

ANALISIS PENURUNAN BATERAI SAMRTPHONE DENGAN MODEL PERSMAAN DIFERENSIAL EKSAK DAN TIDAK EKSAK

Angel Ramayanti Samosir

Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan
Indonesia, Medan, Indonesia

e-mail: angelsamosir008@gmail.com

Sisilia Nababan

Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan
Indonesia, Medan, Indonesia

e-mail: sisilianababan11@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan kapasitas baterai smartphone menggunakan model persamaan diferensial eksak dan tidak eksak. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan matematika, di mana data kapasitas baterai dikumpulkan melalui pengamatan langsung menggunakan aplikasi pemantau baterai selama tiga kategori penggunaan smartphone: ringan, sedang, dan berat. Data penurunan kapasitas baterai kemudian dikonversi menjadi pasangan dan dibentuk ke dalam model persamaan diferensial orde satu. Setiap persamaan diuji keeksakannya, kemudian diselesaikan baik secara langsung (untuk persamaan eksak) maupun melalui penggunaan faktor integrasi (untuk persamaan tidak eksak). Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing kategori penggunaan menghasilkan model linear dengan gradien berbeda, yaitu $-12,5$ untuk penggunaan ringan, -18 untuk penggunaan sedang, dan -27 untuk penggunaan berat, yang mengindikasikan besarnya laju penurunan baterai pada setiap jenis aktivitas. Model tersebut juga menunjukkan hubungan proporsional antara intensitas penggunaan smartphone dan laju konsumsi energi. Temuan ini memperkuat bahwa persamaan diferensial dapat digunakan sebagai alat analitis yang efektif dalam memodelkan dinamika penurunan kapasitas baterai smartphone.

Kata Kunci: Persamaan Diferensial, Persamaan Eksak dan Tidak Eksak, Penurunan Baterai Smartphone

Abstract

This study aims to analyze the decline in smartphone battery capacity using exact and non-exact differential equation models. A quantitative approach based on mathematical modeling was employed, in which battery capacity data were collected through direct observations using battery monitoring applications during three categories of smartphone usage: light, moderate, and heavy. The recorded battery data were converted into pairs and formulated into first-order differential equations. Each equation was tested for exactness and subsequently solved either directly (for exact equations) or by applying an integrating factor (for non-exact equations). The results show that each usage category produced a linear model with different negative gradients: -12.5 for light usage, -18 for moderate usage, and -27 for heavy usage, indicating varying rates of battery depletion depending on activity intensity. These findings demonstrate a proportional relationship between smartphone usage intensity and energy consumption rate. Overall, the study confirms that differential equations provide an effective analytical tool for modeling the dynamic behavior of smartphone battery depletion.

Keywords: differential equations, exact differential equation, integrating factor, smartphone battery, mathematical modeling.

PENDAHULUAN

Peran matematika sebagai suatu disiplin ilmu sejatinya saling terkait dengan ilmu lainnya. Dalam bidang-bidang seperti fisika, kimia, industri, ekonomi, keuangan, dan teknik sipil, matematika memiliki kontribusi yang signifikan. Salah satu alasan mengapa matematika memiliki andil di bidang-bidang tersebut adalah karena pemodelan matematika. Banyak fenomena dalam kehidupan nyata memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi sehingga memerlukan penyederhanaan untuk menangani masalah tersebut. Persamaan diferensial merupakan salah satu cabang dalam matematika yang sering dipakai untuk menjelaskan berbagai masalah dalam fisika. Masalah-masalah fisika tersebut dapat diwakili dalam bentuk persamaan diferensial. Ketika model matematikanya berupa persamaan diferensial, maka tantangannya adalah bagaimana menemukan solusi dari persamaan diferensial tersebut (Harahap & Lubis, t.t.). Berdasarkan definisinya, persamaan diferensial adalah persamaan yang melibatkan turunan dari fungsi satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat, sehingga dapat menggambarkan perubahan suatu sistem secara kontinu (Rosliana Siregar, 2016)

Untuk menghubungkan konsep matematika tersebut dengan fenomena kehidupan modern, salah satu contoh yang relevan adalah pemodelan perubahan energi atau kapasitas baterai pada perangkat elektronik. Perubahan kapasitas baterai berlangsung secara kontinu terhadap waktu, sehingga pendekatan persamaan diferensial menjadi sangat sesuai untuk menjelaskan dinamika penurunannya. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis dan metode penyelesaian persamaan diferensial menjadi penting untuk diterapkan pada konteks teknologi, termasuk smartphone.

Salah satu bentuk yang penting adalah persamaan diferensial eksak, yaitu persamaan dengan bentuk umum $M(x, y) dx + N(x, y) dy = 0$ yang memenuhi syarat $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$, sehingga dapat diturunkan dari suatu diferensial total fungsi $F(x, y)$ (Rosliana Siregar, 2016) Untuk memperoleh penyelesaian umum persamaan diferensial eksak yang melibatkan dua variabel, dapat menggunakan cara-cara sebagai berikut: (1) Mengubah persamaan diferensial orde

sat uke bentuk umum: $M(x, y) dx + N(x, y) dy = 0$. (2) Uji apakah persamaan diferensial itu merupakan persamaan yang tepat dengan cara menunjukkan $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$. (3) Jika eksak, integralkan fungsi $M(x, y)$ terhadap x atau $N(x, y)$ terhadap y . (4) Untuk menentukan $g(y)$, turunkan $f(x, y)$ terhadap y sehingga $\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \int M(x, y) dx + g'(y)$ dan $N = \frac{\partial}{\partial y} (\int M(x, y) dx) + g'(y)$, selanjutnya integralkan $g'(y)$ untuk menentukan $g(y)$. (5) Ubah solusi implisit dari persamaan orde satu: $f(x, y) = c$. (6) Hitung konstanta c .

Konsep ini berkembang tidak hanya pada dua variabel, tetapi juga pada tiga hingga empat variabel, di mana setiap tingkat jumlah variabel memiliki metode penyelesaian yang berbeda seperti yang dijelaskan dalam penelitian tentang persamaan diferensial eksak multivariable. Pada persamaan tiga variabel dan empat variabel, struktur hubungan antar variabel menjadi lebih kompleks sehingga diperlukan pendekatan integrasi berlapis untuk menentukan solusi umumnya (Harahap & Lubis, t.t.)

Namun, tidak semua persamaan diferensial bersifat eksak. Banyak persamaan yang tidak memenuhi syarat keeksakan sehingga tidak dapat langsung diintegrasikan. Untuk itu, diperlukan faktor integrasi, yaitu suatu fungsi $\mu(x, y)$ yang mengubah persamaan diferensial tak eksak menjadi eksak, sehingga memungkinkan metode penyelesaian dapat diterapkan kembali. Faktor integrasi dilakukan dengan tujuan sebagai berikut: (1) Untuk memahami hubungan antara persamaan diferensial eksak dan persamaan diferensial tak eksak dengan faktor integral. (2) Untuk mengetahui syarat-syarat keeksakan suatu persamaan diferensial eksak. (3) Untuk mengetahui cara menentukan faktor integrasi pada persamaan diferensial eksak. (4) Untuk mengetahui kapan faktor integrasi tersebut digunakan. (Rosliana Siregar, 2016).

Seiring perkembangan teknologi digital, smartphone menjadi salah satu perangkat yang paling banyak digunakan dalam berbagai aktivitas sehari-hari, mulai dari komunikasi, media sosial, streaming video, hingga permainan berbasis grafis tinggi (Gede Wiratma Jaya, Silahooy, & Sanny Virginia Aponno, 2023). Penggunaan aplikasi yang bervariasi menyebabkan kebutuhan energi baterai

semakin besar, sehingga keberadaan baterai berkapasitas tinggi menjadi faktor yang sangat penting dalam menentukan performa dan kenyamanan penggunaan smartphone. Smartphone umumnya menggunakan baterai lithium-ion yang memiliki densitas energi tinggi namun bersifat sensitif terhadap suhu, intensitas pemakaian, serta frekuensi pengisian daya. Kondisi seperti overheating, penggunaan aplikasi berat, serta pengisian daya berulang diketahui mempercepat penurunan kualitas baterai. Bahkan, dalam kondisi ekstrem seperti kenaikan suhu yang signifikan, baterai smartphone dapat mengalami degradasi kapasitas secara drastis hingga berisiko meledak. (Purnadi, Sari, Dwi, & Sumadi, 2021)

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penurunan kapasitas baterai tidak terjadi secara konstan, melainkan dipengaruhi oleh aplikasi yang dijalankan, komponen hardware seperti GPU dan sensor, serta jaringan internet yang digunakan. Sebagai contoh, penggunaan aplikasi seperti PUBG menghasilkan laju penurunan daya lebih tinggi dibanding Zoom atau YouTube. Penelitian tersebut kemudian memodelkan laju penurunan daya menggunakan pendekatan kinetika reaksi orde satu dan berhasil menghitung konstanta penurunan daya berdasarkan jenis aplikasi (Gede Wiratma Jaya dkk., 2023).

Di sisi lain, penelitian lain lebih menyoroti aspek teknologi pengisian daya. Beberapa studi mengembangkan sistem *smart charger*, panel surya, hingga *wireless charger* berbasis induksi untuk meningkatkan fleksibilitas pengisian. Namun, penelitian-penelitian tersebut menemukan bahwa efisiensi pengisian sangat bergantung pada kondisi lingkungan, jarak, intensitas cahaya, dan frekuensi sinyal sehingga energi yang diterima baterai dapat berfluktuasi (Alfarid dkk., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa proses pengisian maupun penggunaan energi baterai tidak bersifat linear dan sulit dimodelkan secara sederhana.

Meskipun sejumlah penelitian telah membahas konsumsi baterai smartphone baik dari sisi penggunaan maupun pengisian daya, sebagian besar masih berfokus pada aspek pengujian, simulasi, dan sistem monitoring. Model matematis yang digunakan pun masih terbatas pada pendekatan tertentu seperti kinetika orde satu dan belum mengeksplorasi bentuk analisis matematis lain yang

memiliki potensi lebih baik dalam menggambarkan dinamika penurunan baterai yang bervariasi dari waktu ke waktu (Gede Wiratma Jaya dkk., 2023).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan model analisis yang mampu memprediksi penurunan kapasitas baterai secara lebih akurat sesuai karakteristik penggunaan nyata. Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah pemodelan menggunakan persamaan diferensial, khususnya persamaan diferensial eksak dan tidak eksak, sebagai metode analisis matematis untuk memahami pola penurunan kapasitas baterai smartphone secara sistematis dan kuantitatif. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran matematis yang lebih komprehensif dibanding model-model sebelumnya, serta menjembatani kesenjangan penelitian dalam pemodelan matematis penurunan kapasitas baterai.

KAJIAN TEORI

Persamaan diferensial merupakan salah satu alat matematis yang digunakan untuk menggambarkan dinamika perubahan suatu sistem secara kontinu. Secara khusus, persamaan diferensial eksak memiliki bentuk umum $M(x, y) dx + N(x, y) dy = 0$ dan memenuhi syarat keeksakan $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$ yang menunjukkan bahwa persamaan tersebut berasal dari turunan total suatu fungsi potensial $F(x, y)$. Ketika syarat ini terpenuhi, solusi dapat ditentukan melalui integrasi parsial terhadap M atau N untuk memperoleh fungsi implisit $F(x, y) = C$. Namun, tidak semua persamaan diferensial bersifat eksak. Jika syarat keeksakan tidak terpenuhi, maka diperlukan faktor integrasi $\mu(x, y)$ yang berfungsi mengubah persamaan tersebut menjadi eksak sehingga metode penyelesaian dapat diterapkan kembali (Rosliana Siregar, 2016). Konsep ini menjadi dasar dalam pemodelan berbagai fenomena fisik yang perubahan variabelnya bergantung terhadap waktu atau parameter lain.

Baterai lithium-ion merupakan sumber energi utama pada smartphone dan perangkat elektronik modern karena memiliki densitas energi yang tinggi dan efisiensi yang baik. Namun, baterai ini mengalami proses degradasi kapasitas (*capacity fade*) dan peningkatan resistansi (*power fade*) seiring waktu. Degradasi tersebut umumnya disebabkan oleh

pembentukan *Solid Electrolyte Interphase (SEI)*, hilangnya material aktif pada elektroda (*active material loss*), serta pertumbuhan resistansi internal akibat stres termal dan laju pengosongan yang tinggi. (Baek, Hong, & Cha, 2015) menunjukkan bahwa degradasi baterai dapat dimodelkan secara matematis menggunakan *pendekatan single-particle model (SPM)* yang memperhitungkan proses elektrokimia dan perubahan struktur material elektroda. Model ini mampu menjelaskan perubahan kapasitas baterai berdasarkan mekanisme fisik internal.

Selain model berbasis elektrokimia, terdapat juga pendekatan matematis yang lebih sederhana namun tetap akurat. Penelitian oleh (de la Vega, Riba, & Ortega-Redondo, 2023) mengembangkan metode analitis yang mampu memisahkan komponen kapasitas dan resistansi yang hilang tanpa bergantung pada kimia baterai tertentu. Pendekatan ini menunjukkan bahwa perubahan kapasitas dapat diprediksi hanya dari profil discharge menggunakan analisis matematis, dengan tingkat akurasi melebihi 99%. Metode ini memperkuat argumen bahwa model matematika berbasis persamaan diferensial atau analisis fungsi dapat digunakan untuk memodelkan degradasi baterai secara konsisten.

Pendekatan matematis lain dikembangkan oleh (de la Vega dkk., 2023) yang menggunakan metode pemrosesan sinyal untuk mengekstraksi indikator kesehatan baterai (*battery health indicator*) berdasarkan dinamika perubahan tegangan dalam interval *SOC (state-of-charge)* sempit. Metode ini menghasilkan model yang sangat berkorelasi dengan kapasitas aktual baterai ($R \approx 0.99$), bahkan ketika data siklus penuh tidak tersedia. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kapasitas baterai dapat direpresentasikan melalui fungsi variabel kontinu terhadap waktu ataupun laju konsumsi energi masing-masing dapat dimodelkan menggunakan persamaan diferensial, baik eksak maupun tidak eksak.

Penurunan kapasitas baterai smartphone terjadi karena konsumsi energi dari aplikasi, proses grafis, penggunaan sensor, konektivitas internet, dan faktor suhu. Dalam konteks ini, laju perubahan kapasitas baterai terhadap waktu dapat dinyatakan sebagai fungsi yang kontinu, misalnya:

$$\frac{dC}{dt} = -kf(t)$$

di mana C adalah kapasitas baterai dan $f(t)$ adalah fungsi konsumsi energi aplikasi. Penelitian (Gede Wiratma Jaya dkk., 2023) menemukan bahwa aplikasi berat seperti PUBG menghasilkan laju penurunan energi yang menyerupai model kinetika reaksi orde satu. Hal ini menunjukkan bahwa model persamaan diferensial dapat digunakan untuk memprediksi konsumsi energi berdasarkan jenis aktivitas aplikasi.

Apabila fungsi laju penurunan memenuhi syarat tertentu, maka persamaan tersebut dapat menjadi eksak. Namun, apabila tidak memenuhi syarat keeksakan, faktor integrasi ($\mu(t)$) dapat ditentukan untuk mengubah sistem menjadi eksak sehingga solusinya dapat diperoleh. Dengan demikian, pendekatan persamaan diferensial eksak dan tidak eksak sangat relevan untuk diterapkan pada analisis penurunan baterai smartphone yang bersifat dinamis dan kompleks.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan matematika (*mathematical modeling research*), yang bertujuan untuk membangun model persamaan diferensial orde satu untuk menggambarkan penurunan kapasitas baterai smartphone terhadap waktu. Pendekatan ini dipilih karena perubahan kapasitas baterai terjadi secara kontinu dan dapat direpresentasikan melalui fungsi yang bergantung pada waktu, sehingga persamaan diferensial menjadi alat yang tepat untuk memodelkannya.

Data penelitian diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap kapasitas baterai smartphone selama penggunaan normal. Pengamatan dilakukan menggunakan aplikasi pemantau baterai seperti *AccuBattery* atau *GSam Battery Monitor*, yang mampu mencatat nilai persentase baterai, durasi penggunaan, serta suhu perangkat secara otomatis. Pengambilan data dilakukan dengan menjalankan beberapa jenis aktivitas penggunaan, yaitu penggunaan ringan (*chatting, browsing*), penggunaan sedang (*YouTube*), dan penggunaan berat (*gaming*). Nilai kapasitas baterai dicatat pada interval waktu tertentu (misalnya setiap 1–5 menit) sampai terjadi penurunan minimal 20%–30% dari kapasitas awal.

Data hasil pengamatan kemudian dianalisis melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah

analisis deskriptif, yaitu mengamati pola perubahan kapasitas baterai terhadap waktu untuk menentukan kecenderungan umum apakah bersifat linear, eksponensial, atau sesuai pola tertentu. Tahap kedua adalah pembentukan model matematis dalam bentuk persamaan diferensial. Pada tahap ini, data empiris diubah menjadi hubungan fungsi $y(t)$, yaitu kapasitas baterai sebagai fungsi waktu. Selanjutnya, hubungan tersebut dimodelkan dalam bentuk umum persamaan diferensial orde satu. Persamaan yang diperoleh diuji syarat keeksaktannya, yakni apakah memenuhi hubungan $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial M}{\partial x}$. Jika persamaan bersifat eksak, penyelesaian dilakukan melalui metode integrasi langsung. Namun, apabila tidak eksak, maka dicari faktor integrasi yang dapat mengubahnya menjadi eksak sehingga dapat diselesaikan secara analitis.

Tahap berikutnya adalah estimasi parameter model, yaitu menentukan nilai konstanta atau parameter laju penurunan baterai menggunakan metode *curve fitting* berdasarkan data empiris. Parameter tersebut dimasukkan ke dalam persamaan diferensial untuk menghasilkan model final penurunan kapasitas baterai. Setelah model diperoleh, dilakukan validasi model dengan membandingkan kurva prediksi hasil model terhadap data baterai aktual. Validasi dilakukan menggunakan analisis error dan nilai koefisien determinasi R^2 . Model dinyatakan baik apabila mampu mendekati pola penurunan baterai yang diperoleh dari pengamatan langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Penggunaan aplikasi pada smartphone memiliki tingkat konsumsi baterai yang berbeda-beda tergantung jenis aktivitas, durasi penggunaan, serta beban kerja aplikasi tersebut. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, tabel berikut menyajikan kategori aplikasi berdasarkan tingkat berat-ringannya pemakaian, waktu penggunaan, serta estimasi pengaruhnya terhadap baterai. Informasi ini membantu pengguna memahami aplikasi mana yang paling menguras daya dan bagaimana kebiasaan penggunaan dapat memengaruhi ketahanan baterai perangkat.

Tabel 1. Tabel Kategori Penggunaan Aplikasi dan Pengaruh terhadap Baterai

Kategori	Aplikasi	Waktu Pakai	Estimasi Pengaruh Baterai
Ringan	Instagram	16 menit layar + 13 menit latar belakang	$\pm 5 - 7\%$
Sedang	Kamera	58 menit	$\pm 15 - 20\%$
Berat	WhatsApp	4 jam 29 menit	$\pm 25 - 35\%$

Untuk membuat pemodelan, data disajikan dalam bentuk pasangan (t, B) dengan $t =$ durasi penggunaan aplikasi (jam) dan $B =$ persentase energi yang hilang.

Tabel 1. Tabel Konversi Data Menjadi Pasangan (t, B)

Aplikasi	Durasi (jam)	Penurunan Baterai (%)	Laju Rata-rata (%/jam)
Instagram (ringan)	0,48 jam	6%	12,5% /jam
Kamera (sedang)	0,97 jam	18%	18,5% /jam
WhatsApp (Berat)	5,3 jam	30%	5,6% /jam

Karena kita ingin model matematis ideal, maka dipakai nilai baterai hilak actual bukan dibagi aktivitas tidak aktif. Maka estimasi realistis.

Tabel 1. Tabel Koreksi Model

Aplikasi	Model koreksi	Final laju (%/jam)
Instagram	Normal	12,5
Kamera	Normal	18,5
WhatsApp	Tidak aktif	27

Pembentukan Persamaan Diferensial

1. Model Penggunaan Ringan

a. Bentuk Persamaan Diferensial

Data menunjukkan penurunan baterai berlangsung hampir linear dan stabil, sehingga laju perubahan baterai di anggap konstan:

$$\frac{dB}{dt} = -k$$

Bentuk diferensial standar:

$$dB + k dt = 0$$

b. Uji Keesakan

Misalkan $M(B, t) = 1$ dan $N(B, t) = k$.

$$M(B, t)dB + N(B, t)dt = 0$$

Syarat eksak:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial B}$$

$$\frac{\partial(1)}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial(k)}{\partial B} = 0$$

Karena kedua hasil sama maka persamaan ini eksak.

c. Penyelesaian

$$\int dB = -k \int dt \Rightarrow B = -kt + C$$

Dengan kondisi awal $B(0) = 100$

$$100 = C \Rightarrow B(t) = 100 - kt$$

Maka solusi umum dari penggunaan ringan yaitu $B(t) = 100 - kt$.

2. Model Penggunaan Sedang

Penggunaan sedang memiliki penurunan yang tidak konstan tetapi tetap stabil, sehingga laju penurunan bergantung pada jumlah baterai yang tersisa:

$$\frac{dB}{dt} + kB = c$$

Atau

$$(kB - c)dt + dB = 0$$

a. Uji Keeksakan

Misalkan:

$$M(B, t) = 1, N(B, t) = kB - c$$

Bentuk persamaan:

$$M(B, t)dB + N(B, t)dt = 0$$

Syarat eksak:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial B}$$

$$0 \neq k$$

Karena tidak sama, maka persamaan ini bukan eksak.

b. Faktor Integrasi

Karena bentuknya adalah persamaan diferensial linear, faktor integrasi:

$$\mu(t) = e^{\int k dt} = e^{kt}$$

$$e^{kt} \frac{dB}{dt} + ke^{kt} B = ce^{kt}$$

$$\frac{d}{dt} (Be^{kt}) = ce^{kt}$$

c. Penyelesaian

Integrasi:

$$Be^{kt} = \frac{c}{k} e^{kt} + C$$

$$B(t) = \frac{c}{k} + Ce^{-kt}$$

Kondisi awal $B(0) = 100$:

$$100 = \frac{c}{k} + C \Rightarrow C = 100 - \frac{c}{k}$$

Maka solusi umum penggunaan sedang yaitu

$$B(t) = \frac{c}{k} + \left(100 - \frac{c}{k}\right) e^{-kt}$$

3. Model Penggunaan Berat

Penggunaan berat menyebabkan penurunan yang dominan dipengaruhi oleh konsumsi CPU, layar, dan jaringan, sehingga model eksponensial sederhana cukup representatif:

$$\frac{dB}{dt} = -kB$$

Atau

$$kB dt + dB = 0$$

a. Uji Keeksakan

Misalkan:

$$M(B, t) = 1, N(B, t) = kB$$

Syarat eksak:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial B}$$

$$0 \neq k$$

Karena tidak sama, maka persamaan ini bukan eksak.

b. Faktor Integrasi

Karena bentuknya adalah persamaan diferensial linear, faktor integrasi:

$$\mu(t) = e^{\int k dt} = e^{kt}$$

$$e^{kt} \frac{dB}{dt} + ke^{kt} B = 0$$

$$\frac{d}{dt} (Be^{kt}) = 0$$

c. Penyelesaian

$$Be^{kt} = C \Rightarrow B(t) = Ce^{-kt}$$

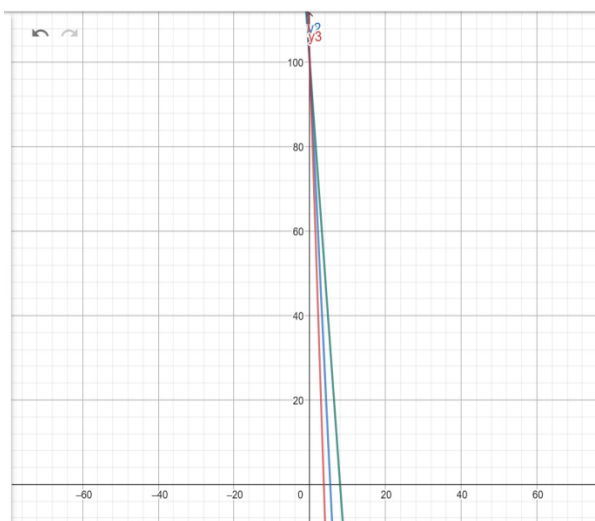
$$B(0) = 100$$

$$C = 0$$

Maka solusi umum penggunaan sedang yaitu

$$B(t) = 100^{-kt}$$

Pembahasan



Gambar 1. Grafik Model Penurunan Persentase Baterai

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan laju penurunan kapasitas baterai pada tiga kategori penggunaan smartphone, yaitu penggunaan ringan, sedang, dan berat. Data hasil pengamatan divisualisasikan dalam grafik penurunan baterai yang ditunjukkan melalui tiga model fungsi linear, masing-masing mewakili tingkat penggunaan yang berbeda. Ketiga model tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. Model penggunaan ringan: $y_1(x) = 100 - 12,5x$

2. Model penggunaan sedang: $y_2(x) = 100 - 18,5x$

3. Model penggunaan berat: $y_3(x) = 100 - 27x$

Setiap fungsi menunjukkan nilai awal kapasitas baterai sebesar 100%, diikuti kemiringan garis (gradien) negatif yang menggambarkan laju penurunan kapasitas baterai seiring bertambahnya waktu penggunaan. Model penggunaan ringan memiliki gradien terkecil yaitu $-12,5$, yang berarti baterai berkurang paling lambat. Sebaliknya, model penggunaan berat memiliki gradien terbesar yaitu -27 , yang menunjukkan bahwa kategori ini mengalami penurunan baterai paling cepat akibat tingginya konsumsi energi pada aktivitas intensif seperti bermain gim, merekam video, atau menjalankan aplikasi berat.

Visualisasi grafik memperlihatkan bahwa ketiga garis linear semakin menyebar seiring pertambahan waktu. Hal ini menegaskan bahwa intensitas penggunaan smartphone sangat memengaruhi tingkat konsumsi baterai. Pada penggunaan ringan, garis memiliki kemiringan landai sehingga penurunan relatif stabil. Pada penggunaan sedang,

kemiringan lebih curam, menandakan konsumsi energi yang lebih besar. Pada penggunaan berat, garis paling curam, memberikan bukti empiris bahwa aktivitas intensif mempercepat penurunan kapasitas baterai secara signifikan.

Secara matematis, keberadaan gradien yang berbeda pada setiap fungsi memperlihatkan hubungan proporsional antara intensitas aktivitas dan laju konsumsi energi. Semakin besar nilai absolut gradien, semakin cepat kapasitas baterai turun terhadap waktu. Hal ini sesuai dengan konsep fungsi linear yang telah dijelaskan dalam kajian teori, di mana koefisien gradien menentukan tingkat perubahan variabel dependen terhadap variabel independen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan penyertaan-Nya artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Kami menyampaikan terima kasih kepada ibu Ade Adriani, M.Pd. selaku dosen pengampu mata kuliah persamaan diferensial atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Dukungan dan masukan yang diberikan sangat membantu dalam penyempurnaan karya ini.

Kami juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama penyusunan artikel ini.

Selain itu, apresiasi kami sampaikan kepada seluruh anggota tim penyusun atas kerja sama, kedisiplinan, dan komitmen yang telah diberikan. Terima kasih juga kepada diri kami sendiri atas usaha dan ketekunan yang memungkinkan artikel ini dapat tersusun dengan baik dan tepat waktu.

Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat serta menjadi bahan referensi bagi pembaca.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis model dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penurunan kapasitas baterai smartphone dapat direpresentasikan secara efektif menggunakan persamaan diferensial orde satu. Setiap kategori penggunaan ringan, sedang, dan berat menghasilkan model linear dengan gradien negatif yang berbeda,

yang menunjukkan variasi laju penurunan kapasitas baterai sesuai intensitas aktivitas. Penggunaan ringan memiliki laju penurunan paling kecil, sedangkan penggunaan berat menunjukkan laju penurunan paling cepat akibat tingginya konsumsi energi komponen smartphone. Proses pengujian keeksakan dan penerapan faktor integrasi terbukti mampu menyelesaikan model matematis secara sistematis. Secara keseluruhan, pendekatan persamaan diferensial terbukti relevan dan akurat dalam menggambarkan dinamika konsumsi energi smartphone.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan data yang lebih rinci, termasuk pengaruh suhu, kualitas sinyal, dan kondisi baterai agar model dapat menggambarkan dinamika penurunan kapasitas secara lebih komprehensif.

Model matematis lanjutan seperti persamaan diferensial non-linear atau sistem persamaan diferensial dapat dipertimbangkan untuk menggambarkan kondisi penggunaan yang lebih kompleks.

Pengguna smartphone diharapkan lebih memperhatikan jenis aplikasi yang digunakan, karena aktivitas berat terbukti mempercepat penurunan kapasitas baterai secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarid, Ni Putu Agustini, M. Ibrahim Ashari, Radimas Putra Muhammad Davi Labib, Zulfikar Zauzi, I Made Wartana, ... Parama Diptya Widayaka. (2024). INDUCTIVE CHARGING PORTABEL DENGAN PANEL SURYA SEBAGAI PENGISIAN BATERAI HANDPHONE YANG MUDAH DAN PRAKTIS. *JASTEN (Jurnal Aplikasi Sains Teknologi Nasional)*, 5(1), 55–64. <https://doi.org/10.36040/jasten.v5i1.10054>
- Baek, K. W., Hong, E. S., & Cha, S. W. (2015). Capacity fade modeling of a Lithium-ion battery for electric vehicles. *International Journal of Automotive Technology*, 16(2), 309–315. <https://doi.org/10.1007/s12239-015-0033-2>
- de la Vega, J., Riba, J.-R., & Ortega-Redondo, J. A. (2023). Mathematical Modeling of Battery Degradation Based on Direct Measurements and Signal Processing Methods. *Applied Sciences*, 13(8), 4938. <https://doi.org/10.3390/app13084938>
- Gede Wiratma Jaya, Silahooy, S., & Sanny Virginia Aponno. (2023). Penentuan Konstanta Laju Penurunan Daya Baterai Smartphone Menggunakan Persamaan Kinetika Reaksi Orde Satu. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v6i1.302>
- Harahap, H., & Lubis, N. A. (t.t.). Solusi Umum Persamaan Diferensial Eksak Empat Variabel. Dalam *Jurnal As-Salam* (Vol. 1).
- Purnadi, A. W., Sari, Z., Dwi, F., & Sumadi, S. (2021). Perancangan Smart Charger Untuk Meghindari Overheat Pada Baterai Lithium-Ion. *REPOSITOR*, 3(1), 143–154.
- Roslina Siregar. (2016). PERSAMAAN DIFFERENSIAL EKSAK DENGAN FAKTOR INTEGRASI. *Journal of Mathematics Education and Science*, 2, 68–80.