

## Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Mekanika

Berry Kurnia Vilmala<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan IPA, Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia  
E-mail: berrykurniavilmala@umri.ac.id

### Abstrak

Konsep kunci dari revolusi keilmuan Kuhn adalah mengenai paradigma keilmuan, yaitu pendekatan dominan yang dilakukan oleh komunitas keilmuan dalam memecahkan masalah dalam bidang-bidang keilmuan dalam periode tertentu. Salah satu paradig dalam sains adalah perkembangan mekanika. Mekanika merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak benda, baik benda yang diam (statik) maupun benda yang bergerak (kinematika dan dinamika). Keberadaan mekanika sudah ada sejak zaman Yunani kuno dan terus berkembang sampai sekarang. Dalam perkembangannya mekanika dibagi menjadi dua, mekanika klasik dan mekanika kuantum. Pembahasan tentang mekanika klasik lebih fokus kepada benda-benda yang bergerak jauh di bawah kecepatan cahaya, sedangkan mekanika kuantum fokus pembahasannya kepada benda-benda yang mendekati kecepatan cahaya. Perkembangan mekanika tersebut tidak terlepas dari adanya revolusi keilmuan yang ditandai dengan bergesernya paradigma. Revolusi ilmiah menurut Thomas Kuhn diawali dengan paradig lama, normal sains, anomali-anomali, krisis, revolusi, paradigma baru.

**Kata Kunci:** Revolusi Saintifik; Thomas Kuhn; Mekanika.

### Abstract

The key concept of the Kuhn scientific revolution is about the scientific paradigm, which is the dominant approach taken by the scientific community in solving problems in scientific fields within a certain period. One of the paradigms in science is the development of mechanics. Mechanics is a branch of physics that studies the motion of objects, both stationary (static) objects and moving objects (kinematics and dynamics). The existence of mechanics has existed since ancient Greece and continues to grow until now. In its development mechanics is divided into two, classical mechanics and quantum mechanics. The discussion of classical mechanics is more focused on objects that move far below the speed of light, while quantum mechanics focuses its discussion on objects that are close to the speed of light. The development of mechanics is inseparable from the scientific revolution that is marked by a shift in paradigm. The scientific revolution according to Thomas Kuhn begins with the old paradigm, normal science, anomalies, crises, revolutions, new paradigms.

**Keyword:** Scientific Revolution; Thomas Kuhn; Mechanics.

### 1. Pendahuluan

Mekanika merupakan cabang dari ilmu fisika yang mempelajari gerak benda, baik benda yang diam (statik) maupun benda yang bergerak (dinamik). Dalam perkembangannya, mekanika dibagi menjadi dua, yaitu mekanika klasik dan mekanika kuantum. Mekanika klasik membahas benda-benda yang bergerak jauh di bawah kecepatan cahaya, sedangkan mekanika kuantum membahas benda-benda yang bergerak mendekati kecepatan cahaya. Mekanika klasik sendiri dibahas dalam beberapa periodisasi, Periode I (Pra sains sampai dengan 1550 M), Periode II (Awal Sains 1550 M – 1800 M), dan Periode III (Fisika Klasik 1800 M – 1900 M). Mekanika modern dibagi ke dalam mekanika kuantum lama dan mekanika kuantum baru, serta dibagian akhir juga sedikit dijelaskan tentang teori relativitas khusus. Dewasa ini dalam pembelajaran ilmu fisika termasuk mekanika cenderung langsung membahas topik ataupun subtopiknya saja, tanpa melihat bagaimana ilmu mekanika itu terbentuk. Hal ini menyebabkan pengetahuan dalam mekanika menjadi tidak utuh. Oleh karena itu, sangat penting untuk membahas perkembangan mekanika mulai dari awal (mekanika klasik) sampai kepada era mekanika kuantum.

Perkembangan mekanika tidak terlepas dari perubahan-perubahan bahkan penggantian suatu teori lama ke teori baru. Mulai dari zaman Yunani kuno sampai zaman modern, mekanika telah mengalami berbagai pergeseran paradigma. Untuk memahami secara mendalam seperti

apa perkembangan mekanika dalam perkembangan ilmu pengetahuan, maka artikel ini disusun dengan tujuan sebagai berikut:

1. mengetahui perkembangan mekanika dari zaman Yunani kuno hingga zaman modern;
2. mengetahui ilmuwan-ilmuan yang berperan penting dalam perkembangan mekanika; dan
3. mengetahui proses revolusi (perubahan mendasar) dalam perkembangan mekanika.

## **2. Metode**

Metode yang digunakan adalah studi literatur terkait perkembangan mekanika dari zaman Yunani kuno sampai dengan zaman modern sekarang berdasarkan revolusi saintifik menurut Thomas Kuhn.

## **3. Hasil dan Pembahasan**

### **a. Mekanika Klasik**

Mekanika klasik sendiri, dalam perkembangannya dibagi ke dalam beberapa periodisasi.

#### **1) Periode 1 ( Pra Sains sampai dengan 1550 M)**

##### **(a) Aristoteles (384 – 322 SM)**

Aristoteles adalah orang pertama pada periode ini yang mengemukakan cabang mekanika yang membahas tentang hubungan timbal balik antara gerak dan gaya (dinamika). Inti dari pandangannya terhadap dinamika adalah sifat bawaan dari berbagai macam benda yang memberikan alasan untuk sifat tersebut dalam daya intrinsik khusus dari benda itu.

##### **(b) Archimedes (287-212 SM)**

Archimedes merupakan perintis ide dari statika (studi tentang benda-benda diam karena kombinasi berbagai gaya). Archimedes juga merupakan perintis kajian tentang hidrostatis, yaitu cabang fisika yang membahas keseimbangan gaya-gaya yang dikenakan pada benda-benda tegar. Dalam bukunya yang berjudul “benda-benda terapung” Archimedes menyatakan sebuah prinsip bahwa: benda-benda yang lebih berat dari cairan bila ditempatkan dalam cairan akan turun ke dasar cairan tersebut. Bila benda tersebut ditimbang beratnya dalam cairan tersebut akan lebih ringan dari berat yang sebenarnya, seberat zat cair yang dipisahkannya. Prinsip dasar dari Archimedes ini banyak diaplikasikan seperti pompa ulir, untuk mengangkat air dari tempat yang lebih rendah maupun untuk tujuan perang.

##### **(c) Eratoshenes (273 – 192 SM)**

Eratoshenes menghitung diameter bumi pada tahun 230 SM. Berdasarkan perhitungan yang dilakukannya diketahui bahwa diameter bumi adalah 40.000 km. Untuk zaman itu, pengetahuan mengenai ini merupakan temuan yang sangat luar biasa dimana belum ada ahli yang dapat melakukan penghitungan seperti yang dilakukan oleh Eratoshenes.

#### **2) Periode II ( Awal Sains 1550 – 1800 M)**

##### **(a) Galileo ( 1564 M – 1642 M )**

Aristoteles berpendapat benda yang lebih berat jatuh lebih cepat dari benda yang lebih ringan. Galileo melakukan eksperimen untuk membuktikan pernyataan ini. Kesimpulannya menurut Galileo bahwa pernyataan Aristoteles itu kurang tepat, yang benar adalah baik benda berat maupun benda ringan jatuh pada kecepatan yang sama kecuali sampai batas mereka berkurang kecepatannya akibat gesekan udara. Galileo juga mengemukakan tentang hukum kelembaman (inersia).

##### **(b) Descartes (1596 M – 1650 M)**

Descartes meyakini bahwa tidak ada ilmu apa pun yang bisa dipercaya tanpa matematika. Descartes mengemukakan dua hukum tentang gerak dan memprediksi hasil benturan antar dua massa. Descartes menerima prinsip Galileo bahwa benda-benda cenderung untuk bergerak dalam garis lurus, dan tidak pernah ada sembarang ruang kosong ke dalam mana sebuah benda bergerak, maka konsekuensinya adalah satu-satunya gerak yang mungkin adalah gerak rotasi dari sekumpulan partikel.

**(c) Torricelli ( 1608 M – 1647 M )**

Torricelli menetapkan tentang tekanan atmosfer dan menemukan alat untuk mengukurnya yaitu barometer. Toricelli juga menemukan persamaan untuk mengukur laju air dari sebuah tangki yang bocor.

**(d) Otto von Guericke (1602 M – 1686 M)**

Pada 1650 Guericke menemukan pompa udara. Guericke menerapkan barometer ke ramalan cuaca untuk meteorologi.

**(e) Blaise Pascal ( 1623 M – 1662 M)**

Dalam bidang fisika, khususnya mekanika, dia melakukan percobaan dengan cara mengukur beda tinggi barometer di dasar dan di puncak gunung. Dari keterangan-keterangan itu akan dikenal prinsip Hidrostatik dengan nama Hukum Pascal, yang berbunyi jika suatu zat cair dikenakan tekanan, maka tekanan itu akan merambat ke segala arah sama besar dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya.

**(f) Issac Newton ( 1642 M – 1727 M)**

Penemuan Newton yang paling fenomenal dalam mekanika adalah tiga hukum Newton tentang gerak. Hukum Newton I tentang hukum inersia Galileo pada dasarnya semua obyek dipengaruhi oleh kekuatan luar dan persoalan yang paling penting dalam ihwal mekanik adalah bagaimana obyek bergerak dalam keadaan itu. Masalah tersebut dipecahkan oleh Newton dalam Hukum Newton II tentang gerak, percepatan obyek adalah sama dengan gaya netto dibagi massa benda. Hukum Newton III tentang adanya gaya aksi sama dengan gaya reaksi dimana arahnya berlawanan dengan arah awalnya. Newton juga membedakan antara massa dan berat. Massa adalah sifat intrinsik suatu benda yang mengukur resistensinya terhadap percepatan, sedangkan berat sebenarnya merupakan suatu gaya, yaitu gaya yang bekerja pada suatu benda. Hukum Newton I, II, III dan gaya berat jika digabungkan akan menghasilkan suatu sistem makro mekanika, mulai dari ayunan, pendulum hingga gerak planet-planet dalam orbitnya mengelilingi matahari.

**3) Periode III ( Fisika Klasik 1800 M – 1900 M )**

**(a) Daniel Bernoulli ( 1700 M – 1780 M)**

Bernoulli merupakan ahli matematika yang menerapkan ilmunya pada bidang mekanika fluida. Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Ada 2 jenis persamaan Bernoulli, pertama berlaku pada aliran tak- termampatkan (*incompressible flow*) dan fluida termampatkan (*compressible flow*).

**(b) Leonhard Euler ( 1707 M – 1783 M )**

Euler ahli dalam mendemonstrasikan bagaimana hukum-hukum umum mekanika yang telah dirumuskan sebelumnya oleh Issac Newton, dapat digunakan dalam situasi fisika tertentu yang terjadi berulang kali. Sebagai contoh, menggunakan hukum Newton tentang gerak zat cair, Euler dapat mengembangkan hidrodinamika.

**(c) Joseph-Louis Lagrange ( 1736 – 1813 M)**

Persamaan gerak partikel yang dinyatakan oleh persamaan Lagrange dapat diperoleh dengan meninjau energi kinetik dan energi potensial partikel tanpa perlu meninjau gaya yang bereaksi pada partikel.

**(d) Hamilton (1805 M -1865 M)**

Jika ditinjau gerak partikel yang terkendala pada suatu permukaan bidang, maka diperlukan adanya gaya tertentu yaitu gaya konstrain yang bereaksi terhadap partikel dapat diketahui. Gaya total ini merupakan keseluruhan gaya yang bereaksi terhadap partikel termasuk juga gaya konstrain. Apabila dalam kondisi tertentu terdapat gaya yang tidak dapat diketahui, maka pendekatan yang dilakukan adalah meninjau kuantitas fisis lain yang merupakan karakteristik partikel.

**b. Mekanika Modern**

**1) Mekanika Kuantum Lama**

**(a) Max Planck 1900**

Max Planck memperkenalkan ide bahwa energi dapat dibagi-bagi menjadi beberapa paket atau kuantum. Planck menemukan bahwa energi foton (kuantum) berbanding lurus dengan frekuensi cahaya.

**(b) Albert Einstein 1905**

Salah satu fakta yang mendukung teori kuantum Planck adalah efek fotolistrik. Fotolistrik adalah listrik yang diinduksi oleh cahaya (foton). Efek fotoelektrik dengan menyimpulkan bahwa energi cahaya datang dalam bentuk kuantum disebut foton. Einstein menerangkan bahwa cahaya terdiri dari partikel-partikel yang sebanding dengan frekuensinya.

**(c) Niels Bohr 1913**

Menjelaskan garis spektrum dari atom hydrogen dengan penggunaan kuantisasi. Dengan demikian energi yang terkuantisasi. Arti penting model ini terletak pada pernyataan bahwa *hukum mekanika klasik tidak berlaku pada gerak elektron di sekitar inti*. Bohr mengusulkan bahwa satu bentuk mekanika baru, atau mekanika kuantum, menggambarkan gerak elektron di sekitar inti.

**(d) Louis de Broglie 1924**

Memberikan teorinya tentang gelombang benda. Menurut de Broglie, gerakan partikel mempunyai ciri-ciri gelombang. Hipotesis de Broglie kemudian terbukti kebenarannya, ketika ditemukan bahwa elektron menunjukkan sifat difraksi seperti halnya sinar X.

**c. Mekanika Kuantum Baru**

**(a) Werner Karl Heisenberg 1925**

Mengembangkan mekanika matriks dan Erwin Scrodinger menemukan mekanika gelombang dan persamaan Scrodinger.

**(b) Paul Dirac 1927**

Menggabungkan mekanika kuantum dengan relativitas khusus.

**(c) Nueman Janos 1932**

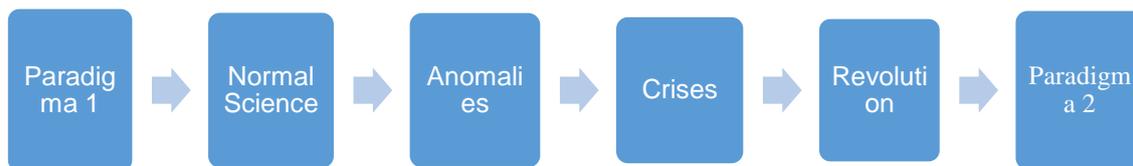
Merumuskan dasar matematika yang kuat untuk mekanika kuantum sebagai teori operator.

(1) Berawal dari tahun 1927, percobaan dimulai untuk menggunakan mekanika kuantum ke dalam bidang di luar partikel satuan yang menghasilkan teori medan kuantum. Pekerja awal dalam bidang ini termasuk Dirac, Pauli, Weisskopf, dan Jordan. Bidang riset ini dikembangkan dalam formulasi elektrodinamika kuantum oleh Feynman, Freeman Dyson, Schwinger, dan Tomonaga pada tahun 1940-an. Elektrodinamika kuantum adalah teori kuantum electron, proton, dan medan elektromagnetik dan berlaku sebagai contoh untuk teori kuantum berikutnya.

(2) Teori Kromodinamika Kuantum diformulasikan pada tahun 1960 an. Teori ini diformulasikan oleh Politzer, Gross, dan Wilzek pada tahun 1975. Pengembangan oleh Schwinger, Peter Higgs, Gldstone, dan lain-lain. Sheldon Lee, Glashow, Steven Wienberg, dan Abdus Salam menunjukkan secara independen bagaimana gaya nuklir lemah dan elktrodinamika kuantum dapat digabungkan menjadi satu gaya lemah elektro.

**d. Proses Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Mekanika menurut Thomas Kuhn**

Filsuf dan sejarawan sains menginterpretasi perkembangan gagasan dalam sains dengan dua cara, yaitu intepretasi pertama menggambarkan perkembangan sains secara evolusi (perkembangan dan modifikasi melalui proses berkesinambungan), melalui penyempurnaan secara bertahap melalui observasi lebih cermat, pengujian, dan koreksi atau penggantian dengan yang lebih baik. Intepretasi kedua, menggambarkannya sebagai revolusi yang bermakna penggantian melalui perubahan fundamental dan radikal. Proses revolusi ilmiah menurut Thomas Kuhn dapat digambarkan melalui bagan berikut.



Gambar 1. Bagan Revolusi Ilmiah menurut Thomas Kuhn

Revolusi ilmiah menurut Kuhn terjadi melalui beberapa lompatan radikal dan revolusioner. Model yang dikembangkan oleh Kuhn pada paradigma I berlangsung sains normal, yaitu situasi ketika sebuah paradigma menjadi sangat dominan atau dianggap benar sehingga digunakan sebagai indikator utama dan umum seakan-akan tidak perlu mempertanyakan ulang prinsip-prinsip utamanya. Pada periode ini terjadi akumulasi dari ilmu pengetahuan untuk mengembangkan paradigam tersebut. Sampai lama kelamaan paradigma lama ini mengalami kelumpuhan analitik atau tidak mampu memberi jawaban dan penjelasan terhadap banyaknya persoalan yang muncul. Ilmuan-ilmuan tidak bisa mengelak dari pertentangan yang ada karena terjadinya penyimpangan. Fase ini dikenal dengan fase anomali-anomali. Adanya anomali ini merupakan prasyarat bagi penemuan baru yang akhirnya dapat menyebabkan perubahan paradigma. Banyaknya anomali-anomali ini yang akan menimbulkan krisis. Krisis menurut Kuhn ketika penyimpangan memuncak, krisis akan muncul dan paradigma itu sendiri mulai disangsikan validitasnya. Pada fase ini, paradigma yang sedang berkembang mulai diragukan kebenarannya. Krisis ini akan mengantarkan jalan menuju fase revolusi. Pada fase revolusi ini nantinya akan muncul paradigma baru yang menggantikan paradigma lama dan memberikan jawaban atas persoalan yang muncul dari paradigma sebelumnya.

Perkembangan mekanika jika dikaitkan dengan proses revolusi dalam perkembangan sains dapat dijelaskan berdasarkan proses revolusi menurut Thomas Kuhn yang meliputi paradigma keilmuan, sains normal, anomali-anomali, dan pergeseran paradigma sebagai berikut.

1. Paradigma I bermula zaman Yunani kuno, dimana menurut Aristoteles ada dua jenis gerak yaitu gerak alamiah (*pure motion*) dan gerak paksa (*violent motion*). Setiap unsur memiliki "tempat alamiah" di alam semesta. Begitu juga dengan gerak alamiah dari suatu benda. Contohnya bumi dan air memiliki sifat berat, yaitu cenderung bergerak ke bawah, sedangkan udara dan api memiliki sifat levitasi, yaitu cenderung bergerak ke atas. Gerak paksa disebabkan oleh gaya luar yang dikenakan dan boleh ke sembarang arah. Selain itu Aristoteles juga berpendapat bahwa benda yang lebih berat jatuh lebih cepat dari benda yang lebih ringan. Pada fase ini, menurut Thomas Kuhn berlaku fase sains normal. Artinya pendapat ini dianggap adalah pendapat yang paling benar, sehingga ahli-ahli yang ingin mengemukakan pendapat tentang gerak suatu benda harus menjadikan bahkan mendukung pernyataan yang dikeluarkan oleh Aristoteles. Ahli-ahli setelahnya seperti Archimedes dan Eratoshenes mengeluarkan pendapatnya terkait temuannya dalam kerangka teori yang disampaikan oleh Aristoteles. Pendapat dari Aristoteles ini diyakini ratusan tahun kebenarannya.
2. Memasuki awal abad ke 16, munculah pertanyaan-pertanyaan tentang gerak benda oleh Galileo. Munculnya pertanyaan-pertanyaan ini dikenal dalam revolusi Kuhn sebagai anomali, yaitu terjadinya ketidakselarasan antara kenyataan yang ada dengan paradigma-paradigma yang digunakan oleh ilmuan. Karena penyimpangan yang terjadi sudah semakin banyak dan memuncak, maka paradigma lama tadi tentang teori Aristoteles mengenai gerak benda mulai diragukan kebenarannya. Pada fase ini menurut Kuhn masuk ke dalam fase krisis. Pada fase ini, Galileo melalui eksperimennya menyatakan bahwa pendapat atau teori Aristoteles itu keliru, yang benar adalah baik benda berat maupun benda ringan jatuh pada kecepatan yang sama kecuali sampai batas mereka berkurang kecepatannya akibat gesekan udara. Galileo membantah pemahaman sebelumnya yang mengatakan bahwa benda bergerak dengan sendirinya cenderung menjadi semakin pelan dan sepenuhnya berhenti kalau saja tidak ada tenaga yang menambah kekuatan agar terus bergerak. Bilamana kekuatan melambat seperti misalnya pergeseran, dapat dihilangkan; benda cenderung bergerak tetap tanpa batas. Galileo juga membahas tentang gerak proyektil yang memperlihatkan bagaimana komponen-komponen horizontal dan vertikal dari gerak peluru bergabung menghasilkan lintasan parabolik. Pada fase ini menurut Kuhn dikenal dengan fase

revolusi, yaitu terjadinya lompatan yang fundamental. Fase ini berlangsung lama, karena pada fase ini paradigma lama sudah bergeser ke paradigma baru yang dikenal dengan istilah pergeseran paradigma (*Shifting Paradigm*). Pada fase inilah muncul paradigme II yang memiliki jawaban atas persoalan yang muncul pada paradigma sebelumnya. Siklus ini berlangsung kembali sampai beberapa tahun ke depan yaitu era nya Issac Newton. Pada fase ini berlaku normal sains kembali. Teori-teori yang dikemukakan oleh ilmuwan dari zaman galileo dan setelahnya mengeluarkan pendapat dalam kerangka teori baru yang telah disampaikan oleh Galileo.

3. Sampai kepada tahun 1900 M, bermunculan pertanyaan-pertanyaan tentang gerak benda (partikel) yang tidak bisa dijawab oleh mekanika klasik. Teori Galileo hanya berlaku untuk benda-benda yang bergerak jauh dibawah kecepatan cahaya. Bagaimana dengan benda (partikel) yang bergerak mendekati kecepatan cahaya, apakah bisa dijelaskan dengan mekanika kalsiknya Galileo dan Issac Newton. Sehingga bermunculan penyimpangan atau ketidakselarasan antara kenyataan yang ada dengan paradigma baru yang telah berlangsung ratusan tahun. Pada fase ini terjadi anomali lagi. Karena pertanyaan-pertanyaan yang muncul memuncak sehingga memasuki krisis, teori Galileo dan Issac Newton tentang gerak mulai dipertanyakan kebenarannya. Sehingga Max Planck memperkenalkan ide bahwa energi dapat dibagi-bagi menjadi beberapa paket atau kuantum. Planck menemukan bahwa energi foton (kuantum) berbanding lurus dengan frekuensi cahaya. Jadi benda-benda yang bergerak mendekati kecepatan cahaya dapat dijelaskan dengan menggunakan teori Planck. Pada fase ini berlaku fase revolusi. Sehingga untuk benda-benda yang bergerak mendekati kecepatan cahaya yang berlaku adalah teori Planck, paradigma lebih baru lagi telah lahir. Setelah ini berlaku sains normal lagi, ahli-ahli yang menyampaikan teorinya tentang gerak benda yang mendekati kecepatan cahaya berada dalam kerangka teori Planck, seperti Einstein, Niels Bohr, de Brogli.

Tahapan ini berlangsung terus menerus, sampai ada paradigma baru yang membatalkan paradigma lama.

#### **4. Simpulan dan Saran**

Sejarah perkembangan mekanika dibagi menjadi dua, yaitu mekanika klasik dan mekanika modern. Mekanika klasik dibagi ke dalam tiga periode. Periode I (Pra Sains sampai dengan 1550 M), periode II (Awal Sains 1550 – 1800 M), periode III (Fisika Klasik 1800 M – 1900 M). Mekanika modern dibagi dalam dua periode, yaitu mekanika kuantum lama dan mekanika kuantum baru. Pembagian ini berdasarkan tahapan perkembangan dari bahasan dari mekanika sendiri. Pada perkembangan mekanika dari zaman Yunani kuno sampai dengan zaman modern telah terjadi beberapa kali pergeseran paradigma.

Revolusi ilmiah menurut Thomas Kuhn adalah perubahan drastis dalam kemajuan dan perkembangan ilmu pengetahuan yang didalamnya paradigma lama digantikan seluruhnya atau sebagian oleh paradigma baru yang dianggap bertentangan. Urutan dari revolusi ilmiah menurut Thomas Kuhn diawali paradigme lama, normal sains, anomali-anomali, krisis, revolusi, paradigme baru.

Aritikel ini memiliki beberapa kekurangan dalam hal literatur yang digunakan. Bisa jadi pada literatur lain ditemukan perkembangan terbaru dari mekanika berdasarkan revolusi saintifik Thomas Kuhn. Perlu kajian literatur yang lebih untuk melihat perkembangan terbaru dari sejarah mekanika itu sendiri.

#### **5. Daftar Pustaka**

- Cajori, Florian. (1962). *History of Physics*. New York: Macillan Company.
- Douglas C., Giancoli. (2007). *Fisika Jilid 1 Edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Firman, Harry. (2019). *Pengantar Filsafat Ilmu Pengetahuan Alam*. Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kuhn T, H. (2012). *Peran Paradigma dalam Revolusi Sains*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Kuhn T, H. (2012). *The Structure of Scientific Revolution*. USA: University of Chicago.

Ulya, Inayatul. Dan Abid, Nushan. *FIKRAH: Jurnal Ilmu Aqidah dan Studi Keagamaan*. Volume 3, no. 2, Desember 2015.