dan jika alam tidak layak kita ketahui, maka hidup tidak akan lagi bernilai”. Fenomena dalam kehidupan bisa bermacam-macam dari kehidupan pertemanan, percintaan, pernikahan, hubungan kerja dan interaksi sosial lainnya [5].

Berikut di bawah ini pola-pola interaksi manusia sebagai suatu penganalogian menarik yang penuh dengan unsur sosial yang sering terjadi dalam kehidupan manusia seperti pola interaksi antar individu dikaitkan dalam fisika matematika:

INTERAKSI DAN RASA SAYANG

Setiap makhluk hidup pasti merasakan apa itu sayang baik itu sayang terhadap keluarga, pasangan, teman, saudara dan lain sebagainya. sayang sendiri merupakan suatu pola yang menarik dan indah sehingga membuat

setiap individu melakukan suatu perubahan maupun usaha dalam menciptakannya, karena sayang adalah sebuah emosi yang berasal dari rasa kasih yang kuat dan ketertarikan terhadap suatu objek (dapat berupa apa saja seperti manusia, hewan, tumbuhan, alat-alat dan lain sebagainya) dengan cenderung ingin berkorban, memiliki rasa empati, perhatian, kasih sayang, ingin membantu dan mau mengikuti apapun yang di inginkan oleh objek yang disayanginya. Sebenarnya rasa sayang itu sulit untuk didefinisikan karena sifatnya subjektif jadi setiap individu dapat memiliki pemahaman yang berbeda mengenai rasa sayang, tergantung bagaimana ia menghayati dan pengalaman yang dialaminya [3].

Rasa sayang muncul karena ada suatu interaksi dan kebiasaan. Jika ada individu selalu berinteraksi dan berhubungan akan menghasilkan suatu emosi yang kuat karena ketertarikan terhadap objek lawan sehingga muncul perasaan positif karena kebiasaan yang mereka rasakan dan jalani dari waktu ke waktu. Penggunaan perkataan “sayang” juga dipengaruhi perkembangan waktu dan masa. Perkataan senantiasa berubah arti menurut tanggapan, pemahaman dan penggunaan didalam keadaan, kedudukan dan generasi masyarakat yang berbeda. Jika rasa sayang kita ibaratkan dengan $S(t)$ lalu interaksi adalah $I(t)$ dan $L(t)$ sebagai hubungan kerjasama dimana a_1 dan a_2 adalah konstanta yang menentukan seberapa besar interaksi dan kebiasaan, karena tiap individu memiliki kadar yang berbeda-beda terhadap fungsi waktu t dalam memaknai hal tersebut. Maka didapat rumusan perubahan “rasa sayang” yaitu:

$$\frac{dS(t)}{dt} = a_1 L(t) + a_2 I(t) \quad (3)$$

Contoh kasus (1):

Rasa sayang dalam satu dimensi (1D)

$$\frac{dS(t)}{dt} = a_1 L(t) + a_2 I(t)$$

$a_1 = 0$ [(tidak ada rasa sayang lebih hanya interaksi saja (pertemanan biasa))]

$a_2 = 0$ [hanya ada pola kebiasaan saja pertemanan biasa]

$a_1 > 0, a_2 > 0$ (memiliki rasa sayang yang besar dan kerjasama yang tinggi)

$a_1 > 0, a_2 < 0$ (pertemanan berupa kerjasama)

$a_1 < 0, a_2 > 0$ (kekasih hati)

$a_1 < 0, a_2 < 0$ (hanya teman biasa)

Contoh kasus (2):

Rasa sayang dalam satu dimensi (2D)

$$\frac{dSp(t)}{dt} = a_1 L(t) + a_2 I(t) \quad (4)$$

Dan

$$\frac{dSw(t)}{dt} = b_1 L(t) + b_2 I(t) \quad (5)$$

dengan

Sp adalah rasa sayang seorang pria terhadap wanita

Sw adalah rasa sayang seorang wanita terhadap pria

(nilai negatif (-) bila membenci)

a, b adalah konstanta yang menentukan kadar interaksi dan kebiasaan

Empat subclass permasalahan:

$a_2 > 0, b_1 > 0$ (saling mencintai dan menyayangi dengan cara yang spesifik)

$a_2 > 0, b_1 < 0$ (siklus tidak pernah berakhir)

$a_2 < 0, b_1 > 0$ (siklus tidak pernah berakhir)

$a_2 < 0, b_1 < 0$ (rasa sayang yang tak berbalas)

Timbulnya rasa tersebut ada karena adanya suatu potensi dalam diri yang selalu dipelihara dari rasa keinginan dan penciptaan maka terbentuklah suatu divergensi:

$$\vec{\nabla} = L(\vec{r}) \quad (6)$$

setelah itu jika sudah terdapat rasa kecintaan dan kasih sayang yang kita ungkapkan maupun kita ciptakan lakukan suatu perbaikan diri guna meningkatkan arus keinginan aan rasa cinta tersebut sebagai jalan dalam peningkatan kebahagiaan yang dilakukan berkali-kali sehingga didapat:

$$\oint \vec{S} \cdot d\vec{l} = \iint \vec{\nabla} \times \vec{S} \cdot d\vec{s} \quad (7)$$

dengan $\vec{\nabla} \times \vec{S} = \vec{l}$

$$\oint \vec{S} \, dl = \iint \vec{l} \, ds \quad (8)$$

Rumus divergen $\vec{\nabla}$ di atas merupakan hubungan antar interaksi permukaan yang ditampilkan oleh individu setiap individu dengan perilaku dalam medan yaitu “hati” maupun potensi diri (permukaan tertutup).

1) Jika $\vec{\nabla} \cdot \vec{\phi} < 0$ merupakan kemampuan berpikir maupun berkomunikasi dari yang lebih tinggi ke yang lebih rendah.

2) Jika $\vec{\nabla} \cdot \vec{S} < 0$ adalah inovasi atau ide yang dihasilkan seseorang

Jika terjadi gangguan maka:

$$\frac{d^2 R}{dt^2} + 2b \frac{dR}{dt} + c^2 R = F(t) \quad (9)$$

$F(t)$ adalah gaya luar yang mempengaruhi, b sebagai redaman, c sebagai kelenturan dan dR/dt merupakan permasalahan yang dihadapi. Jika dalam suatu hubungan yang sudah terjalin muncul gangguan maka munculanlah sebuah redaman agar cepat berlalu.

DERET TAYLOR MENGUJI PERINTAH MOTORIK PADA TANGAN

$$F(y) = F(y_0) + F'(y_0)(y - y_0) + \dots \quad (10)$$

Dengan kondisi awal

$$F(y_0) = 0 \quad (11)$$

$F(y)$: Perilaku pada tangan untuk bergerak maju mundur

y : Tangan seseorang memegang benda searah dengan sumbu y (vertikal ke bawah)

y_1 : benda kaku semisal; mistar, ballpoint

y_2 : seutas tali ujungnya menggunakan pemberat (bandul)

Analisis:

Benda 1(mistar): nilai $F'(y_0) = 0$, akibatnya $F(y)$ tidak menghasilkan gerak

Benda 2(bandul): nilai $F'(y_0) \neq 0$, karena bandul bergerak terlambat terhadap gerak tangan yang maju mundur, jika selalu atau ada perubahan bandul. Akibatnya $F(y)$ menghasilkan gerak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini dan kepada teman-teman Pengajaran Fisika yang telah membantu dan mendukung serta keikutsertaan mereka dalam diskusi yang bermanfaat.

REFERENSI

1. Francesco De Comit', *Cardioid Variations*. Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille University of Sciences of Lille (2014)
2. Hadamard, Jacques. *Essay on the Psychology of Invention in the Mathematical Field*. Dover Publications. New York, NY. 1954.
3. J. C. Sprott, *Mathematical Models of Love & Happiness*. Department of Physics University of Wisconsin – Madison. (2001)
4. Kokoska, Stephen. *Fifty Famous Curves, Lots of Calculus Questions, And a Few Answers* Department of Mathematics, Computer Science, and Statistics. Bloomsburg University, Pennsylvania 17815. (2012)
5. Poincare, Henri. *The Foundations of Science: Science and Hypothesis, The Value of Science, Science and Method*. The Science Press. Lancaster, (1946)
6. Steven H & Strogatz. *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Addison Wesley. (1994)