

# Untuk Kesadaran Ilmu dan Cara Ilmiah: Suatu Gerak Abadi jenis Pertama, Pemodelan dan Analisisnya dengan Hukum Kedua dan Ketiga Newton tentang Gerak

**Aloysius Rusli**

Jurusan Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan,  
Bandung 40141

E-mail: arusli@unpar.ac.id

**Abstrak.** Pendidikan Fisika sebaiknya menggarisbawahi penyadaran tentang ilmu dan tentang cara ilmiah, agar calon guru makin dapat mengelola pengajaran Fisika dengan menjawab pertanyaan siswa secara ilmiah dan konstruktif, untuk menumbuhkan kreativitas diri dan siswa bersama-sama. Terpicu oleh suatu pertanyaan, di sini dilaporkan ihwal suatu gerak abadi jenis pertama, yang dapat dimodelkan dengan pipa U serta bola-bola licin yang sesuai, yang lalu dianalisis geraknya dengan Hukum Gerak II dan III dari Isaac Newton. Ditemukan bahwa berlakunya hukum-hukum itu menghasilkan kesimpulan yang menunjukkan ketidakmungkinan terjadinya gerak abadi tersebut. Kesimpulan ini dapat diartikan sebagai berlakunya kekekalan energi. Beberapa konsekuensi lain sempat ditinjau.

*Kata kunci: gerak abad jenis pertama, hukum gerak Newton.*

**Abstract.** Physics education should emphasize awareness of science and its scientific method, for the aspiring teacher to be increasingly able to manage teaching Physics by answering student's questions scientifically and constructively, to improve his/her and the student's creativity together. Triggered by such question, this article reports on a so-called perpetual motion of the first kind, which can be modeled with a U tube filled with appropriately sized smooth balls. This model can be analyzed with Isaac Newton's 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> laws of motion. The conclusion is that such perpetual motion cannot exist. This conclusion can be interpreted as the conservation of energy. Some additional results are also reported. [107 kata]

*Keywords: perpetual motion of the first kind, Newton's laws of motion.*

## 1. Pendahuluan

Dalam beberapa puluh tahun diminta mengajar di program studi jenjang Magister Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, ditemukan adanya kekurangmantapan penguasaan ilmu Fisika pada para mahasiswanya. Karena itu telah dihasilkan sejumlah artikel dengan judul seperti di atas, dalam rangka menambah pendalaman materi beberapa topik Fisika. Hal itu diyakini dapat menunjang kesadaran tentang ilmunya, dan tentang cara ilmiah menggunakannya, untuk kemudian terus dapat dikembangkan bersama para siswa yang ditemui. Setelah menggunakan antara lain 7 satuan dasar Sistem Internasional sebagai topik [1][2], selanjutnya pertanyaan yang dijumpai dalam mendalami Fisika ini, ada yang lalu dijadikan topik pula. Demikianlah, suatu pertanyaan [3] yang menyentuh ihwal gerak abadi (*perpetual motion*) [4], telah menjadi picu bagi artikel ini. Suatu bentuk gerak abadi yang telah saya jumpai sejak masa belajar di SMA, lalu sempat dimodelkan menjadi bentuk yang lebih sederhana, yang lalu mudah dapat diterapi hukum kedua dan ketiga tentang gerak rumusan Isaac Newton (1643-1727) [5]. Ternyata bahwa asumsi/andaian keberlakuan hukum-hukum ini, menghasilkan kesimpulan bahwa gerak abadi ini tidak dapat terjadi. Kesimpulan semacam ini lalu dapat dipandang kesempatan untuk menguji hukum-hukum Newton itu, secara empiris, dan bukannya sekedar

memercayainya saja. Jika benar gerak abadi ini dapat terjadi secara empiris, lalu dapat disimpulkan bahwa hukum-hukum Newton itu ternyata tidak lagi berlaku, setidaknya untuk gerak abadi ini. Sebaliknya jika tidak berhasil menimbulkan gerak abadi itu secara empiris, mulai dapat dikatakan bahwa tampaknya sekali lagi hukum-hukum itu ternyata masih berlaku, juga bagi gerak tersebut.

Agar jalan pikiran menangani topik ini lebih mudah dipakai, sistematika artikel ini dibuat sebagai berikut: Awalnya ihwal gerak abadi dibahas ringkas, berdasarkan pustaka daring (dalam jaringan, *online*) yang masa kini mudah digunakan, yaitu [www.google.com](http://www.google.com) atau [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) atau sumber ilmu Fisika lain yang cukup banyak tersedia di Web melalui Internet. Kemudian dipilihkan pemodelan yang sederhana bagi gerak abadi itu, yang dapat diterapi hukum-hukum gerak yang dirumuskan oleh Isaac Newton itu. Hasil penerapan itu ternyata berupa persyaratan yang perlu dipenuhi model tersebut. Ketaksesuaian dengan persyaratan tersebut menunjukkan tidak konsistennya model itu dengan hukum gerak Newton. Ini dapat berarti dua macam: Model itu membuka kesempatan untuk direalisasi secara empiris, dan keberhasilannya lalu akan berarti bahwa Hukum Newton tentang gerak ini ternyata tidak berlaku bagi realitas empiris itu. Ini biasanya menimbulkan upaya pengulangan percobaan empiris itu, untuk meyakinkan diri bahwa telah ditemukan kegagalan Hukum Gerak Newton itu; padahal telah selama 3 abad, Hukum-hukum tentang gerak itu telah berhasil menjelaskan maupun meramalkan gerak dari partikel berukuran mikrometer, sampai galaksi yang terdiri atas bermilyar bintang. Dengan cara kerja seperti ini, kita telah menunjukkan bagaimana cara ilmiah digunakan untuk menyaring hukum dan teori yang sesuai dari yang tidak sesuai dengan perilaku dalam alam raya ini.

## 2. Gerak Abadi

Seperti dapat dibaca di Wikipedia [4], ada 3 jenis gerak abadi, jika dikaitkan dengan hukum pertama dan kedua Termodinamika:

- (1) Jenis pertama menghasilkan usaha, tanpa memperoleh pasokan energi. Dengan kata lain, jenis 1 ini bertentangan dengan Hukum Kekekalan Energi, yang sejak tahun 1850an sampai kini belum berhasil dilanggar.
- (2) Jenis kedua mengubah energi termal sepenuhnya menjadi usaha, tanpa perlu membuang sedikitpun energi termal itu ke lingkungan yang lebih sejuk. Analognya, suatu mesin tanpa perlu knalpot untuk membuang energi termal ke lingkungan yang lebih sejuk. Dengan perkataan lain, jenis ini melanggar Hukum Kedua Termodinamika, yang sejak tahun 1850an pula, sampai kini, belum berhasil dilanggar.
- (3) Jenis ketiga biasanya didefinisikan sebagai proses yang sedikitpun tidak mengalami gesekan. Inipun sampai kini belum berhasil dicapai; tiap proses senantiasa mengalami gesekan, kecil ataupun besar. Dengan perkataan lain, konsep “proses reversibel”, “proses terbalikkan” yang dapat membalikkan suatu proses kembali ke keadaan semula sepenuhnya, hanya alat teoretis yang ternyata (ajaibnya!) berguna, tetapi bukan realitas praktis. Perlu dicatat bahwa angka 3 di sini tidaklah mengait ke Hukum Ketiga Termodinamika.

Salah satu proses yang tergolong gerak abadi jenis pertama, sudah dikenal lama, yaitu peristiwa mengalirnya suatu sungai, dari hulu di bukit ke hilir di lembah, yang digunakan menggerakkan suatu roda air, yang terputar oleh air yang menumbuk sirip-sirip roda itu. Roda itu lalu digunakan untuk memindahkan (dengan sekedar mengangkat air ke atas, atau dengan pompa air atau cara lain) air sungai yang telah melewati roda itu ke hilirnya, kembali ke ketinggian hulu sungai di atas roda itu. Dengan demikian dapat diharapkan bahwa sungai itu akan dapat terus menerus mengalir sambil menggerakkan roda itu, tanpa pernah kehabisan air. Karena itulah, peristiwa ini dinamakan suatu gerak yang dapat abadi.

Bahwa kemudian gerak abadi ini disebut sebagai jenis pertama, adalah karena abadinya gerak roda ini menandakan bahwa energi yang dimiliki sungai bersama roda itu terus tersimpan pada sistem ini. Karena

lambat laun disadari bahwa senantiasa akan ada air yang menguap atau terpercik ke samping, atau meresap ke dalam tanah, dan sebagainya, maka itu dapat dikatakan agak mengidealkan adanya keabadian gerak itu. Tetapi ketika disadari bahwa roda air itu terus menerima usaha dari air sungai, yang lalu terus dipakai mengangkat air, lalu mulai dapat dikatakan bahwa keabadian tersebut berarti bahwa ada penciptaan usaha terus menerus oleh roda itu; dengan kata lain, peristiwa gerak abadi ini menunjukkan adanya penciptaan energi baru terus menerus, atau dengan perkataan lain: sedang terjadi pelanggaran hukum kekekalan energi.

Pelanggaran ini sebenarnya baru mulai diyakini di abad ke 19, ketika Kelvin, Joule, Helmholtz, dan peneliti lain mulai menemukan bahwa dalam Hukum Gerak yang dirumuskan Isaac Newton dua abad sebelumnya, tersirat sifat bahwa ada konsep yang kemudian disebut energi, yang tidak dapat lenyap. Dengan perkataan lain: Energi itu suatu sifat dalam alam ini, yang jumlahnya tetap, yang sifatnya kekal. Maka gerak roda air di sungai tersebut di atas, menunjukkan bahwa energi itu bukannya kekal melainkan terus menerus dapat tercipta.

Dengan perkataan lain: Hukum gerak Newton menyatakan bahwa energi itu kekal, tak dapat bertambah atau berkurang dalam jagad ini. Maka gerak abadi yang menunjukkan adanya penciptaan energi terus menerus, bertentangan dengan Hukum gerak Newton. Karena sudah terbukti sejak dirumuskan Newton, bahwa Hukum gerak Newton itu senantiasa konsisten dengan perilaku mikroskopik sampai ke benda raksasa seperti bintang dan galaksi, maka bukannya Hukum Newton itu yang dianggap tidak konsisten, melainkan gerak abadi itulah yang dianggap tidak akan dapat terjadi.

Pembuktian sederhana bahwa Hukum gerak Newton memuat makna atau interpretasi bahwa energi itu kekal: Rumusan Hukum II Newton dapat ditulis sederhana sebagai berikut: Gaya total atau resultan pada suatu benda, = massa benda  $\times$  percepatan benda itu,[6]

$$F_{\text{res}} = m a. \quad (1)$$

Percepatan  $a$  didefinisikan sebagai perbedaan kecepatan dibagi dengan perbedaan waktunya,  $a = dv/dt$  atau secara kalkulus matematika dapat dirantaikan dan ditulis sebagai  $a = (dv/dx) (dx/dt)$ . Karena  $dx/dt$  dikenali sebagai kecepatan  $v$ , diperoleh  $F_{\text{res}} = m v dv/dx$ , yang secara kalkulus pula dapat ditulis sebagai  $F_{\text{res}} dx = d(\frac{1}{2} m v^2)$ .

Bentuk terakhir ini menyiratkan interpretasi, bahwa nilai perkalian gaya resultan pada benda, dikalikan perpindahannya  $dx$ ,  $F_{\text{res}} dx$ , dapat dinyatakan selalu (sejauh Hukum kedua Newton selalu konsisten dengan perilaku alam) sama dengan pertambahan bentuk  $\frac{1}{2} m v^2$  bagi benda itu. Karena resultan gaya pada benda dikalikan perpindahan benda, dikenali sebagai apa yang biasa dilakukan orang yang mendorong menggayai suatu benda yang berpindah, yang dapat disebut sebagai usaha resultan atau usaha total pada benda, bahwa itu menambah sesuatu yang "dimiliki" benda berbentuk  $\frac{1}{2} m v^2$ ; dengan perkataan lain, usaha total pada benda itu bukannya lenyap, melainkan sepenuhnya (= besarnya tetap) berubah menjadi energi kinetik atau energi gerak benda itu. Ada sesuatu yang dipindahkan ke benda itu, yaitu usaha, yang tersimpan tepat sama, tanpa berkurang atau bertambah, menambah jumlah energi kinetik benda. Dengan istilah setara, itu dapat disebut sebagai pernyataan kekalnya sesuatu yang disebut energi itu. Usaha sekedar dapat dipandang sebagai cara memindahkan energi dari otot orang yang menggayai benda itu, dan energi dalam otot itu dapat disebut energi kimia, hasil makan dan minum orang itu.

Mengapa disebut gerak abadi itu jenis pertama? Itu adalah, karena kekalnya energi tertampung dalam Hukum Pertama Termodinamika, yang mulai terbukti berlaku di abad ke 19 itu. Selain itu juga sudah ditemukan Hukum II Termodinamika, malah sedikit sebelum disadari berlakunya Hukum Pertama Termodinamika itu, yang menyatakan bahwa dalam alam ini, energi termal senantiasa mengalir dari benda panas ke benda dingin, tak pernah dapat mengalir sebaliknya, kecuali jika dilakukan tindakan dengan pompa kalor atau motor listrik atau cara lain. Maka beberapa macam gerak abadi lain ditemukan

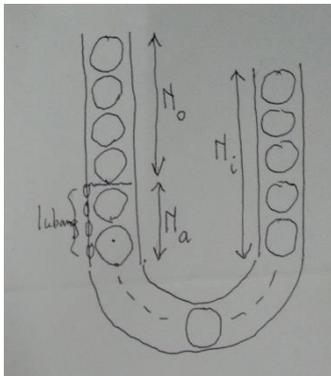
bukannya melanggar Hukum I Termodinamika, melainkan bertentangan dengan Hukum Termodinamika II; itulah yang lalu disebut sebagai gerak abadi jenis kedua.

Jadi kesimpulannya: Gerak abadi jenis pertama itu bertentangan dengan Hukum Kekekalan Energi yang tersirat dalam Hukum Kedua Newton, yang kemudian dapat diperluas mencakup pengertian kalor atau energi termal yang disebut sebagai Hukum Pertama Termodinamika.

### 3. Pemodelan sederhana

Peristiwa gerak “abadi” siklus aliran sungai tersebut, dapat (tidak harus) dimodelkan secara sederhana, dengan mewakili air yang dianggap dapat terus menerus bergerak siklus, dari hulu ke hilir lalu terangkat oleh roda air itu kembali ke hulu yang lebih tinggi itu, dengan sederetan bola licin yang bergerak dalam suatu pipa U, dengan merendam sebagian bola dengan misalnya air (lihat gambar), di bagian bawah pipa U sisi kiri, sebanyak  $N_A$  buah.

Gaya Archimedes yang biasa mengangkat benda di dalam cairan, mewakili roda air tersebut menjadi “penyebab” abadinya gerak bola-bola itu. Bola yang terdorong ke atas melewati ujung pipa kiri, lalu dapat digelindingkan kembali ke ujung pipa kanan, sambil kalau perlu menggerakkan roda air berputar, entah untuk membantu mengangkat air, entah untuk menjadi sumber energi listrik yang dapat membuat lampu menyala seperti yang dilakukan PLN. Dengan perkataan lain, model ini diniatkan menghasilkan usaha terus menerus oleh bola-bola di kiri yang terangkat ke atas, yang lalu menggelinding ke mulut pipa kanan memasuki pipa kanan itu, melanjutkan gerak siklusnya.



Selanjutnya gerak siklus ini akan ditelaah dengan menggunakan Hukum II & III Newton, Jika ternyata siklus ini konsisten dengan Hukum Newton ini, maka keabsahan Hukum Newton ini akan mengabsahkan pula gerak siklus ini. Sebaliknya kalau ternyata penerapan Hukum Newton menunjukkan hasil yang bertentangan dengan siklus ini, hal itu berarti bahwa siklus ini takkan dapat terjadi.

Jadi terpulang pada hasil empiris pula, apakah siklus yang dimodelkan ini dapat terealisasi secara empiris, atau tidak berhasil. Perhitungan berdasarkan Hukum Newton ini diuraikan di Metode di bawah ini.

### 4. Metode

Metode ini memuat penggunaan Hukum II dan III Newton tentang gerak, pada model pipa U dengan bola-bola yang diandaikan dapat bergerak dalam siklus searah dengan jarum jam. Lihat gambar di atas. Di situ tampak  $N_o$  ( $o = outlet$ ) buah bola (diwakili 4 bola) yang berada di atas permukaan air di pipa kiri. Pipa U dianggap terbuat dari bahan transparan, agar tampak gerak bolanya. Dianggap para bola bergaris tengah  $D$ , dan dapat berpindah sekedarnya oleh dorongan bola tetangganya, tanpa perlu berotasi dan tanpa ada gesekan berarti oleh dinding pipa U. Artinya bola dianggap sepenuhnya licin, dan penampang-dalam pipa dianggap tepat mengizinkan lewatnya bola, artinya garis tengah pipa cukup dekat pada  $D$ . Air dapat memasuki pipa kiri, dengan adanya lubang secukupnya pada bagian vertikal pipa kiri bawah, menggenangi dan menimbulkan gaya angkat Archimedes pada  $N_a$  ( $a = air$ ) bola yang terendam (diwakili 2 bola pada gambar). Di pipa kanan, ada  $N_i$  ( $i = inlet$ ) buah bola (diwakili 5 bola di gambar). Bola-bola yang sedang berada di lengkung bawah pipa U, dianggap sekedar mengalihkan bola dari kanan ke kiri, dan tidak perlu ikut dalam perhitungan; simetri bentuknya dianggap mengizinkan lengkung itu sekedar memindahkan bola saja tanpa dampak lain. Air dianggap dapat dicegah membocon ke dalam bagian lengkung itu, dengan bantuan sekat karet atau lainnya. Segi teknis ini dianggap dapat diatasi, tanpa menimbulkan gesekan berarti, ketika bola menaik memasuki kolom air dari bawah, di pipa kiri. Kentalnya air juga dianggap boleh diabaikan, sehingga tak perlu diperhitungkan. Dengan mengandaikan

gerak bola cukup lamban, gesekan yang sebenarnya selalu ada, dianggap boleh diabaikan. Selama gerak siklus ini, diandaikan volume bola terendam boleh dihitung sebagai kelipatan bulat volume satu bola. Jadi gaya Archimedes menjadi sekedar  $N_a V R g$ , dengan  $V$  volume 1 bola,  $R$  = massa jenis air, dan  $g$  kuat medan gravitasi ataupun percepatan gravitasi,  $\sim 10 \text{ N/kg} = \sim 10 \text{ m/s}^2$ . Gaya Archimedes inilah yang mengangkat dan menggerakkan bola-bola untuk bersiklus searah jarum jam.

Maka jika ditinjau bola yang berada di posisi terendah, ada gaya horizontal padanya dari kiri oleh berat  $N_o + N_a$  bola di pipa kiri, dan ada gaya horizontal dari kanan oleh berat  $N_i$  bola di pipa kanan.

Karena asumsi gerak lamban ke kiri bola terbawah ini, dapatlah diandaikan jumlah dua gaya horizontal itu praktis nol, tapi karena asumsi ada gerak ke kiri, resultan dua gaya itu  $> \sim 0$ , dengan memilih arah gerak bola sebagai arah  $> 0$ .

Kedua gaya itu dapat ditulis:

1. Gaya ke kiri = berat  $N_i$  bola di pipa kiri =  $- N_i m g = - N_i R_b V g$  dengan  $R_b$  = massa jenis bola, dan  $V = 4\pi/3 D^3/8 = k_v D^3$  dengan  $k_v \equiv \pi/6$ .
2. Gaya ke kanan = berat  $N_o + N_a$  bola + gaya hidrostatis kolom air di pipa kiri setinggi  $N_a D$ , =  $R g N_a D A$ , dengan  $A$  = luas penampang pipa yang =  $\pi D^2/4 \equiv k_A D^2$ , dengan  $k_A \equiv \pi/4$ .

Maka Hukum II Newton menghasilkan bahwa

$$N_i m g - (N_o + N_a) m g - R g N_a D A > \sim 0, \quad (2)$$

atau

$$\{N_i - (N_o + N_a)\} m g > \sim N_a D A R g \quad (3)$$

atau dengan asumsi  $g > 0$ :

$$N_i > \sim (N_o + N_a) + N_a D A R/m. \quad (4)$$

Dapatlah dihitung nilai  $D A R/m$  yang pasti harus berupa bilangan murni demi samanya dimensi ruas kiri dan kanan, sehingga bersifat universal, tak tergantung sistem satuan yang digunakan.

Diperoleh

$$D A R/m = D k_A D^2 R / (R_b V) = (k_A/k_v) (R/R_b). \quad (5)$$

Untuk bola,  $k_A/k_v = 3/2$ , dan untuk massa jenis bola ( $R_b$ ) < massa jenis air ( $R$ ), dapat dipilih bilangan  $R/R_b > 1$ , misalnya 2. Maka persamaan (4) menjadi

$$N_i > \sim (N_o + N_a) + 3 N_a.$$

Ini berarti bahwa  $N_i > \sim N_o + 4 N_a$  !

Artinya  $N_i$  senantiasa harus  $> N_o$ , selama ada air di pipa kiri.

Dan jika pun tiada air, tetap  $N_i$  harus  $> \sim N_o$  untuk menghasilkan gerak searah jarum jam!

Artinya gerak searah jarum jam mensyaratkan tumpukan  $N_i >$  tumpukan  $N_o$ , berarti bola yang ke luar dari mulut pipa kiri selalu berada di bawah ketinggian bola teratas di pipa kanan. Artinya tak mungkin gerak searah jarum jam dipertahankan tanpa ada sumbangan usaha mengangkat bola yang ke luar dari pipa kiri, menjadi setinggi atau agak lebih tinggi dari tepi pipa kanan. Harus ada usaha dari luar yang terus menerus disumbangkan demi mempertahankan gerak searah jarum jam itu.

Dengan perkataan lain: gerak abadi yang diharapkan, tidak didukung oleh model sederhana ini.

Suatu catatan tentang butir 2 di atas, tentang gaya ke kanan: Gaya hidrostatis yang disebut di sini dapat juga ditunjukkan secara lebih rinci dan tepat, terbentuk karena selain oleh beratnya air yang menimbulkan gaya topang pada air oleh bola di bawahnya, yang oleh Hukum III Newton menimbulkan gaya pada bola di bawah itu, sebesar berat air itu, juga ada gaya angkat Archimedes pada bola dalam air, yang oleh Hukum III tersebut, juga menimbulkan gaya ke bawah oleh bola tersebut pada air itu, yang lalu juga menimbulkan gaya ke bawah pada bola di bawah itu. Jadi tampak bahwa besar total gaya ke bawah itu tepat sama besar dengan berat air itu. Adanya gaya inilah yang tampaknya lupa diperhitungkan oleh yang mengharapakan berhasilnya menciptakan gerak abadi itu.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh Metode di atas, jelas menunjukkan bahwa model pipa U dengan bola-bla itu mensyaratkan tinggi pipa kanan i lebih tinggi daripada tinggi mulut pipa kiri o. Dengan demikian, harapan memperoleh gerak terus menerus tidak tercapai. Penimbulnya adalah penerapan Hukum II Newton yang konsisten. Dengan perkataan lain, gerak abadi ini bertentangan dengan Hukum gerak Newton. Atau: Gerak abadi ini tak mungkin terjadi.

## 6. Simpulan

Dapat disimpulkan bahwa Hukum gerak Newton setara dengan tidak mungkinnya terjadi gerak abadi yang dimodelkan secara sederhana ini. Tentu dapat dicoba menemukan model yang lebih rumit, yang diharapkan dapat konsisten baik dengan Hukum gerak Newton, maupun dengan adanya suatu gerak abadi.

Ini dapat menjadi bahan untuk meneliti hal ini lebih jauh.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak J S Lukman untuk pertanyaan yang menjadi picu artikel ini, Terima kasih pula diucapkan kepada Jurusan Fisika FTIS UNPAR, yang telah memberi kesempatan untuk mengolah artikel ini menjadi bentuk yang sederhana dan semoga bermanfaat. Terima kasih juga diucapkan kepada Panitia Seminar Nasional Fisika 2022 yang diselenggarakan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang di jalan Lontar, dengan Zoom pada Kamis 28 Juli 2022, dengan Lontar *Physics Forum* sebagai payungnya. Semoga artikel ini termanfaatkan dengan baik bagi ilmu dan cara ilmiah Fisika.

## Daftar Pustaka

- [1] Rusli, A (2016). [Dalam rangka Literasi Ilmu dan Literasi Cara Ilmiah – Proses berkembangnya konsep atom, dari perkiraan, kuantifikasi, dan beberapa segi metafisisnya](#). Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains (SNIPS 2016), ITB, Bandung, nomor urut 142, 21-22 Juli 2016. Program Studi Fisika ITB, FMIPA
- [2] Rusli, A (2018). Definisi-ulang satuan Sistem Internasional: Beberapa segi fisika, beberapa pertimbangan metafisika. Seminar Kontribusi Fisika (SKF) 2018, Jurusan Fisika ITB, Bandung, 4 Desember 2018. ABS-41, hlm 52.
- [3] J S Lukman (2022). Komunikasi pribadi.
- [4] Wikipedia (2022). *Perpetual motion*. Diakses 8 Mei 2022
- [5] Wikipedia (2022). Isaac Newton. Diakses 12 Juli 2022
- [6] Giambattista A, Richardson Betty McCarthy and Richardson Robert C 2010 *Physics*, second edition, (New York: McGraw-Hill), p 96 and 98