

# Pengenalan Visualisasi Sainifik Sederhana bagi Mahasiswa Pendidikan Fisika Tingkat Tahun Pertama

Mirzanur Hidayat<sup>a)</sup>, Sugianto<sup>b)</sup>

Program Studi Pendidikan Fisika  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA  
Jl. Tanah Merdeka, Pasar Rebo, Jakarta, Indonesia, 13830

<sup>a)</sup> mirza@uhamka.ac.id (*corresponding author*)

<sup>b)</sup> s.arjo@uhamka.ac.id

## Abstrak

*Salah satu keahlian yang harus dimiliki bagi mahasiswa jurusan pendidikan fisika adalah keahlian dalam visualisasi saintifik. Keahlian ini berguna baik pada saat mereka menempuh pendidikan selama kuliah maupun saat mereka menjadi guru fisika kelak. Di manuskrip ini disajikan pengenalan visualisasi saintifik bagi mahasiswa pendidikan fisika khususnya mereka yang sedang duduk di bangku kuliah tingkat tahun pertama. Visualisasi saintifik yang dimaksud adalah visualisasi saintifik sederhana yaitu bagaimana cara membuat atau memplot grafik dengan menggunakan komputer. Jenis software yang dipilih adalah yang bersifat free dan/atau open, dalam hal ini dipilih gnuplot sebagai graphing utility dan linux sebagai sistem operasi komputernya. Beberapa plot grafik yang dikenalkan yaitu plot grafik model 2D dan 3D; plot grafik yang didasarkan pada rumus dan pada data numerik; multi-plot dan multi-axis; serta animated plot. Dalam pelaksanaannya, proses pengenalan visualisasi saintifik dilakukan pada saat proses perkuliahan berlangsung (matakuliah TIK dalam pembelajaran fisika) serta dengan diadakannya sebuah workshop.*

*Kata-kata kunci: visualisasi saintifik, plot grafik, gnuplot graphing utility, pembelajaran fisika*

## PENDAHULUAN

Pemahaman siswa akan grafik merupakan hal yang penting dalam sains, khususnya fisika dan matematika [1]. Grafik adalah salah satu tipe representasi (*representation*) dalam matematika dan sains, selain itu ia juga merupakan sumber dan piranti komunikasi dalam pembelajaran sains siswa [2, 3]. Penggunaan representasi merupakan keahlian penting dalam proses pembelajaran, pemecahan masalah, dan komunikasi dalam sains, khususnya dalam fisika yang mana banyak representasi dalam memahami sebuah fenomena [4]. Menganalisis, membangun, dan menerjemahkan antara representasi grafis, bergambar, dan representasi matematis dari ide-ide dan penalaran fisika secara fleksibel adalah karakteristik kunci dari keahlian dalam fisika. Kemampuan ini juga merupakan tantangan bagi peserta didik untuk mengembangkannya [5]. Kurikulum fisika di sekolah menekankan pentingnya representasi grafis dalam penyajian dan analisis data dalam proses pemecahan masalah, sehingga guru harus menciptakan situasi bagi siswa dalam memberi mereka kesempatan menggunakan grafik di ruang kelas. Jadi keterampilan grafik guru fisika adalah hal yang penting [2]. Mengajari siswa bagaimana membaca, menginterpretasi, dan membangun grafik adalah suatu hal yang substantif, dan dapat disimpulkan bahwa siswa yang mampu membaca grafik mempunyai kemampuan tambahan yang mana hal ini menjadi sesuatu yang penting dalam pendidikan sains [6].

Berbagai penelitian tentang visualisasi sains dalam pendidikan dan pembelajaran fisika telah banyak dilakukan. Visualisasi ini dilakukan di berbagai bidang atau topik-topik dalam fisika, diantaranya yaitu kinematika dan dinamika [7-10]; gaya, gaya sentrifugal, dan gaya koriolis [11]; hukum Kepler dan sistem gerak planet [12]; gelombang dan resonansi [13]; gelombang cahaya dan optik gelombang [14]; optik geometri dan optik fisis [15]; serta radiasi dan pencitraan sinar infra merah [16]. Tema-tema berikutnya adalah visualisasi fungsi gelombang dalam mekanika kuantum [17] serta medan vektor dan divergensi [18-

19]. Terakhir adalah visualisasi fisika saat pembelajaran, praktikum, dan eksperimen di laboratorium, termasuk di dalamnya pengukuran dan ketidakpastian dalam pengukuran [20-21].

Dua paragraf di atas memberi gambaran bahwa pengetahuan dan pemahaman terhadap grafik sebagai salah satu representasi dalam pembelajaran fisika merupakan sesuatu yang penting. Oleh karena itu, mahasiswa pendidikan fisika yang notabenehnya saat lulus nanti mereka akan menjadi guru fisika perlu dibekali kemampuan tersebut sejak dini. Bekal ini juga dapat berguna saat mereka menempuh perkuliahan.

Artikel ini berisi pengalaman penulis dalam mengenalkan visualisasi saintifik sederhana kepada para mahasiswa pendidikan fisika tingkat tahun pertama di kampus tempat penulis mengajar. Fokus dari artikel ini lebih bersifat pada pengenalan visualisasi saintifik kepada para mahasiswa, sedangkan respons mahasiswa, dampak, pengaruh, atau hal lain terhadap pengenalan visualisasi ini tidak dibahas dalam artikel ini.

## METODE

Visualisasi saintifik yang dikenalkan adalah visualisasi saintifik sederhana yaitu bagaimana cara membuat atau *plot* grafik dengan menggunakan komputer. Penggunaan komputer dipilih karena adanya fenomena bahwa kemampuan komputer semakin meningkat, termasuk juga kondisi bahwa simulasi komputer telah tersedia dalam berbagai bidang sains yang menjadikan simulasi menjadi bagian integral dari kurikulum sains [22]. Jenis piranti lunak yang dipilih adalah yang bersifat *open source*. Piranti lunak jenis ini semakin populer digunakan dalam dunia pendidikan [23], telah diadopsi dalam pengajaran dan pembelajaran [24], bahkan ada pengajaran dan pembelajaran melalui proses edukatif *open source* [25]. Piranti lunak yang dipilih dalam visualisasi ini yaitu gnuplot sebagai *graphing utility* dan linux sebagai sistem operasi komputernya.

Tipe atau jenis grafik yang dikenalkan kepada mahasiswa adalah yang bersifat sesederhana mungkin. Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa dengan mudah dapat menerima dan memahaminya. Hal yang menjadi pertimbangan yaitu mahasiswa belum mempunyai bekal atau belum pernah melakukan visualisasi saintifik dengan menggunakan komputer. Jika mereka dapat menguasai pada tahap ini, diharapkan ke depannya mereka secara mandiri akan mampu membuat, memahami, dan memberi interpretasi terhadap grafik-grafik fisika yang kompleks. Adapun beberapa *plot* grafik yang dikenalkan yaitu *plot* grafik model 2D dan 3D; *plot* grafik yang didasarkan pada rumus dan pada data numerik; *multi-plot* dan *multi-axis*; serta *animated plot*. Dalam teknik pelaksanaannya, pengenalan visualisasi (representasi grafik) ini juga diintegrasikan dengan representasi lain dalam pembelajaran fisika, diantaranya yaitu representasi konsep dengan menggunakan kata-kata dan representasi matematis terhadap tema atau soal fisika yang dipilih.

## HASIL DAN DISKUSI

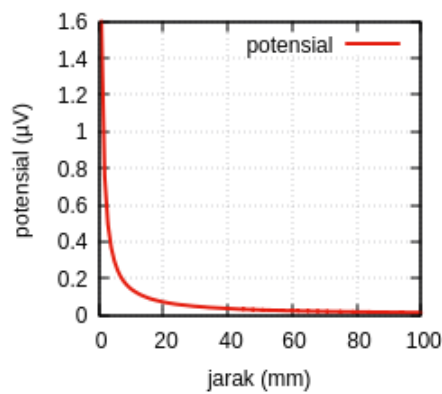
### Representasi Grafik Model 2D dan 3D

Fisika, seperti juga matematika, terdapat banyak persamaan atau fungsi di dalamnya. Sebuah fungsi dalam fisika merupakan representasi matematis dari sebuah fenomena fisika. Fungsi ini dapat terdiri atas satu variabel, dua variabel, tiga variabel, dan seterusnya, termasuk juga konstanta di dalamnya. Tiap variabel dalam fungsi ini merupakan representasi dari besaran fisika. Sebuah fungsi  $f(x)$  memiliki arti bahwa fungsi  $f$  terdiri atas satu variabel  $x$ . Selanjutnya, fungsi  $g(x, y)$  berarti fungsi  $g$  terdiri atas dua variabel yaitu variabel  $x$  dan variabel  $y$ . Dalam representasi grafik, fungsi  $f$  dapat disajikan dalam bentuk garis atau model 2D, sedangkan fungsi  $g$  dalam bentuk grafik *contour* atau model 3D.

Materi fisika yang dipilih dalam representasi ini adalah potensial dalam listrik statis. Besar potensial listrik di titik tertentu yang berjarak  $r$  dari sumber muatan  $q$ , secara matematis dapat ditulis sebagai  $V = kq/r$ , dengan  $k$  adalah konstanta. Jika persamaan fisika tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik maka akan didapatkan hasil seperti dalam Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan grafik potensial listrik sebagai fungsi jarak. Dari grafik terlihat bahwa sumbu vertikal merupakan representasi besaran potensial listrik dengan satuan  $\mu\text{V}$  dan sumbu horisontal adalah jarak (satuan mm). Dalam visualisasi ini, rentang jarak yang dipilih adalah 0 sampai dengan 100 mm. Ada dua parameter yang perlu diperhatikan dalam teknik visualisasi grafik ini, yaitu data *plot* dan model grafik. Data *plot* dalam Gambar 1 merupakan hasil kalkulasi nilai potensial  $V$  sebagai fungsi dari jarak  $r$ . Perhitungan ini dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi *spreadsheet* di komputer atau dengan membuat kode program komputasi sederhana. Parameter yang kedua

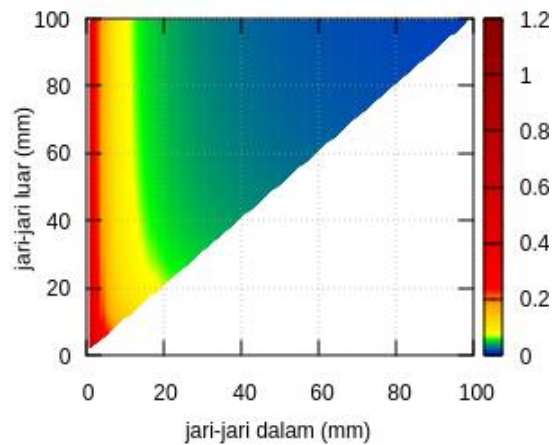
adalah model grafik. Parameter ini terdiri atas area grafik, *label*, *tics*, *title* data, dan karakter. Area grafik dibiasakan berbentuk persegi, yang berarti rasio panjang dan lebar area grafik adalah sama, kecuali jika proses visualisasi membutuhkan bentuk lain. Label grafik, yaitu label sumbu horizontal (*xlabel*) dan label sumbu vertikal (*ylabel*), ditunjukkan dengan jelas. Dalam visualisasi fisika, *xlabel* dan *ylabel* merupakan representasi besaran fisika, oleh karena itu perlu ditulis nama besaran beserta satuannya (dalam Gambar 1 terlihat bahwa *xlabel* “jarak” dengan satuan mm dan *ylabel* “potensial” dengan satuan  $\mu\text{V}$ ). Parameter model grafik yang ketiga adalah *tics*. *Tics* menunjukkan kenaikan (*increment*) atau keterangan lain dari sebuah sumbu grafik. *Tics* dalam Gambar 1 terdiri atas *xtics* yaitu “0, 20, 40, 60, 80, 100” serta *ytics* “0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.6”. Parameter berikutnya adalah *title* data. *Title* data dalam Gambar 1 adalah “potensial” yang diikuti garis merah. *Title* data akan semakin bermanfaat jika data dalam grafik lebih dari satu data. Terakhir, diperhatikan juga bahwa ukuran karakter (huruf, angka, dan simbol) dalam grafik adalah proporsional dengan ukuran karakter dalam dokumen.

Detail langkah yang dibutuhkan guna menghasilkan visualisasi fisika seperti pada Gambar 1 dapat dilihat secara *online* di halaman <http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/potential-2d.php>.



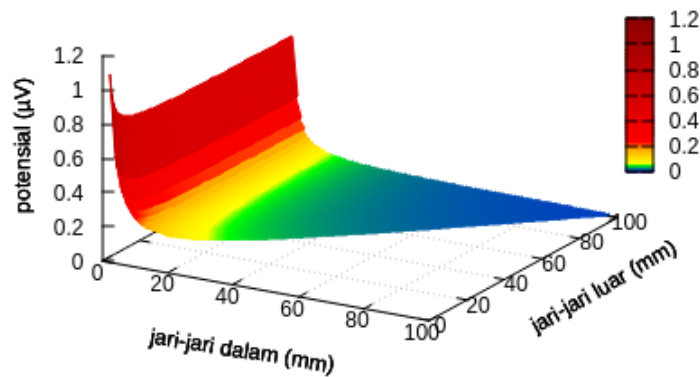
Gambar 1. Grafik potensial listrik sebagai fungsi jarak. Sumbu ordinat merupakan representasi besaran potensial listrik dengan satuan  $\mu\text{V}$  dan sumbu absis adalah jarak (satuan mm). Rentang jarak yang dipilih adalah 0 - 100 mm.

Visualisasi fisika berikutnya adalah masih dalam materi potensial listrik. Muatan  $q$  didistribusikan dalam cakram tipis yang jari-jari dalamnya  $a$  dan jari-jari luarnya  $b$ . Besar potensial listrik di pusat cakram setelah melalui perhitungan matematis yaitu  $V = kq(a + b)/2ab$  dengan  $0 < a < b$ . Berbeda dengan persamaan sebelumnya yang nilai  $V$  sebagai fungsi  $r$ , persamaan yang baru ini menunjukkan bahwa nilai  $V$  merupakan fungsi dari dua variabel yaitu  $a$  dan  $b$ . Oleh karena itu, visualisasi potensial listriknya menggunakan model grafik *contour* atau model 3D. Visualisasi ini ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik potensial listrik di pusat cakram dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  dengan model contour.

Gambar 2 menunjukkan potensial listrik di pusat cakram dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  dengan model *contour*. Sumbu horisontal merepresentasikan jari-jari dalam  $a$  dan sumbu vertikal sebagai jari-jari luar  $b$ . Nilai potensial  $V(a, b)$  direpresentasikan dalam bentuk warna. Keterangan rentang warna sebagai representasi nilai potensial ditunjukkan dalam *colorbox* (kotak sebelah kanan di bagian grafik). Gambar 2 juga menunjukkan bahwa area *contour* hanya setengah dari area grafik (ada di bagian kiri-atas diagonal grafik), hal ini dikarenakan nilai jari-jari dalam  $a$  tidak boleh melebihi jari-jari luar  $b$ , atau  $a < b$ . Selanjutnya, Gambar 3 menunjukkan potensial listrik dalam bentuk 3D. Praktis tidak ada perbedaan dengan grafik sebelumnya, hanya saja nilai potensial  $V(a, b)$  selain dalam bentuk warna, ia direpresentasikan juga dalam sumbu z dari koordinat kartesius 3D. Proses pembuatan visualisasi fisika pada Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat di halaman <http://mirza.daftum.org/sciencevisualisation/potential-contour-3d.php>.



Gambar 3. Grafik potensial listrik di pusat cakram dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  dengan model 3D.

Visualisasi model *contour* dan 3D ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam meningkatkan pemahaman di berbagai bidang fisika semisal dalam materi listrik magnet, teori medan, atau materi fisika lain.

**Plot Grafik dari Rumus dan Data Numerik**

Visualisasi grafis dalam fisika atau pembelajaran fisika berikutnya adalah visualisasi grafis dari rumus fisika dan data numerik. Materi fisika yang dipilih dalam visualisasi ini adalah gelombang. Sebuah gelombang  $\psi$  menjalar ke arah sumbu  $x$  dengan besar amplitudo  $A = \sqrt{\frac{2}{L_x}}$  dan bilangan gelombang  $k = \frac{n_x\pi}{L_x}$ , dengan  $L_x$  adalah panjang gelombang dan  $n_x$  bilangan integer 1, 2, 3, ...,  $n$ , maka secara representasi matematis dapat ditulis sebagai  $\psi(x) = A \sin kx$ . Jika gelombang tersebut menjalar ke arah sumbu  $y$ , maka

persamaannya adalah  $\psi(y) = A \sin ky$ . Perpaduan dua gelombang tersebut ke arah bidang  $xy$  menghasilkan gelombang  $\psi(x, y) = \psi(x)\psi(y)$ . Visualisasi grafis gelombang  $\psi(x, y)$  dapat dilakukan dengan tahapan implementasi seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

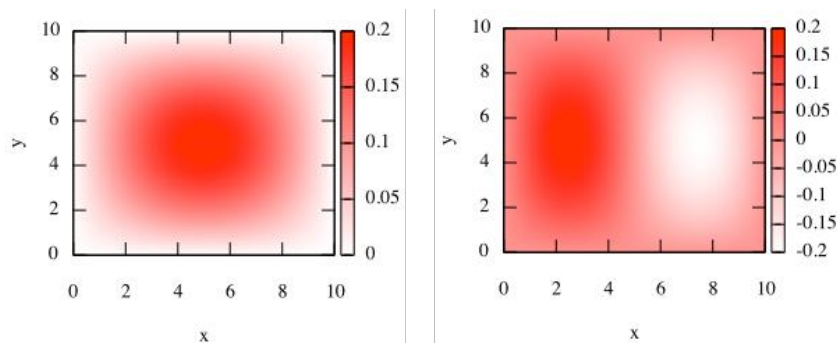
Tabel 1. Tahapan implementasi visualisasi grafis gelombang  $\psi(x, y)$ .

Gelombang $\psi(x, y)$
1. Tentukan panjang gelombang $L_x$ dan $L_y$
2. Tentukan bilangan $n_x$ dan $n_y$
3. <i>Setting label</i> sumbu $x$ dan <i>label</i> sumbu $y$
4. <i>Setting tics</i> sumbu $x$ dan <i>tics</i> sumbu $y$
5. <i>Setting</i> interpolasi warna $\psi(x, y)$
6. <i>Plotting</i> gelombang dengan menggunakan rumus $\psi(x, y) = \psi(x)\psi(y)$

Tahapan implementasi di atas menghasilkan visualisasi seperti dalam Gambar 4. Adapun panjang gelombang yang dipilih adalah  $L_x = L_y = 10$ . Jika bilangan  $n_x = n_y = 1$  maka diperoleh visualisasi seperti pada gambar kiri, sedangkan jika bilangan  $n_x = 2, n_y = 1$  maka diperoleh visualisasi gelombang seperti pada gambar kanan. Nilai  $\psi(x, y)$  direpresentasikan dalam bentuk gradasi warna putih-merah, yaitu berwarna putih jika mendekati nilai minimum dan akan berwarna merah jika menuju ke nilai maksimum.

Selain visualisasi dari rumus, visualisasi dalam fisika juga dapat dilakukan dengan cara *plotting* data numerik. Data numerik yang dimaksud di sini adalah data numerik baik yang berasal dari hasil komputasi fisika ataupun data hasil praktikum atau eksperimen di laboratorium. Sudah menjadi hal yang lazim bahwa mahasiswa fisika pada tingkat tahun pertama mendapat mata kuliah praktikum fisika dasar, yang mana dalam praktikum ini mereka akan membuat grafik data hasil praktikum. Grafik ini dibuat dengan menggunakan kertas milimeter blok. Selain dengan *plotting* manual dengan kertas, mahasiswa juga dibekali metode *plot* dengan komputer. Sebagai contoh seperti dalam Gambar 4, data numerik yang dibutuhkan adalah terdiri atas tiga data (dalam format tiga kolom), yaitu data  $x_i$ , data  $y_i$ , dan data  $\psi(x_i, y_i)$ . Visualisasi gelombang pada Gambar 4 dapat dihasilkan dengan melakukan langkah-langkah seperti ditunjukkan dalam halaman <http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/planewave.php>.

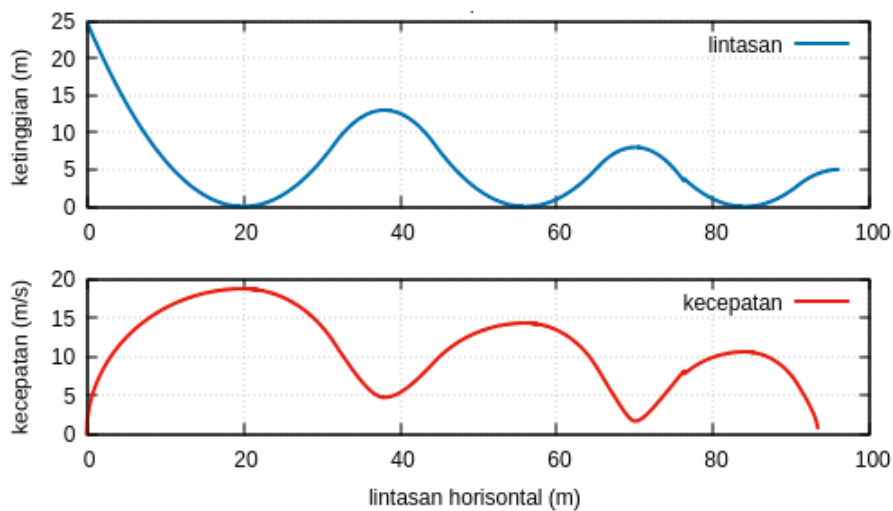
Visualisasi fisika seperti dalam Gambar 4 diharapkan dapat menjadi media pembelajaran bagi mahasiswa dalam meningkatkan pemahaman di beberapa tema fisika seperti gelombang, optik, fisika kuantum, fisika zat padat, atau mata kuliah lanjutan dalam fisika.



Gambar 4. Visualisasi gelombang  $\psi(x, y)$  dengan panjang gelombang  $L_x = L_y = 10$ , nilai  $n_x = n_y = 1$  (gambar kiri) dan  $n_x = 2, n_y = 1$  (gambar kanan).

### Multi-plot dan Multi-axis

*Multi-plot* dan *multi-axis* adalah visualisasi ketiga yang dibahas dalam artikel ini. Adapun tema fisika yang dipilih adalah kinematika dan dinamika - sistem *roller coaster*. Ketika memahami sistem *roller coaster*, beberapa parameter fisika yang dibahas adalah lintasan *roller coaster*, kecepatan, dan energi dalam sistem tersebut. Berikut adalah beberapa visualisasi grafik dalam sistem *roller coaster*.

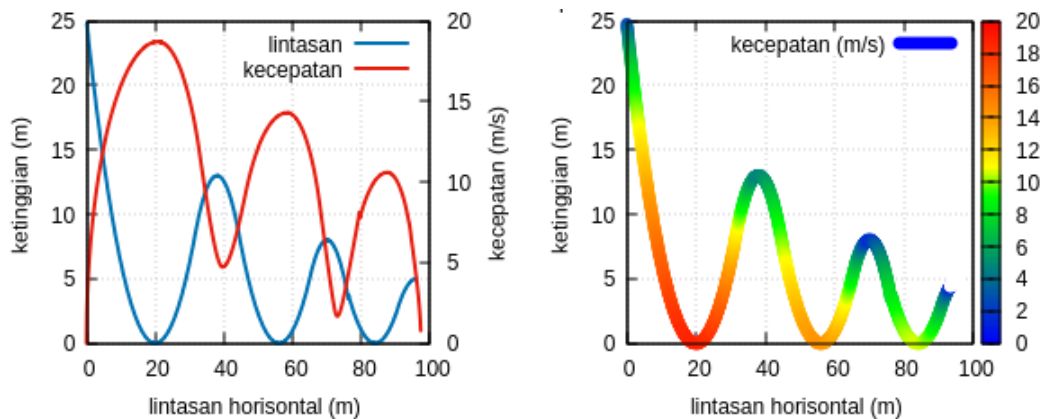


Gambar 5. Grafik lintasan dan kecepatan *roller coaster*. Ketinggian lintasan berkisar pada 0 - 25 m (gambar atas) dan kecepatan pada kisaran 0 - 20 m/s (gambar bawah), dengan panjang lintasan horisontal 100 m.

Gambar 5 menunjukkan hasil *plotting* visualisasi lintasan dan kecepatan *roller coaster* dari data hasil komputasi fisika sederhana (referensi persamaan polinomial matematis lintasan dan kecepatan *roller coaster* berasal dari halaman <https://www.teachengineering.org/>). Grafik ketinggian lintasan (gambar atas) dan grafik kecepatan (gambar bawah) kedua-duanya merupakan fungsi lintasan horisontal. Kedua grafik tersebut tidak dapat di-plot dalam satu area grafik karena mempunyai dimensi fisika yang berbeda. Oleh karena itu dibuatlah dua area grafik dalam satu gambar, hal ini disebut sebagai *multi-plot*. Gambar 5 menunjukkan *multi-plot* 2,1. Proses *plotting* visualisasi sistem *roller coaster* pada Gambar 5 dapat dijumpai di halaman <http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/rollercoaster-multiplot.php>.

Solusi visualisasi lain adalah dengan grafik *multi-axis* dan grafik *heatmap* seperti disajikan dalam Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan visualisasi lintasan dan kecepatan *roller coaster* dengan grafik *multi-axis* (gambar kiri) dan grafik *heatmap* (gambar kanan). Perhatikan gambar kiri. Ada dua sumbu vertikal dalam grafik di gambar kiri, yaitu sumbu vertikal sebelah kiri “y1” dengan y1label “ketinggian (m)” dan sumbu vertikal sebelah kanan “y2” dengan y2label “kecepatan (m/s)”. Penggunaan dua sumbu ini memungkinkan visualisasi dua besaran fisika yang berbeda dimensi dapat dilakukan di dalam satu area grafik, atau dikenal sebagai grafik *multi-axis*. Visualisasi berikutnya adalah *heatmap*. Perhatikan gambar kanan. Hanya ada satu sumbu vertikal di dalam gambar kanan yaitu dengan label “ketinggian (m)”. Namun demikian, gambar kanan dapat memvisualisasikan lintasan dan kecepatan *roller coaster* secara bersamaan dalam satu area grafik karena adanya *heatmap*. Besaran kecepatan direpresentasikan dengan gradasi warna dengan kisaran 0 (biru) - 20 m/s (merah). Proses visualisasi sistem *roller coaster* dengan model *multi-axis* dan *heatmap* seperti pada Gambar 6 dapat dijumpai di halaman:

<http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/rollercoaster-multiaxis-heatmap.php>.



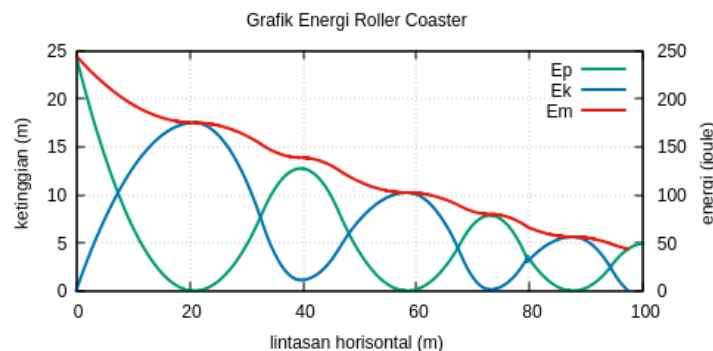
Gambar 6. Grafik lintasan dan kecepatan roller coaster dengan visualisasi *multi-axis* (gambar kiri) dan dengan visualisasi *heatmap* (gambar kanan).

Visualisasi sistem *roller coaster* berikutnya adalah visualisasi energi. Visualisasi ini disajikan dalam Gambar 7. Grafik energi potensial (warna hijau) mempunyai pola yang sama dengan pola lintasan (Gambar 6 kiri, warna biru). Hal ini dikarenakan energi potensial  $E_p$  sebanding dengan ketinggian  $h$ , atau  $E_p \approx mgh$ . Selanjutnya, energi kinetik. Grafik energi kinetik (warna biru) mempunyai pola yang sama dengan pola kecepatan (Gambar 6 kiri, warna merah). Secara konsep fisika, energi kinetik  $E_k$  adalah sebanding dengan kecepatan  $v$ , atau  $E_k \approx \frac{1}{2}mv^2$ . Terakhir adalah energi mekanik. Energi ini merupakan penjumlahan dari energi potensial dan energi kinetik seperti ditunjukkan dalam grafik berwarna merah. Visualisasi fisika sistem energi *roller coaster* seperti pada Gambar 7 dihasilkan dengan proses pembuatan seperti dalam halaman <http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/rollercoaster-energy.php>.

**Plot Animasi**

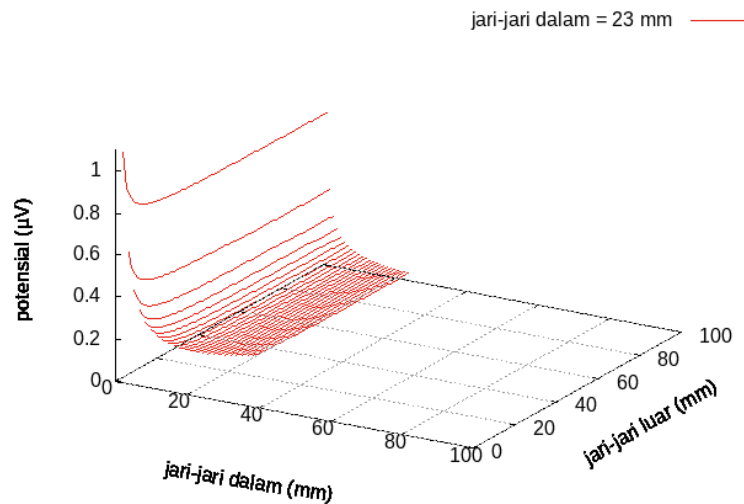
Bagian ini merupakan bagian terakhir dari pengenalan visualisasi grafis dalam pembelajaran fisika yang dibahas di dalam artikel ini. Adakalanya di dalam fisika, visualisasi disajikan secara dinamis (animasi). Tema fisika yang didiskusikan di dalam sub bagian ini adalah potensial listrik seperti yang telah dibahas dalam sub bagian sebelumnya. Perhatikan kembali Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan visualisasi potensial listrik di pusat cakram sebagai fungsi jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$ . Gambar 3 menunjukkan secara keseluruhan nilai potensial listrik untuk semua nilai  $a$  dan nilai  $b$ . Jika visualisasi pada Gambar 3 dibuat secara dinamis, yaitu potensial listrik sebagai fungsi  $a$  disajikan satu per satu mulai dari  $a = 1$  mm sampai dengan  $a = 99$  mm, maka akan terbentuk *plot animasi* seperti ditunjukkan dalam Gambar 8. *Plot animasi* ini tersimpan dalam file dengan format gif dan yang tersajikan di artikel ini dipilih *plot animasi* pada saat  $a = 23$  mm. Sama seperti visualisasi-visualisasi fisika sebelumnya, proses pembuatan visualisasi seperti pada Gambar 8 dapat dijumpai secara *online* di alamat

<http://mirza.dafturn.org/sciencevisualisation/potential-animated.php>.



Gambar 7. Grafik energi potensial, energi kinetik, dan energi mekanik dalam sistem roller coaster.





Gambar 8. *Plot animasi potensial listrik di pusat cakram sebagai fungsi jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$ . Grafik terplot pada saat  $a = 23$  mm. Secara total, plot animasi ini tersimpan dalam file dengan format gif.*

## KESIMPULAN

Pengenalan visualisasi saintifik sederhana bagi mahasiswa pendidikan fisika tingkat tahun pertama dalam bentuk representasi grafik telah dilakukan. Representasi ini diintegrasikan dengan representasi kata-kata dan persamaan matematis. Beberapa tipe *plot* grafik yang telah dikenalkan diantaranya yaitu grafik 2D, 3D, *contour*, *plot* grafik dari rumus dan data numerik; *multi-plot*, *multi-axis*, *heatmap*; serta *plot animasi*. Visualisasi grafis ini juga dilakukan dengan cara memilih beberapa tema dalam fisika sebagai bahan visualisasinya, seperti listrik magnet, gelombang, serta kinematika dan dinamika dalam fisika. Pengenalan visualisasi ini diharapkan dapat bermanfaat bagi mahasiswa baik pada saat mereka sedang menempuh perkuliahan di kampus ataupun pada saat mereka menjadi guru fisika kelak.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada adik-adik mahasiswa angkatan 2017 yang sedang mengambil mata kuliah TIK dalam Pembelajaran Fisika, Ibu Imas Ratna sebagai ketua program studi, rekan-rekan, segenap sivitas akademika di lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika UHAMKA, terima kasih atas diskusi dan dukungannya.

## REFERENSI

1. L. Ivanjek, A. Susac, M. Planinic, dan A. Andrasevic, *Student Reasoning about Graphs in Different Contexts*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **12** (2016) 010106.
2. N. Sezen, M.S. Uzun, dan A. Bulbul, *An Investigation of Preservice Physics Teachers' Use of Graphical Representations*, Procedia Soc. Behav. Sci. **46** (2012) 3006-3010.
3. M.S. Uzun, N. Sazan, dan A. Bulbul, *Investigating Students' Abilities Related to Graphing Skill*, Procedia Soc. Behav. Sci. **46** (2012) 2942-2946.
4. D. McPadden dan E. Brewwe, *Impact of the Second Semester University Modeling Instruction Course on Students' Representation Choices*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **13** (2017) 020129.  
Kohnle dan G. Passante, *Characterizing Representational Learning: A Combined Simulation and Tutorial on Perturbation Theory*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **13** (2017) 020131.
5. D. Kilic, N. Sezen, dan M. Sari, *A Study of Pre-service Science Teacher' Graphing Skills*, Procedia Soc. Behav. Sci. **46** (2012) 2937-2941.



6. G. Zavala, S. Tejada, P. Barniol, dan R.J. Beichner, *Modifying the Test of Understanding Graphs in Kinematics*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **13** (2017) 020111.
7. I.S. Araujo, E.A. Veit, dan M.A. Moreira, *Physics Students' Performance Using Computational Modelling Activities to Improve Kinematics Graphs Interpretation*, Comput. Educ. **50** (2018) 1128-1140.
8. E. ÇİL, *Pre-service Science Teachers' Understanding of One-Dimensional Motion Graphs in the Kinematic Context*, Procedia Soc. Behav. Sci. **191** (2015) 1818-1822.
9. R. Bednářová, J. Válek, dan P. Sládek, *Graphs and Dynamic Modeling as a Motivating Tool in Teaching Physics*, Procedia Soc. Behav. Sci. **69** (2012) 1827-1835.  
Wagner, S. Altherr, B. Eckert, dan H.J. Jodl, *Multimedia in Physics Education: a Video for the Quantitative Analysis of the Centrifugal Force and the Coriolis Force*, Eur. J. Phys. **27** (2006) L27-L30.
10. M. Lu, J. Su, W. Wang, dan J. Lu, *Visualization of Kepler's Laws of Planetary Motion*, Phys. Educ. **52** (2017) 025006.
11. L.K. Wee, T.L. Lee, C. Chew, D. Wong, dan S. Tan, *Understanding Resonance Graphs Using Easy Java Simulations (EJS) and Why We Use EJS*, Phys. Educ. **50** (2015) 189.
12. V. Mešić, E. Hajder, K. Neumann, dan N. Erceg, *Comparing Different Approaches to Visualizing Light Waves: An Experimental Study on Teaching Wave Optics*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **12** (2016) 010135.
13. Y. Rodríguez, A. Santana, dan L.M. Mendoza, *Physics Education Through Computational Tools: the Case of Geometrical and Physical Optics*, Phys. Educ. **48** (2013) 621.
14. K.P. Möllmann dan M. Vollmer, *Infrared Thermal Imaging as a Tool in University Physics Education*, Eur. J. Phys. **28** (2007) S37-S50.
15. M. Chhabra dan R. Das, *Quantum Mechanical Wavefunction: Visualization at Undergraduate Level*, Eur. J. Phys. **38** (2017) 015404.
16. P. Klein, J. Viiri, S. Mozaffari, A. Dengel, dan J. Kuhn, *Instruction-based Clinical Eye-tracking Study on the Visual Interpretation of Divergence: How Do Students Look at Vector Field Plots?*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **14** (2018) 010116.
17. L. Bollen, P. van Kampen, C. Baily, M. Kelly, dan M.D. Cock, *Student Difficulties Regarding Symbolic and Graphical Representations of Vector Fields*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **13** (2017) 020109.
18. R.S. Nixon, T.J. Godfrey, N.T. Mayhew, dan C.C. Wiegert, *Undergraduate Student Construction and Interpretation of Graphs in Physics Lab Activities*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **12** (2016) 010104.  
Susac, A. Bubic, P. Martinjak, M. Planinic, dan M. Palmovic, *Graphical Representations of Data Improve Student Understanding of Measurement and Uncertainty: An Eye-tracking Study*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **13** (2017) 020125.
19. N. Rutten, W.R. van Joolingen, dan J.T. van der Veen, *The Learning Effects of Computer Simulations in Science Education*, Comput. Educ. **58** (2012) 136-153.  
Kusbeyzi, A. Hacinliyan, dan O.O. Aybar, *Open Source Software in Teaching Mathematics*, Procedia Soc. Behav. Sci. **15** (2011) 769-771.
20. S.W. van Rooij, *Higher Education Sub-cultures and Open Source Adoption*, Comput. Educ. **57** (2011) 1171-1183.
21. M. Glassman dan M.J. Kang, *Teaching and Learning Through Open Source Educative Processes*, Teach. Teach. Educ. **60** (2016) 281-290.