

Mekanika Newtonian dan Signifikansi Filosofisnya

Muhamad Taufiq^{1,3}, Ida Kaniawati²

^{1,2} Program Doktor Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

³ Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

E-mail: muhamadtaufiq@mail.unnes.ac.id¹; kaniawati@upi.edu²



This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © XXXX by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

Diterima: 16-03-2022

Direview: 03-11-2022

Publikasi: 30-06-2023

Abstrak

Mekanika Newtonian telah memotivasi berbagai ide dan penerapan sains khususnya tentang gaya, massa, gerak, dan energi pada fenomena gerak benda dan penyebabnya. Hukum Newton tentang gerak selama ini diakui sebagai salah satu pengetahuan ilmiah yang empirik dan kokoh menjelaskan berbagai fenomena alam khususnya tentang gerak. Namun demikian, perlu dilakukan kajian terkait signifikansi filosofis teori mekanika Newtonian. Artikel ini bertujuan menganalisis konsep mekanika Newtonian dalam filsafat ilmu dan signifikansinya (aspek ontologi, epistemologi dan aksiologinya). Artikel ini disusun melalui studi literatur dengan metode *critical literature review* menggunakan lima tahapan, yaitu menentukan topik, menentukan kriteria inklusi dan eksklusi, melakukan pencarian literatur, mengevaluasi literatur yang ditemukan, dan menulis laporan hasil studi. Berdasarkan hasil analisis literatur, disimpulkan bahwa sejarah perkembangan teori Mekanika Newtonian merupakan bagian dari perkembangan mekanika klasik hingga mekanika modern. Teori Mekanika Newtonian atau juga dikenal sebagai Hukum Newton tentang gerak diperkenalkan dan berkembang pada era Periode Awal Sains (1550–1800 M). Mekanika Newtonian dalam tinjauan ontologi merupakan pemikiran yang panjang mengenai konsep gerak benda dan membahas mengenai gaya yang bekerja pada benda. Secara epistemologis, teori Mekanika Newtonian tidak semata-mata bersumber dari gagasan Isaac Newton, melainkan merupakan hasil usaha kolektif sekelompok ilmuwan yang mengkaji dan mendalami fenomena gerak alam. Dari perspektif aksiologis, Mekanika Newton menawarkan berbagai keuntungan praktis dalam kehidupan sehari-hari dan memiliki arti penting, khususnya dalam bidang pendidikan fisika, khususnya mekanika. Ini melampaui sekadar eksplorasi fakta, prinsip, atau hukum karena mencakup nilai-nilai moral yang dapat ditanamkan kepada peserta didik sebagai alternatif pendekatan pendidikan karakter.

Kata Kunci: aksiologi; epistemologi; mekanika newtonian; ontologi; signifikansi

Abstract

Newtonian mechanics has motivated various ideas and applications in science. Newton's laws of motion have long been recognized as one of the empirically sound and robust scientific knowledge that explains various natural phenomena, especially regarding motion. Nevertheless, a study is needed regarding the philosophical significance of Newtonian mechanics. This article aims to analyze the concept of Newtonian mechanics in the philosophy of science and its significance (ontological, epistemological, and axiological aspects). This article is written through a literature review using the critical literature review method with five stages, namely determining the topic, determining inclusion and exclusion criteria, conducting a literature search, evaluating the found literature, and writing the study report. It is concluded that the history of Newtonian mechanics development is part of the development of classical mechanics to modern mechanics. Newtonian mechanics, in ontological terms, is a lengthy study of the concept of motion and discusses the forces acting on objects. Epistemologically, the theory of Newtonian Mechanics does not solely stem from the ideas of Sir Isaac Newton, but is instead the result of a collective effort by a group of scientists who examined and explored natural motion phenomena. From an axiological perspective, Newtonian Mechanics offers various practical advantages in daily life and holds great significance, particularly in the field of physics education, specifically in mechanics. It goes beyond the mere exploration of facts, principles, or laws, as it also encompasses moral values that can be imparted to students as an alternative approach to character education.

Keywords: axiology; epistemology; newtonian mechanics; ontology; significance

1. Pendahuluan

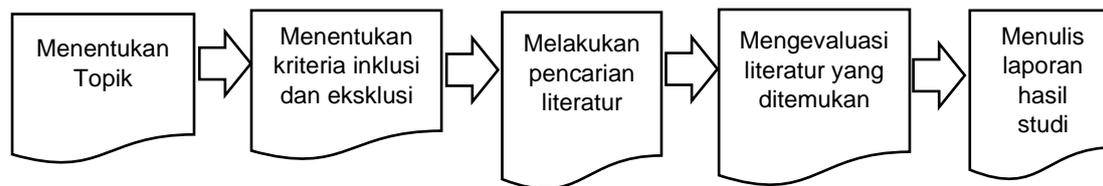
Mekanika merupakan salah satu teori ilmiah yang paling populer di antara berbagai disiplin ilmu (Kibble & Berkshire, 2004). Dalam bidang ilmu fisika, mekanika memiliki peran yang sangat penting bagi para ilmuwan dan insinyur (Serway & Jewett, 2018). Mekanika adalah cabang ilmu fisika yang berkaitan dengan perilaku benda yang terkena gaya atau mengalami perpindahan, serta dampaknya terhadap benda-benda tersebut di sekitar mereka (Knox & Wilson, 2022). Mekanika klasik merujuk pada bagian ilmu fisika yang mempelajari gaya yang bekerja pada benda (Morin, 2008). Konsep-konsep dasar dalam mekanika klasik sebagian besar didasarkan pada hukum gerak Newton yang dirumuskan oleh Isaac Newton, sehingga sering juga disebut sebagai "Mekanika Newtonian". Mekanika klasik terdiri dari beberapa subbidang yang meliputi statika (mempelajari benda dalam keadaan diam), kinematika (mempelajari gerakan benda), dan dinamika (mempelajari benda yang dipengaruhi oleh gaya).

Salah satu penemuan paling revolusioner yang dilakukan oleh Newton dalam bidang mekanika adalah tiga hukum Newton tentang gerak. Teori mekanika ini ditemukan dalam beberapa halaman awal buku *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, yang dalam bahasa Latin berarti "Prinsip Matematika Filsafat Alam," dalam bagian yang membahas "Aksioma, atau Hukum Gerak," segera setelah Newton mengungkapkan beberapa ide dasar dalam mekanika. Hukum pertama Newton, yang dikenal sebagai prinsip inersia (kemalasan), menyatakan bahwa setiap objek akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak sepanjang garis lurus dengan kecepatan tetap, kecuali ada pengaruh gaya eksternal yang bekerja pada objek tersebut. Hukum kedua Newton tentang gerak menyatakan bahwa perubahan gerak suatu benda sebanding dengan gaya yang diberikan dan terjadi sepanjang garis lurus di mana gaya tersebut bekerja. Hukum ketiga Newton, yang dikenal sebagai hukum aksi dan reaksi, menyatakan bahwa setiap aksi memiliki reaksi yang sebanding dan berlawanan, artinya gaya yang dilakukan oleh dua benda satu sama lain selalu memiliki besar yang sama namun arah yang berlawanan. Newton juga menyatakan berat sebagai besaran gaya yang mengenai benda akibat percepatan gravitasi di permukaan Bumi, berbeda dengan massa yang merupakan karakteristik intrinsik suatu benda yang mengukur resistansi benda terhadap perubahan kecepatan.

Penelitian terdahulu terkait analisis Mekanika Newtonian antara lain Samaroo (2019), membahas teori yang sekarang kita kenal sebagai Mekanika Newtonian sebagai ilmu yang mempelajari tentang materi yang bergerak. Samaroo telah membahas bahwa Newton memberi kita lebih dari sekadar teori mekanika yang sukses secara empiris. Namun, Samaroo hanya membatasi pembahasannya pada mekanika Newton, terlepas dari teori gravitasi. Padahal karya Newton "*Prinsip Matematika dari Filsafat Alam*" mencakup hubungan kausal keduanya. Menurut Damanik (2022) dan Rofiq (2018), banyak prinsip dasar fisika yang dapat digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam kehidupan. Beberapa di antaranya diterapkan secara langsung, sementara yang lain diimplementasikan melalui perangkat yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip fisika. Prinsip pada Hukum Newton merupakan salah satunya. Hukum ini telah menjadi sumber inspirasi bagi fisikawan dan ilmuwan terapan dalam mengkreasi peralatan yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip Newton, meskipun nilai-nilai filosofis yang melandasi hukum ini belum dijelaskan secara spesifik. Sementara Orman (2016), memiliki pandangan yang sejalan dengan Kuhn (1970) tentang sains tidak kumulatif, sehingga kita tidak dapat dengan tepat mengatakan bahwa teori Einstein adalah peningkatan dari teori Newton karena istilah kunci (misalnya 'massa') dalam dua teori sedikit berbeda dalam arti. Keduanya menolak karakterisasi kemajuan ilmiah seperti itu karena mereka mengakui dan menekankan bahwa revolusi ilmiah mengakibatkan perubahan ontologi. Studi literatur ini bertujuan membahas Mekanika Newtonian dan signifikansi filosofisnya. Studi ini menggunakan *critical literature review* untuk menjawab pertanyaan: (1) Bagaimanakah sejarah perkembangan teori Mekanika Newtonian? (2) Bagaimanakah Mekanika Newtonian dalam tinjauan filsafat ilmu dan signifikansinya (aspek ontologi, epistemologi dan aksiologinya)?

2. Metode

Artikel ini disusun melalui studi literatur. Metode yang digunakan dalam studi literatur ini adalah *critical literature review*, yaitu tinjauan literatur yang menganalisis penelitian ataupun studi literatur sebelumnya dengan mengevaluasi kelemahan-kelemahan metodologis atau teoretis yang terdapat dalam studi-studi tersebut (Paré & Kitsiou, 2017; Snyder, 2019; Chetwynd, 2022). Cara pengumpulan data pada studi literatur *critical review* melalui lima langkah dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Langkah Studi *Critical Literature Review*

Pada gambar 1, menunjukkan sintak atau langkah cara pengumpulan data pada studi literatur *critical review* ini, yaitu (1) Menentukan topik, topik yang dipilih spesifik dan terfokus pada kajian mekanika Newtonian dan signifikansi filosofisnya, sehingga memungkinkan untuk dilakukan evaluasi kritis terhadap penelitian-penelitian yang relevan; (2) Menentukan kriteria inklusi dan eksklusi, kriteria inklusi pada studi ini mencakup jenis penelitian yang akan diikutsertakan dalam tinjauan ini adalah artikel studi literatur dan hasil penelitian, dengan batas waktu publikasi sepuluh tahun terakhir (2012-2022). Sedangkan, kriteria eksklusi studi ini mencakup jenis penelitian yang tidak relevan, publikasi yang tidak tersedia secara online, atau penelitian yang memiliki kualitas metodologi yang buruk; (3) Melakukan pencarian literatur, pencarian literatur pada studi ini dilakukan melalui basis data elektronik melalui mesin pencari Google Scholar. Pencarian dilakukan menggunakan kata kunci atau istilah yang terkait dengan topik penelitian; (4) Mengevaluasi literatur yang ditemukan, penilaian dilakukan dengan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, juga dilakukan evaluasi kritis terhadap kualitas metodologi penelitian yang telah dipublikasikan, termasuk kekuatan dan kelemahan dari setiap studi; (5) Menulis laporan hasil studi, mencakup ringkasan tentang topik yang ditinjau, metode yang digunakan dalam pengumpulan dan evaluasi data, temuan utama dari penelitian, serta kesimpulan dan saran untuk penelitian masa depan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Sejarah Perkembangan Teori Mekanika Newtonian

Sejarah perkembangan teori Mekanika Newtonian merupakan bagian dari perkembangan mekanika klasik hingga mekanika modern. Mekanika klasik mempelajari gerak mekanis benda-benda makroskopik yang bergerak dengan kecepatan jauh lebih kecil daripada kecepatan cahaya ($c=3 \times 10^8$ m/s). Benda makroskopik adalah benda yang dimensinya $R \geq 10^{-10}$ m. Teori fisika yang mempelajari sistem benda yang geraknya terjadi pada kecepatan yang jauh lebih rendah daripada kecepatan cahaya termasuk di antara teori non-relativistik. Jika kecepatan partikel sistem sebanding dengan kecepatan cahaya ($v \leq c$), maka sistem tersebut terkait dengan sistem relativistik, dan mereka harus dijelaskan berdasarkan teori relativitas. Dasar dari semua teori relativitas adalah teori relativitas khusus. Jika dimensi benda fisik yang dipelajari kecil $R \leq 10^{-10}$ m, maka sistem seperti itu termasuk dalam sistem kuantum, dan teorinya termasuk dalam jumlah teori kuantum. Mekanika klasik, yang sering disebut sebagai mekanika Newtonian, dibahas dalam beberapa periode yang berbeda, yaitu Periode I (Pra-sains hingga tahun 1550 M), Periode II (Awal Sains dari tahun 1550 M hingga 1800 M), dan Periode III (Fisika Klasik dari tahun 1800 M hingga 1900 M). Mekanika modern terbagi menjadi mekanika kuantum lama dan mekanika kuantum baru, serta juga sedikit menjelaskan tentang teori relativitas khusus di bagian akhir. Teori Newton mengenai gerak, yang juga dikenal sebagai Hukum Newton tentang gerak, dikembangkan dan diperkenalkan pada periode kedua sejarah sains, yaitu awal abad ke-16 hingga akhir abad ke-18 (Vilmala, 2020). Pada periode ini, perkembangan teori mekanika dimulai dengan beberapa peristiwa penting sebagai berikut.

1) Galileo Galilei (1564 M–1642 M)

Aristoteles mengemukakan pandangan mengenai percepatan benda yang didasarkan pada beratnya, yaitu semakin berat sebuah benda, semakin cepat benda tersebut akan jatuh ke tanah. Oleh karena itu, kecepatan jatuhnya benda dianggap berbanding lurus dengan beratnya. Namun, Galileo menentang pandangan Aristoteles dan berpendapat bahwa semua benda akan jatuh dengan percepatan konstan yang sama jika tidak ada hambatan udara atau faktor lain yang mempengaruhinya. Gesekan dengan udara sebagai hambatan terhadap benda-benda yang sangat ringan dan memiliki permukaan luas. Namun, dalam banyak situasi yang umum, hambatan udara dapat diabaikan. Dalam ruang hampa udara, di mana udara telah dihisap (divakumkan), benda yang ringan seperti bulu atau selembar kertas yang dipegang secara

horizontal akan jatuh dengan percepatan yang sama. Selain itu, Galileo juga menyampaikan hukum inersia.

2) René Descartes (1596 M–1650 M)

Descartes mengajukan dua hukum mengenai gerak dan membuat prediksi tentang hasil tumbukan antara dua massa. Descartes setuju dengan prinsip Galileo bahwa benda-benda cenderung bergerak dalam garis lurus, dan tidak ada ruang kosong di dalam mana benda dapat bergerak. Oleh karena itu, konsekuensinya adalah satu-satunya gerakan yang mungkin terjadi adalah gerakan rotasi dari sekelompok partikel.

3) Evangelista Torricelli (1608 M–1647 M)

Pada tahun 1643, Torricelli menyelidiki prinsip tekanan atmosfer dan menemukan perangkat pengukur tekanan atmosfer yang dikenal sebagai barometer. Selain itu, dia juga menemukan persamaan untuk mengukur kecepatan aliran air yang keluar dari sebuah tangki yang bocor. Menurut Torricelli, jika suatu tangki berisi air yang disimpan pada ketinggian tertentu dan kemudian dilubangi, air akan menyembur keluar dari lubang tersebut. Kecepatan aliran fluida yang keluar melalui lubang pada ketinggian yang sama sama dengan kecepatan fluida yang jatuh bebas dari ketinggian yang sama. Dengan kata lain, air yang keluar melalui lubang tangki dengan ketinggian tertentu memiliki kecepatan yang sama dengan jika air tersebut jatuh secara bebas hanya dipengaruhi oleh gravitasi dari ketinggian yang sama.

4) Otto von Guericke (1602 M – 1686 M)

Pencapaian ilmiah yang signifikan bagi Guericke adalah pengembangan ilmu fisika dalam konteks ruang hampa. Pada tahun 1650, Guericke menemukan pompa udara yang menghasilkan vakum. Selain itu, Guericke juga menerapkan penggunaan barometer dalam ramalan cuaca untuk keperluan meteorologi.

5) Blaise Pascal (1623 M–1662 M)

Dalam domain fisika, terutama dalam mekanika, Pascal melakukan serangkaian eksperimen dengan mengukur perbedaan tinggi barometer antara dasar dan puncak gunung. Berdasarkan hasil-hasil tersebut, dikembangkanlah prinsip hidrostatik yang dikenal sebagai Hukum Pascal. Hukum ini menyatakan bahwa saat suatu zat cair mengalami tekanan, tekanan tersebut akan merambat ke segala arah dengan kekuatan yang sama, tanpa bertambah atau berkurang.

6) Issac Newton (1642 M – 1727 M)

Penemuan paling luar biasa dalam mekanika oleh Newton yaitu tiga Hukum Newton tentang gerak. Hukum I Newton, yang dikenal sebagai hukum inersia, menyatakan bahwa semua objek cenderung untuk tetap diam atau bergerak dengan kecepatan konstan ke arah lurus, kecuali ada gaya eksternal yang mempengaruhinya. Newton memecahkan masalah ini dalam Hukum II Newton tentang gerak, yang menyatakan bahwa percepatan suatu objek sebanding dengan gaya yang diberikan padanya, dan bergerak sepanjang garis lurus di mana gaya tersebut bekerja. Hukum III Newton tentang aksi dan reaksi menyatakan bahwa setiap aksi memiliki sebuah reaksi sama besarnya, dengan arah yang berlawanan. Newton juga membedakan pengertian massa dan berat, di mana massa mengukur resistensi suatu objek terhadap perubahan kecepatan, sementara berat adalah gaya yang bekerja pada objek. Ketiga hukum Newton dan gaya gravitasi jika digabungkan membentuk kerangka kerja mekanika makroskopis, yang mencakup fenomena seperti ayunan, pendulum, dan gerakan planet di sekitar matahari dalam orbit mereka (Newton, 1729; 1999).

b. Mekanika Newtonian dalam Tinjauan Filsafat Ilmu dan Signifikansinya

Pondasi utama dalam filsafat ilmu terdiri dari tiga aspek, yaitu Ontologi, Epistemologi dan Aksiologi (Sujito *et al.*, 2019; Efendi & Sartika, 2021; Susanto, 2021). Aspek ontologis terkait bagaimanakah hakikat teori, aspek epistemologi terkait sumber, penemuan, kesahihan maupun limitasinya dan aspek aksiologi terkait manfaat dan nilai (*value*) dari suatu pengetahuan ataupun teori (Suriasumantri, 2009; Firman, 2019).

1) Mekanika Newtonian dalam Tinjauan Ontologi

Tujuan ilmu adalah untuk menjelaskan, memprediksi, dan memberikan pemahaman tentang proses dan produk di masa depan. Pemahaman ini dapat diperoleh melalui konfirmasi

yang mutlak dengan menerapkan asumsi, postulat, atau aksioma yang telah terbukti benar. Selain itu, pemahaman juga dapat diperoleh melalui konfirmasi yang bersifat probabilistik yang menerapkan metode induktif, deduktif, dan reflektif. Dalam ontologi, terdapat pembuktian a priori dan a posteriori. Hukum Newton tentang gerak telah melalui tahap konfirmasi dan terbukti valid serta menjadi bagian integral dari ilmu fisika. Aspek ontologi dalam mekanika Newtonian dapat dilihat dari dua objek, yaitu objek material dan objek formal. Objek material mencakup semua benda yang menjadi subjek penyelidikan dalam mekanika Newtonian, seperti massa benda dan interaksinya di jagad raya. Hal ini mencakup berbagai entitas, mulai dari planet hingga manusia dan objek lainnya.

Mekanika Newtonian terbagi menjadi beberapa sub-bidang, seperti statika (mempelajari benda diam), kinematika (mempelajari benda bergerak), dan dinamika (mempelajari benda yang dipengaruhi oleh gaya). Dinamika partikel, yang ditunjukkan oleh hukum-hukum Newton tentang gerak, utamanya hukum kedua Newton, merupakan bagian penting dalam mekanika Newtonian. Objek formal dalam konteks ini merujuk pada metode yang digunakan untuk memahami objek material tersebut, seperti pendekatan induktif dan deduktif. Dalam perspektif ini, dapat dijelaskan bahwa hukum Newton pada dasarnya memiliki dua objek substantif, yaitu:

a) Fakta

Mekanika klasik didasarkan pada mekanika Newtonian di mana gravitasi, massa, dan gerakan diperkenalkan sebagai konsep utama di bidang ini. Obyek yang menjadi fokus dalam hukum Newton adalah fakta-fakta yang telah diobservasi dan divalidasi secara empiris. Dalam prosesnya, fakta-fakta ini kadang-kadang dapat menjadi landasan bagi perkembangan ilmu pengetahuan, namun demikian, juga bisa terjadi sebaliknya. Hukum Newton diterapkan pada benda-benda yang dianggap sebagai partikel-partikel (Truesdell & Benvenuto, 2003). Dalam analisis gerak, ukuran panjang benda diabaikan, karena objek yang diamati dianggap kecil dibandingkan dengan jarak yang ditempuh. Deformasi atau perubahan bentuk serta rotasi dari objek juga tidak diperhitungkan dalam analisis ini. Oleh karena itu, saat menganalisis gerakan orbit sebuah planet mengelilingi sebuah bintang, planet tersebut dapat dianggap sebagai titik atau partikel.

b) Kebenaran

Kebenaran hukum Newton telah terbukti melalui korespondensi, koherensi, performatif, pragmatik, dan proposisi (Gumati, 2019; Susanto, 2021). Hukum Newton dianggap sebagai kebenaran karena telah diuji secara ilmiah dan sesuai dengan fenomena alamiah benda. Hukum I Newton, yang dikenal sebagai hukum inersia, berasal dari eksperimen Galileo yang berkaitan dengan gerak suatu objek saat tidak terpengaruh oleh kekuatan eksternal. Hukum ini diperkuat oleh pernyataan Descartes bahwa benda cenderung tetap dalam keadaannya dan bergerak dalam lintasan lurus. Jika tidak ada gaya eksternal yang bekerja pada benda yang diam dalam suatu kerangka acuan inersial, benda tersebut akan tetap diam, dan jika benda bergerak, maka akan terus bergerak dengan kecepatan konstan (dalam garis lurus) (Serway & Jewett, 2018). Dalam notasi matematika, ini sering dituliskan sebagai $\Sigma F = 0$ menyiratkan $a = 0$ (benda tidak mengalami percepatan). Penting untuk diperhatikan bahwa $\Sigma F = 0$ bukan berarti jumlah gaya yang bekerja pada benda adalah nol, tetapi menunjukkan sifat fisik bahwa tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Hukum II Newton menyatakan bahwa percepatan suatu benda sebanding dengan gaya netto yang bekerja padanya dibagi dengan massa benda tersebut. Hukum kedua Newton memiliki bentuk yang mirip dengan hukum dinamika Aristoteles, tetapi ada dua perbedaan penting. Pertama, gaya menyebabkan perubahan percepatan, bukan kecepatan, sehingga dalam keadaan tanpa gaya, kecepatan akan tetap konstan (hukum pertama). Kedua, hambatan terhadap gerakan disebabkan oleh massa benda itu sendiri serta medium di mana benda tersebut bergerak. Dalam bahasa ilmiah saat ini, Hukum II Newton dapat dinyatakan bahwa dalam kerangka acuan diam, percepatan benda sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut. Hukum Newton yang kedua dapat dinyatakan dalam notasi matematika sebagai $a \approx \frac{F}{m}$. Hukum III Newton melengkapi hukum-hukum gerak sebelumnya yang diperkenalkan oleh Newton. Hukum ini menyatakan bahwa setiap aksi memiliki reaksi yang sama dan berlawanan. Misalnya, jika benda A memberikan gaya sebesar F kepada benda B, maka benda B akan memberikan gaya sebesar -F kepada benda A. Meskipun besar gaya tersebut sama, arahnya berlawanan. Hukum ini dikenal sebagai hukum aksi-reaksi, di mana F adalah aksi dan -F adalah reaksinya.

Mekanika Newtonian juga dikenal sebagai mekanika klasik, merupakan cabang ilmu yang didasarkan pada pemikiran dan perkembangan konsep gerak benda. Hukum gerak Newton menjadi landasan utama dalam mekanika klasik dan telah membahas tentang gaya yang bekerja pada benda. Dalam mekanika klasik, konsep-konsep dasar yang digunakan banyak mengacu pada hukum gerak Newton yang dirumuskan oleh Isaac Newton. Oleh karena itu, sering kali mekanika klasik juga disebut sebagai "Mekanika Newton". Pentingnya hukum-hukum gerak Newton hanya terwujud dalam konteks tertentu, yaitu ketika hukum-hukum tersebut diterapkan dalam kerangka acuan inersial, yaitu kerangka acuan yang bergerak secara seragam tanpa mengalami percepatan (Utami *et al.*, 2022).

2) Mekanika Newtonian dalam Tinjauan Epistemologi

Proses epistemologi dalam mekanika Newtonian melibatkan dua cara berpikir, yaitu deduktif dan induktif. Berpikir deduktif memberikan penekanan pada sifat rasional pengetahuan ilmiah dan konsistensi dengan pengetahuan yang telah ada sebelumnya. Dengan cara ini, pengetahuan dikembangkan secara sistematis dan kumulatif dengan menyusun argumen berdasarkan pengetahuan yang sudah ada. Dengan menjaga konsistensi dan koherensi, ilmu mencoba memberikan penjelasan rasional terhadap objek yang sedang diteliti (Saputra & Budianto, 2022). Epistemologi, sebagai cabang filsafat, berurusan dengan sifat dan cakupan pengetahuan, metode pengendalian pengetahuan, dan dasar serta pemahaman tentang pengetahuan itu sendiri. Pada awalnya, manusia percaya bahwa dengan kekuatan pengenalan, ia dapat mencapai realitas sesuai adanya (Haris, 2022). Epistemologi juga dapat didefinisikan sebagai cabang filsafat yang mempelajari asal-usul atau sumber, struktur, metode, dan validitas pengetahuan.

Mekanika merupakan cabang ilmu fisika yang paling tua, berhubungan dengan materi, khususnya pergerakan benda. Mekanika mempelajari statika, kinematika dan dinamika. Kinematika fokus pada pergerakan benda tanpa mempertimbangkan penyebabnya, sedangkan dinamika mempertimbangkan dan menghitung penyebab pergerakan benda. Studi mekanika memiliki signifikansi yang besar dalam perkembangan ilmu fisika karena erat kaitannya dengan peristiwa sehari-hari (Rickles, 2016). Fisika menjelajahi fenomena alam yang dapat diamati dan diukur, dan mekanika secara khusus berkaitan dengan salah satu fenomena tersebut yang dapat diamati dan diukur di alam. Sejak zaman kuno Yunani, pengamatan dan pemikiran tentang gerakan benda, yang menjadi inti dari mekanika, telah memikat perhatian manusia. Aristoteles termasuk di antara individu terkemuka yang secara luas mengamati gerakan benda, dan hal ini tetap menjadi fokus utama penelitian ilmiah sepanjang sejarah (Islami & Longo, 2017). Aristoteles, seorang filsuf pada zaman Yunani Kuno, mengembangkan konsep bahwa elemen dasar dalam kehidupan terdiri dari air, tanah (bumi), udara, api, dan eter. Konsep ini digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena alam, termasuk gerakan benda. Aristoteles berpendapat bahwa setiap benda dalam alam semesta akan bergerak menuju tempatnya yang alamiah sesuai dengan sifat-sifat elemen dasar tersebut. Gerakan alamiah bagi air dan tanah (bumi) adalah gerakan menuju pusat dan gerakan jatuh bebas, sementara gerakan alamiah bagi api dan udara adalah gerakan menjauh dari pusat dan lompatan ke atas. Gerakan melingkar dianggap sebagai gerakan alamiah bagi sifat eter. Konsep ini dikenal sebagai "gerakan alamiah".

Aristoteles juga percaya bahwa percepatan benda yang jatuh selalu sebanding dengan berat benda tersebut. Dia juga mengakui adanya gerakan paksa, yaitu gerakan yang disebabkan oleh gaya luar yang diberikan pada benda dan akan berhenti setelah gaya tersebut dihilangkan. Namun, kelemahan dalam pemikiran dinamika Aristoteles adalah tidak mengenali konsep inersia seperti yang diketahui saat ini. Kekurangan lainnya adalah bahwa kecepatan sebuah benda akan menjadi tak terhingga jika tidak ada hambatan terhadap gerakannya. Meskipun memiliki kekurangan dalam konsepnya, doktrin gerakan alamiah Aristoteles bertahan cukup lama dan dipercayai oleh manusia selama berabad-abad, sampai akhirnya direvolusi oleh Nicolaus Copernicus.

Selama berabad-abad, manusia memegang paham geosentris meskipun Aristarkus sudah menentanginya pada zaman Yunani Kuno. Nicolaus Copernicus menemukan ketidaksesuaian dalam perhitungan astronominya yang disebabkan oleh posisi Bumi sebagai pusat alam semesta. Pada tahun 1533, Copernicus memperkenalkan teori heliosentris yang mengusulkan bahwa Matahari berada di pusat sistem pergerakan benda langit. Teori ini bertentangan dengan ajaran Gereja Katolik yang memegang bahwa Bumi adalah pusat alam semesta. Perubahan pusat alam semesta ini memiliki dampak yang luas pada berbagai teori, termasuk pemahaman tentang pergerakan benda langit. Meskipun teori Copernicus didasarkan pada asumsi matematis, bukunya mendapatkan perhatian besar dan memiliki pengaruh yang mendalam pada astronom

lain seperti Tycho Brahe dan Johannes Kepler. Akhirnya, Galileo mengumpulkan bukti untuk mendukung pernyataan Copernicus dan menyajikan konsep-konsep baru yang menjadi dasar bagi perkembangan mekanika klasik (Koyré, 2013).

Penemuan-penemuan Galileo Galilei, termasuk penemuan tentang planet, cincin pada planet Saturnus, Milky Way, dan permukaan bulan, memberikan bukti yang mendukung teori Heliosentris Copernicus dan menolak teori Geosentris Aristoteles dan Ptolomeus. Selain itu, Galileo juga menemukan bahwa percepatan benda yang jatuh bebas tidak dipengaruhi oleh ukuran dan berat benda, yang ia buktikan melalui eksperimen jatuh bebas yang dilakukannya di menara Pisa. Temuan ini bertentangan dengan konsep Aristoteles tentang percepatan benda yang jatuh bebas. Galileo juga menemukan hukum kelembaman (inersia) dan menganalisis gerak peluru yang menghasilkan lintasan parabolik. Dia juga menunjukkan bahwa sebuah benda yang bergulung ke bawah pada bidang miring akan mengalami percepatan yang seragam. Konsep-konsep ini menjadi prinsip-prinsip dasar yang kemudian diringkas oleh Descartes dan dijelaskan oleh Newton sebagai Hukum I dan II Newton dalam teori mekanika Newtonian.

Rene Descartes, seorang ilmuwan yang hidup pada masa Renaisans, memberikan kontribusi besar dalam pengembangan fisika klasik, meskipun lebih terkenal karena kontribusinya dalam matematika. Konsep Descartes tentang gerakan dan tumbukan menjadi dasar bagi dua hukum gerak pertama yang diajukan oleh Isaac Newton. Descartes percaya bahwa objek cenderung bergerak lurus dan perubahan gerakannya membutuhkan gaya eksternal. Hukum Descartes didasarkan pada kalkulasi simetris dan gagasan bahwa benda harus diperiksa dalam proses tumbukan. Meskipun gagasan Descartes memiliki beberapa keterbatasan, kontribusinya sangat penting dalam membentuk dasar hukum-hukum Newton. Newton dapat membangun karya Descartes dan mengembangkan tiga hukum geraknya. Sebagai seorang ilmuwan yang hidup pada masa yang paling maju di antara ilmuwan-ilmuwan sebelumnya, Sir Isaac Newton (1642-1727) memiliki keberuntungan yang besar. Sebagai seorang pemuda Inggris, ia memiliki kesempatan untuk berpendidikan di Universitas Cambridge, dan akhirnya menjadi seorang ilmuwan besar yang namanya terkenal hingga saat ini. Newton memberikan kontribusi yang signifikan dalam tiga bidang utama: kalkulus, teori gravitasi, dan optik. Teori gerak dan gravitasi, di antara bidang-bidang tersebut, merupakan kemajuan yang paling penting karena mencakup konsep-konsep dasar mekanika klasik. Konsep-konsep ini dapat dilihat sebagai hasil dari gagasan ilmiah sebelumnya dan perdebatan mengenai gerakan. "Hukum-Hukum Gerak Newton" yang terkenal tidak hanya berasal dari Sir Isaac Newton semata. Sebaliknya, mereka muncul dari upaya kolaboratif beberapa ilmuwan yang mendedikasikan diri untuk mempelajari dan mengeksplorasi fenomena gerakan dalam alam. Pada akhirnya, Newton mendapatkan kesempatan untuk mengumumkan hukum-hukum dasar ini berdasarkan temuan kolektif mereka (Will, 2018).

3) Mekanika Newtonian dalam Tinjauan Aksiologi

Dasar aksiologi dari hukum-hukum Newton memberikan berbagai keuntungan praktis bagi kehidupan manusia. Hukum-hukum ini dimaksudkan untuk memberikan manfaat dan memudahkan dalam kehidupan sehari-hari. Hukum-hukum Newton bukan hanya teori-teori yang bersifat kontekstual, tetapi juga memiliki banyak nilai aplikatif yang kuat, yang menjadikan alasan bahwa pernyataan Newton adalah hukum dan merupakan bagian dari ilmu pengetahuan yang terbukti secara empiris (Wonorahardjo, 2020; Marzuki *et al.*, 2021).

Beberapa aplikasi dari hukum-hukum Newton yang mempermudah kehidupan manusia antara lain sebagai berikut.

- a) Penerapan Hukum I Newton dapat diamati saat seseorang naik mobil. Ketika mobil bergerak cepat dan melakukan pengereman mendadak, tubuh penumpang cenderung terdorong ke depan. Hal ini menginspirasi produsen mobil untuk menambahkan fitur sabuk pengaman dan airbag sebagai perlindungan bagi penumpang agar terhindar dari cedera.
- b) Dalam Hukum II Newton, ketika suatu benda mendapatkan gaya dorong searah dengan arah geraknya, gaya yang diterima akan semakin besar. Sebaliknya, jika ada gaya yang menentang arah gerakan benda, maka laju gerak akan melambat karena adanya perubahan kecepatan dan percepatan. Penerapan Hukum II Newton dapat dilihat dengan membandingkan saat seseorang mendorong meja dan lemari. Dalam hal ini, diperlukan gaya yang lebih besar untuk mendorong lemari dibandingkan dengan mendorong meja karena massa lemari lebih besar daripada meja.
- c) Hukum III Newton menyatakan bahwa "setiap aksi memiliki reaksi yang sebanding". Jika suatu benda memberikan gaya pada benda lain, benda yang menerima gaya tersebut akan memberikan gaya yang sama besarnya tetapi berlawanan arah. Hukum ini menggambarkan

konsep aksi-reaksi dan sebab-akibat. Penerapan Hukum III Newton dapat terlihat saat seseorang melakukan olahraga lompat jauh. Ketika kaki melakukan tolakan pada balok lompat, kaki memberikan gaya pada tanah, dan tanah memberikan gaya balasan ke arah yang berlawanan sehingga menyebabkan badan terdorong ke udara. Hukum III Newton juga telah diaplikasikan dalam pembuatan roket dan pesawat bermesin jet.

Dengan demikian, hukum-hukum Newton memiliki nilai praktis yang signifikan dan telah diterapkan dalam berbagai situasi kehidupan manusia untuk memberikan manfaat dan kemudahan.

Menurut Hukum I Newton, ketika sebuah benda diam, hal itu disebabkan oleh hasil penjumlahan dari semua gaya yang bekerja pada benda tersebut, yang menjadi nol. Demikian pula, benda yang bergerak lurus dengan kecepatan tetap akan terus bergerak tanpa berubah kecuali ada gaya yang bekerja padanya. Newton menjelaskan bahwa benda memiliki kecenderungan untuk mempertahankan keadaan awalnya, yang dikenal sebagai kelembaman atau inersia. Penerapan konsep Hukum I Newton juga terlihat dalam penggunaan sabuk pengaman. Ketika seorang sopir menginjak pedal rem mobil, tubuh penumpang akan mengalami dorongan ke depan yakni bergerak sejalan dengan mobil karena mencoba untuk mempertahankan keadaan awalnya (Hukum I Newton). Dalam situasi pengereman mendadak, terutama ketika mobil bergerak dengan kecepatan tinggi, dorongan ke depan bisa sangat kuat bahkan menyebabkan tubuh terlempar. Untuk mengatasi hal ini, para ahli menciptakan sabuk pengaman sebagai alat penahan dorongan tubuh. Dengan menggunakan sabuk pengaman, penumpang mobil dapat terhindar dari cedera. Selain itu, airbag juga digunakan untuk mengurangi risiko cedera saat terjadi kecelakaan. Kadang-kadang, sabuk pengaman tidak mampu menahan tubuh dengan baik saat terjadi tabrakan. Menurut Hukum I Newton, tubuh cenderung mempertahankan gerakannya meskipun mobil berhenti secara tiba-tiba. Ketika mobil yang awalnya bergerak dengan kecepatan tinggi mengalami tabrakan dan berhenti, tubuh masih memiliki kecenderungan untuk bergerak dengan kecepatan tersebut. Hal ini menyebabkan benturan yang keras antara tubuh penumpang dengan bagian depan mobil sulit dihindari. Untuk mengurangi cedera yang mungkin terjadi, airbag dikembangkan. Konsep Hukum I Newton memiliki aplikasi praktis dalam teknologi keselamatan otomotif, khususnya dalam implementasi "crumple zones" yang terletak di bagian depan kendaraan. Area yang ditentukan ini dirancang untuk menyerap energi benturan secara terkendali. Karena kecelakaan frontal adalah jenis kecelakaan yang paling umum terjadi, penempatan crumple zones di bagian depan memungkinkan kendaraan mengalami periode perlambatan yang lebih lama dari kecepatan tinggi. Dengan demikian, crumple zones efektif mengelola dan meminimalkan gerakan mobil saat berusaha mempertahankan keadaan awalnya, sehingga menggambarkan prinsip inersia (Elmarakbi et al., 2013). Sebagai hasilnya, pemahaman akan Hukum I Newton menjadi dasar untuk menggabungkan fitur keselamatan seperti sabuk pengaman, airbag, dan crumple zones ke dalam kendaraan guna melindungi penumpang dari cedera saat terjadi kecelakaan.

Pada Hukum II Newton, dijelaskan bahwa gaya dan massa memiliki peran dalam menentukan percepatan. Semakin besar gaya yang diberikan pada suatu benda, maka percepatannya akan semakin besar pula. Namun, penting untuk dicatat bahwa gaya yang sama dapat memiliki dampak yang berbeda pada benda dengan massa yang berbeda pula. Hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara massa dan percepatan, sesuai dengan Hukum II Newton. Dengan kata lain, jika massa benda dalam sistem gerak divariasikan semakin besar, maka percepatannya akan menjadi semakin kecil. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan bahan-bahan yang memiliki massa yang ringan namun tetap kuat, terutama untuk digunakan dalam pesawat terbang. Massa pesawat merupakan faktor penting untuk membuatnya ringan agar dapat mencapai percepatan yang diperlukan saat lepas landas dan terbang. Berdasarkan Hukum II Newton, jika massa pesawat dapat dikurangi, maka gaya yang dihasilkan oleh mesin pesawat dapat bekerja secara efisien untuk mencapai percepatan ke atas melawan gaya tarik gravitasi bumi dan ke depan saat terbang.

Ketika mengamati bangunan di sekitar kita, mereka mungkin terlihat diam dan tidak bergerak, tetapi sebenarnya mereka selalu mengalami gaya tarik gravitasi yang mengarah ke bawah. Menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada bangunan bisa rumit, namun prinsip yang umum diakui adalah bahwa struktur dengan berat yang lebih besar cenderung lebih rentan terhadap keruntuhan. Berat atau massa suatu benda sejalan dengan Hukum II Newton, di mana percepatan yang bekerja pada berat ditentukan oleh percepatan gravitasi bumi yang konstan. Hasil perkalian antara percepatan gravitasi (g) dan massa benda (m) menghasilkan besaran yang dikenal sebagai berat (W). Berat dapat dikurangi dengan mengurangi massa. Untuk mengurangi

risiko keruntuhan, penggunaan bahan konstruksi yang ringan namun kuat bertujuan untuk meminimalkan berat keseluruhan bangunan.

Pengembangan mesin jet pada pesawat terbang dipengaruhi oleh Hukum III Newton. Mesin jet dirancang untuk menghisap udara dalam jumlah besar, mempercepatnya, dan mengeluarkannya melalui nozzle belakang. Gaya yang dihasilkan untuk mendorong udara ke belakang menghasilkan gaya reaksi yang sebanding namun berlawanan arah, yang mendorong mesin ke depan. Sesuai dengan Hukum III Newton, besaran gaya reaksi selalu sama dengan besaran gaya aksi namun bertindak ke arah yang berlawanan. Gaya reaksi ini dimanfaatkan oleh pesawat terbang untuk menghasilkan dorongan ke depan. Hukum III Newton memberikan solusi untuk melawan gaya gravitasi yang terus-menerus menarik benda ke pusat Bumi. Para ilmuwan telah membuat kemajuan signifikan dalam menciptakan mesin yang menghasilkan gaya reaksi menggunakan udara, memungkinkan dorongan untuk mengatasi hambatan udara (Saxena & Bedoya, 2013). Dalam perjalanan antariksa, mesin jet yang digunakan jauh lebih besar daripada yang ditemukan di pesawat konvensional. Mesin yang lebih besar ini diperlukan untuk menghasilkan gaya aksi yang mampu menciptakan gaya reaksi yang cukup untuk mendorong wahana antariksa ke atas.

Meskipun sudah banyak penerapan dalam kehidupan sehari-hari, mekanika Newtonian memiliki batasan-batasan tertentu. Teori ini hanya berlaku untuk objek yang dianggap sebagai partikel titik, mengabaikan pertimbangan terhadap ukuran atau panjang objek dalam analisis pergerakan. Objek yang diteliti diasumsikan kecil dalam kaitannya dengan jarak yang mereka tempuh. Deformasi, perubahan bentuk, dan gerakan rotasi suatu objek tidak diperhitungkan dalam analisis ini. Misalnya, sebuah planet dapat dianggap sebagai titik atau partikel saat menganalisis gerakan orbitnya mengelilingi bintang (Katsikadelis, 2018; Sullivan, 2018). Tinjauan aksiologi terkait mekanika Newtonian juga menyoroti nilai-nilai yang terkandung dalam teori tersebut. Mekanika merupakan ilmu yang mempelajari gerakan benda dan efek gaya dalam gerakan tersebut. Terdapat banyak hal dari hukum-hukum ini yang dapat diambil maknanya dan diaplikasikan sebagai pedoman nilai dalam kehidupan sehari-hari (Satriawan, 2018).

Pada konsep jarak, merujuk pada panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda dalam jangka waktu tertentu. Dalam konteks ini, jarak adalah sebuah besaran skalar. Sedangkan perpindahan mengacu pada perubahan posisi suatu benda setelah mengalami pergerakan selama periode waktu tertentu (Serway and Jewett, 2018). Perpindahan merupakan sebuah besaran vektor. Konsep jarak dan perpindahan juga dapat mengandung nilai-nilai yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, dalam mengerjakan suatu tugas, konsep perpindahan dapat diadopsi. Hal ini berarti untuk menyelesaikan tugas, tidak selalu membutuhkan waktu yang lama, tetapi tergantung pada kreativitas kita dalam memilih teknik atau metode yang efisien. Dalam konsep Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), terdapat pula nilai-nilai moral yang dapat dipetik. Misalnya, dalam konsep GLB, kita dapat memahami bahwa kehidupan tidak akan maju ($a=0$) jika kita hanya melakukan hal-hal yang monoton atau jika kita diam dan tidak melakukan apapun ($v=0$). Sementara itu, dalam konsep GLBB, seseorang akan mengalami kemajuan dalam kehidupannya ($a+$) jika terus melakukan hal-hal yang positif, namun akan mengalami kemunduran ($a-$) jika melakukan hal-hal yang negatif.

Dalam kasus gerak parabola atau gerak proyektil, terdapat nilai-nilai moral yang dapat diambil. Hal ini dapat dihubungkan dengan konsep hidup yang selalu dimulai dari titik nol, naik ke puncak tertentu, dan kemudian turun lagi. Pada gerak parabola, terdapat titik-titik di mana kita naik dan ada juga titik di mana kita akan jatuh. Semakin mendekati sudut 45° , semakin mendekati keselarasan hidup, di mana hubungan antara manusia dengan Tuhan YME seimbang. Dari sini, dapat ditarik nilai moral bahwa "Hiduplah selalu pada sudut 45° dengan menjaga keseimbangan antara dunia dan akhirat. Kehidupan yang penuh dengan keseimbangan antara hidupmu dan Tuhanmu akan membawa kita mencapai titik puncak pencapaian" (Ibrahim, 2014). Penjelasan tentang nilai-nilai moral yang dapat digali dari konsep mekanika Newtonian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika, khususnya mekanika, tidak hanya membahas fakta, prinsip, atau hukum semata, tetapi juga nilai-nilai moral yang dapat dibelajarkan kepada peserta didik sebagai salah satu alternatif untuk pendidikan karakter (Lestari, 2020). Sebagai landasan filosofi keilmuan, ini melampaui hakikat, sumber, cara penemuan, dan konten materi, melibatkan manfaat atau pragmatisme ilmu pengetahuan dan nilai-nilai penerapannya, serta pertimbangan-pertimbangan moral dalam penggunaan ilmu pengetahuan dan sains yang penting dipahami dan dikuasai.

c. Signifikansi dari Teori Mekanika Newton

Filosofi mekanika Newtonian memiliki signifikansi yang sangat penting dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Mekanika Newtonian menjadi dasar bagi ilmu fisika modern. Hukum-hukum Newton tentang gerak benda dan gravitasi masih digunakan hingga saat ini dalam bidang-bidang seperti mekanika klasik, fisika nuklir, dan kosmologi. Mekanika Newtonian membuka jalan bagi ilmuwan untuk memahami alam semesta secara sistematis. Para ilmuwan dapat menggunakan metode-metode ilmiah untuk mengamati, mengukur, dan menganalisis fenomena alamiah dengan lebih baik. Filosofi ini juga memberikan kontribusi besar dalam perkembangan teknologi modern. Penerapan hukum-hukum mekanika Newton dalam mesin dan konstruksi membuat kita dapat membangun gedung pencakar langit, jembatan, dan infrastruktur lainnya yang dapat menopang kehidupan modern.

Pemikiran mekanika Newtonian juga menjadi inspirasi bagi para filsuf dan pemikir sosial dalam menjelaskan aspek-aspek kehidupan manusia, seperti pandangan tentang alam, kesetaraan, kebebasan, dan tujuan hidup. Namun, meskipun mekanika Newtonian memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, namun teori ini memiliki keterbatasan. Beberapa fenomena fisika seperti relativitas dan fisika kuantum tidak dapat dijelaskan dengan menggunakan hukum-hukum mekanika klasik. Oleh karena itu, pengembangan teori-teori baru menjadi penting untuk memahami fenomena-fenomena yang lebih kompleks. Mekanika Newtonian merupakan teori interaksi kausal yaitu tentang gerak dan gaya yang menghasilkan gerak. Fokus Mekanika Newtonian adalah mekanisme partikel titik di media yang tidak melawan, juga formulasi lain terutama dari Lagrange dan Hamilton. Formulasi Lagrange dan Hamilton didasarkan pada prinsip tindakan dan menggabungkan pengetahuan ke dalam kekekalan momentum dan energi (Stan, 2009). Pada Mekanika Newtonian memberikan penjelasan rinci tentang hubungan formulasi Lagrangian dan Hamiltonian dengan sistem klasik.

Pada rekonstruksi gravitasi Newton, berpola pada teori gravitasi Einstein, di mana perhitungan dasar gerak tidak dapat dipisahkan dari medan atau dikenal sebagai gravitasi rekonstruksi Cartan, yaitu formulasi ulang geometris, serta generalisasi gravitasi Newton yang pertama kali diperkenalkan oleh Cartan tahun 1924 (Pfister & King, 2015). Pada rekonstruksi itu, gravitasi bukanlah gaya yang menyebabkan percepatan tetapi manifestasi dari kelengkungan ruang-waktu; seperti dalam teori Einstein, lintasan partikel bebas adalah geodesik dari kelengkungan ruang-waktu (Samaroo, 2021). Teori Mekanika Newtonian yang tertuang dalam ketiga Hukum Newton tentang gerak secara bersama-sama mendefinisikan dan menafsirkan konsep gerak dan inersia. Hukum pertama memberikan penjelasan tentang inersia. Hukum kedua mendefinisikan dan menafsirkan konsep gaya dan massa, mengikatnya pada percepatan. Hukum kedua menyatakan kriteria untuk membedakan partikel bebas dari partikel yang dikenai gaya. Sekarang, orang mungkin dapat menyarankan bahwa hukum kedua saja sudah cukup untuk memberikan penjelasan tentang inersia. Orang mungkin menyarankan bahwa hukum pertama adalah kasus pembatas dari yang kedua, yaitu, ketika tidak ada gaya yang diberikan. Tetapi hukum pertama mengaitkan atau mengoordinasikan partikel bebas dengan jenis lintasan tertentu, sebuah garis lurus. Oleh karena itu, hukum pertama dan kedua saling bergantung (Samaroo, 2019; 2018). Hukum gerak Newton saling melengkapi, secara bersama-sama hukum-hukum tersebut menentukan teori interaksi kausal Newton.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis literatur, disimpulkan bahwa sejarah perkembangan teori Mekanika Newtonian merupakan bagian dari perkembangan mekanika klasik hingga mekanika modern. Teori Mekanika Newtonian atau juga dikenal sebagai Hukum Newton tentang gerak diperkenalkan dan berkembang pada era Periode Awal Sains (1550–1800 M). Mekanika Newtonian dalam tinjauan ontologi merupakan pemikiran yang panjang mengenai konsep gerak benda dan membahas mengenai gaya yang bekerja pada benda. Teori Mekanika Newtonian secara epistemologi tidak berasal dari pemikiran Isaac Newton semata-mata, tetapi merupakan karya kolektif berbagai ilmuwan yang mengkaji dan mendalami fenomena gerak yang ada di alam. Mekanika Newtonian, ketika dipandang dari segi aksiologi, menunjukkan banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari dan memiliki signifikansi utama dalam pembelajaran fisika, khususnya mekanika. Pembelajaran ini tidak hanya berfokus pada fakta, prinsip, atau hukum semata, tetapi juga melibatkan nilai-nilai moral yang dapat ditanamkan kepada peserta didik sebagai salah satu pendekatan dalam pendidikan karakter.

5. Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Harry Firman dan Prof. Dr. Nahadi atas bimbingannya selama perkuliahan Filsafat Ilmu di Program Studi Pendidikan IPA S3 Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).

6. Daftar Pustaka

- Chetwynd, E. (2022). Critical Analysis of Reliability and Validity in Literature Reviews. *Journal of Human Lactation*, 38(3), 392-396.
- Damanik, A. (2022). *Pendidikan Sebagai Pembentukan Watak Bangsa: Sebuah Refleksi Konseptual-Kritis dari Sudut Pandang Fisika*. Sanata Dharma University Press.
- Efendi, N., & Sartika, S. B. (2021). *Buku Ajar Filsafat Sains*. Umsida Press.
- Elmarakbi, A., Elkady, M., & El-Hage, H. (2013). Development of a New Crash/Dynamics Control Integrated Mathematical Model for Crashworthiness Enhancement of Vehicle Structures. *International Journal of Crashworthiness*, 18(5), 444-458.
- Firman, H. (2019). *Pengantar Filsafat Ilmu Pengetahuan Alam*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Gumati, R. W. (2019). *Filsafat Ilmu: Berdasarkan Kurikulum Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI)*. CV Cendekia Press.
- Haris, A. (2022). *Filsafat Ilmu*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Ibrahim, M. (2014). Inovasi Pembelajaran Sains Berbasis Kearifan Lokal. Prosiding Seminar Nasional "Sains dan Inovasi Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal" 22 November IKIP Mataram.
- Katsikadelis, J. T. (2018). Derivation of Newton's Law of Motion from Kepler's Laws of Planetary Motion. *Archive of Applied Mechanics*, 88(1), 27-38.
- Kibble, T., & Berkshire, F. H. (2004). *Classical mechanics*. World Scientific Publishing Company.
- Knox, E., & Wilson, A. (Eds.). (2022). *The Routledge Companion to Philosophy of Physics*. Routledge.
- Koyré, A. (2013). *The Astronomical Revolution: Copernicus-Kepler-Borelli*. Routledge.
- Lestari, A. (2020). *Implikasi Nilai-Nilai Ekologis dalam Teori Kosmologi Ikhwan Al-Safa'* (Master's thesis, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Marzuki, I., Johra, S. P., Arwansyah, S. T., Asrudin, S. T., ST Zaenal, I., ST Harimuswarah, M. R. & ST Hadi, A. (2021). *Filsafat Ilmu di Era Milenial*. Fakultas Teknik UNIFA.
- Murdani, E. (2020). Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3(3), 72-80.
- Morin, D. (2008). *Introduction to Classical Mechanics: With Problems and Solutions*. Cambridge University Press.
- Newton, I. (1729; 1999). *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Univ of California Press.
- Paré, G., & Kitsiou, S. (2017). Methods for Literature reviews. In *Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-Based Approach [Internet]*. University of Victoria.
- Pfister, H., & King, M. (2015). *Inertia and Gravitation: The Fundamental Nature and Structure of Space-Time* (Vol. 897). Springer.
- Rickles, D. (2016). *The Philosophy of Physics*. John Wiley & Sons.
- Rofiq, M. N. (2018). Peranan Filsafat Ilmu bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan. *FALASIFA: Jurnal Studi Keislaman*, 9(1), 161-175.
- Saputra, M. R. A., & Budianto, H. (2022). *Teori dan Praktik Menyusun Karya Ilmiah: Bahan Ajar MA Riset*. Nizamia Learning Center.
- Satriawan, M. (2018). Kajian Aksiologi: Elaborasi Nilai-Nilai Moral dalam Konsep Mekanika Sebagai Upaya untuk Membentuk Generasi Emas yang Berkarater. <https://osf.io/jkuzt>.

- Samaroo, R. (2018). There is No Conspiracy of Inertia. *British Journal for the Philosophy of Science*, 69, 957-82.
- Samaroo, R. (2019). *Newtonian Mechanics and its Philosophical Significance*. <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/16521>.
- Samaroo, R. (2021). Newtonian Mechanics. In *The Routledge Companion to Philosophy of Physics* (pp. 8-20). Routledge.
- Saxena, S., & Bedoya, I. D. (2013). Fundamental Phenomena Affecting Low Temperature Combustion and HCCI Engines, High Load Limits and Strategies for Extending These Limits. *Progress in Energy and Combustion Science*, 39(5), 457-488.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage learning.
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.
- Stan, M. (2009). *Kant's Theory of Motion: Metaphysical foundations of Leibnizian science*. The Johns Hopkins University.
- Sujito, S., Sunardi, S., & Hartini, S. (2019). Paradigma Teori Atom Lintas Waktu. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 2(1), 42-51.
- Sullivan, J. W. N. (2018). *Limitations of Science*. Read Books Ltd.
- Suriasumantri, J. S. (2009). Filsafat Ilmu Sebagai Pengantar Populer. *Pustaka Sinar Harapan*.
- Susanto, A. (2021). *Filsafat Ilmu: Suatu Kajian dalam Dimensi Ontologis, Epistemologis, dan Aksiologis*. Bumi Aksara.
- Truesdell, C., & Benvenuto, E. (2003). *Essays on the History of Mechanics: In Memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto*. Springer Science & Business Media.
- Utami, L. S., PFis, M., Sabaryati, J., PFis, M., & Zulkarnain, M. S. (2022). *Sejarah Fisika*. Ahlimedia Book.
- Vilmala, B. K. (2020). Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Mekanika. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3(1), 1-7.
- Will, C. M. (2018). *Theory and experiment in gravitational physics*. Cambridge university press.
- Wonorahardjo, S. (2020). *Dasar Sains-Sadar Sains: Membangun Masyarakat Sadar Sains*. Penerbit Andi.