

Pandangan Antirealisme Tidak Gugur oleh Pandangan Realisme: Kajian Aspek Epistemologi Konstruksi Pengetahuan Fisika Modern pada Dualisme Cahaya

Sohibun¹, Agus Setiawan², Achmad Samsudin³

¹²³ Progam Doktor Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
E-mail: sohibbie.165@upi.edu¹; agus_setiawan@upi.edu²; achmadsamsudi@upi.edu³



This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license.
Copyright © XXXX by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

Diterima: 14-12-2022

Direview: 30-01-2023

Publikasi: 30-09-2023

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk mereview secara epistemologi untuk bagaimana mengonstruksi pengetahuan baru berdasarkan pandangan realisme dan antirealisme dalam salah satu teori fisika modern dualismee cahaya. Artikel ini menyajikan pandangan-pandangan mengenai teori dualisme cahaya dimulai dari epistemologi cahaya, cahaya sebagai gelombang, cahaya sebagai partikel dan dualismee cahaya. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah *critical literature review*, yaitu jenis tinjauan kritis untuk menganalisis dan mengevaluasi banyak sumber tentang topik fisika modern, khususnya dualismee cahaya dan filosofinya epistemologis untuk mengonstruksi pengetahuan dualismee cahaya, perbandingan realisme versus antirealisme tentang pandangan dualismee cahaya. Hasilnya dalam mengonstruksi ilmu pengetahuan baru, pandangan antirealisme tidak serta merta gugur dan menghasilkan pandangan baru realisme. Terlihat pada dualisme cahaya, dalam mengonstruksi ilmu pengetahuan, pandangan anti realis dengan teorinya (fisika klasik) tidak serta merta salah dan gugur ketika ada teori baru dari pandangan realisme (fisika modern). bahkan dari kasus ini, secara filosofis teori yang terbentuk dari pandangan atau fakta-fakta hasil empiris membentuk fakta baru dan teori berlaku *the power of theory* sebagai jembatan.

Kata Kunci: realisme; anti-realisme; epistemologi; fisika modern; dualismee cahaya

Abstrak

This article aims to examine epistemologically for how to construct new knowledge based on realism and anti-realism views in one of the modern physical theories of light dualism. This article presents views on the theory of light dualism starting from the epistemology of light, light as a wave, light as a particle and light dualism. The method used in this study is a critical literature review, which is a type of critical review to analyze and evaluate many sources on the topic of modern physics, especially light dualism and its philosophical epistemology to construct knowledge of dualism. light, the comparison of realism versus antirealism about the dualism of light. As a result, in constructing new knowledge, the view of anti-realism does not automatically fall and produces a new view of realism. Seen in the dualism of light, in constructing science, the anti-realism view with its theory (classical physics) is not necessarily wrong and dies when there is a new theory from the realism view (modern physics). even from this case, philosophically the theory formed from empirical views or facts forms new facts and the theory applies the power of theory as a bridge

Keywords: realism; antirealism; epistemology; modern physics; light dualism

1. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan terbentuk dari salah satunya fenomena dan pengalaman (empiris). Dalam mengonstruksi suatu pengetahuan baru akan muncul suatu perbedaan dalam bentuk gagasan maupun teori. Salah satu perdebatan dalam filsafat ilmu seputar pertanyaan apakah kita harus percaya bahwa teori-teori ilmiah yang sukses, seperti teori relativitas khusus, teori evolusi teori, dan teori kinetik panas, adalah benar. Realis ilmiah ('realis' selanjutnya) dan

antirealis mengambil posisi yang berlawanan mengenai status epistemik ilmu pengetahuan yang sukses teori (Firman, 2019). Perdebatan di antara mereka tetap aktif dalam filsafat ilmu sains. Artikel menghubungkan sains dengan pendidikan sains, mencoba untuk menentukan mana yang lebih doktrin yang berguna, realisme atau antirealisme, untuk tujuan pendidikan sains. Makalah ini disusun sebagai berikut. Di Bagian pembahasan, saya membuat eksplisit apa realisme dan antirealisme menegaskan, menggunakan teori dualisme cahaya sebagai contoh. Kemudian, artikel ini membahas ilmuwan anti realis dan filsuf sains terkemuka, kemudian menyajikan argumen yang menonjol untuk menerima antirealisme dan menolak realisme, mengacu pada filosofi dari literatur sains, kemudian artikel ini membahas pentingnya mengonstruksi pengetahuan melalui dua pandangan yang bahkan sangat berbeda. Fokus penelitian ini adalah pada mengonstruksi pengetahuan baru tanpa menghilangkan atau menggugurkan pengetahuan lama, artinya pengetahuan seyogyanya saling melengkapi khususnya pada teori dualisme cahaya. bertujuan untuk mereview secara epistemologi untuk bagaimana mengonstruksi pengetahuan baru berdasarkan pandangan realisme dan antirealisme dalam salah satu teori fisika modern dualisme cahaya. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana konstruksi pengetahuan fisika modern pada dualisme cahaya dilihat dari kajian epistemologi. Secara garis besar penelitian ini melihat bahwa pandangan filsuf antirealisme tidak serta merta gugur jika dibandingkan atau muncul pandangan baru dari filsuf realisme.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah *critical literature review*, yaitu jenis tinjauan kritis untuk menganalisis dan mengevaluasi banyak sumber (Paré & Kitsiou, 2017; Snyder, 2019; Chetwynd, 2022) tentang topik fisika modern khususnya dualisme cahaya dan Filosofinya epistemologis untuk mengonstruksi pengetahuan dualisme cahaya, perbandingan realism versus antirealisme tentang pandangan dualisme cahaya.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Realisme vs Antirealisme

Realisme vs Antirealisme dimulai dengan Hilary Putnam (1975) dan Stathis Psillos (1999), mendefinisikan realisme sebagai pandangan bahwa teori-teori yang berhasil, seperti teori evolusi, teori relativitas khusus, dan teori kinetik panas, (kurang lebih) benar jika sebuah teori berhasil berarti bahwa teori itu "telah mengarah pada prediksi yang dikonfirmasi dan memiliki cakupan penjelasan yang luas" (Laudan, 1981). Realisme adalah suatu pandangan epistemologi yang menyatakan bahwa realita yang bebas dari minda (*mind-independent reality*) adalah wujud (*exist*) di sebalik pikiran dan persepsi kita, dan dapat diketahui baik secara langsung ataupun secara tidak langsung. Implikasinya, teori-teori dalam sains dapat merujuk pada entitas yang bebas dari pikiran kita (Gareth, Southwell, 2013).

Firman (2019) menyebutkan debat antara dua aliran pemikiran (*school of thought*) realisme dan antirealisme berlangsung sejak abad ke-19 hingga kini. Realisme memandang objek-objek tak terlihat (*unobservable*) yang dipostulatkan oleh teori ilmiah juga sebagai realita, seperti gen, atom, black-hole, gelombang elektromagnetik. Realisme menyatakan bahwa dunia fisik wujud (eksis) dan bebas dari pikiran dan persepsi manusia. Sebaliknya, antirealisme menolak pandangan-pandangan filosofis realisme antirealisme mengklaim bahwa alam fisik bergantung pada pikiran manusia. antirealisme, berpandangan sains tidak dapat menjangkau hal-hal yang *unobservable*. Pandangan realisme & antirealisme tentang sains realis yakin bahwa tujuan sains adalah untuk menyediakan deskripsi yang benar tentang alam. Antirealis percaya bahwa tujuan sains adalah untuk memberikan gambaran yang benar tentang alam (*observable*). Antirealis percaya, bahwa tujuan sains adalah untuk memberikan deskripsi akurat hanya tentang bagian tertentu dari alam, yaitu hanya bagian yang dapat diamati. Kontra-realis berpendapat bahwa kita tidak dapat memperoleh pengetahuan tentang bagian-bagian realitas yang tidak dapat diamati. Berdasarkan visi Anti-realitas, pengetahuan ilmiah termasuk dalam bidang observasi. Menurut anti-realis, sains dapat memberi kita pengetahuan tentang fosil, tumbuhan, dan hewan (yang dapat diamati), tetapi tidak tentang atom, elektron, ikatan kimia (*unobservable*).

Sains merangkumi dua jenis pengetahuan, yaitu sebagai berikut. 1). Pengetahuan yang dapat diamati (*observable*), misalnya logam, asam, kelarutan, kereaktifan. Benar tidaknya ditentukan berdasarkan pengamatan. 2). Pengetahuan yang tidak dapat diamati (*unobservable*), misalnya struktur atom, tingkat energi molekul, interaksi antar molekul (teori-teori dalam sains).

Teori-teori melibatkan entitas yang tidak teramati. Bagi antirealisme, entitas yang tak teramati hanyalah “angan-angan” yang direka ilmuwan untuk menerangkan fenomena yang teramati. “*Observable is Believable*” Realis tidak sependapat bahwa pengetahuan dibatasi oleh kemampuan observasi. Sebaliknya, mereka yakin bahwa kita telah memiliki pengetahuan banyak dari realita yang tak teramati. Oleh sebab itu, anti-realisme seringkali disebut “Instrumentalisme”. Teori ilmiah adalah instrumen untuk membantu ilmuwan memprediksi fenomena teramati, bukan sebagai usaha untuk mendeskripsikan realita. Park, Seungbae (2016).

Jadi, kaum realis tidak percaya bahwa teori-teori ilmiah manapun adalah benar. Mereka percaya bahwa hanya teori-teori yang memiliki kekuatan penjabar dan prediksi tinggi yang benar (*observable*). Percaya bahwa suatu teori itu benar berarti memercayai apa yang dikatakannya tentang yang dapat diamati dan yang tidak dapat diamati. Yang tidak dapat diamati, yang juga disebut entitas teoretis, adalah entitas seperti elektron, molekul, neutrino, dan gen. Kita tidak dapat mengamati entitas teoretis dengan mata telanjang, tetapi teori mendalilkan keberadaan mereka untuk menjelaskan dan memprediksi fenomena. Sebaliknya, yang dapat diamati adalah entitas seperti pohon, komputer, dan batu. Kita bisa mengamati mereka dengan mata telanjang. Antirealisme didefinisikan dalam artikel ini sebagai posisi bahwa apa yang dikatakan teori sukses tentang yang dapat diamati dapat dipercaya, tetapi apa yang mereka katakan tentang yang tidak dapat diamati. Jadi, antirealis tidak percaya bahwa teori yang sukses itu benar. Mereka juga tidak percaya bahwa hal-hal yang tidak dapat diamati yang didalilkan oleh sebuah teori adalah nyata. Mereka tidak percaya, misalnya, bahwa elektron, molekul, neutrino, dan gen adalah nyata. Namun, mereka percaya bahwa pohon, komputer, dan batu adalah nyata. Dalam pengertian itu, mereka kurang skeptis tentang dunia daripada skeptis Cartesian. Skeptis Cartesian bahkan tidak percaya bahwa yang dapat diamati itu nyata dengan alasan bahwa mungkin “iblis jahat”, bukan alam semesta fisik, yang menyebabkan persepsi, pengalaman, dan sensasi dalam pikiran kita.

Antirealis menolak skeptisisme Cartesian, berpendapat bahwa objek makroskopik ada. Teori kinetik panas menyatakan bahwa molekul-molekul bergerak konstan, mematuhi hukum mekanika Newton, bahwa massa suatu benda adalah jumlah massa molekul penyusunnya, dan bahwa suhu adalah energi kinetik rata-rata molekul. Molekul tidak dapat diamati karena tidak dapat diamati dengan mata telanjang, tetapi teori kinetik panas mendalilkan keberadaannya untuk menjelaskan berbagai fenomena panas. Misalnya, perapian panas, dan es dingin. Menurut teori kinetik panas, perapian itu panas karena molekul-molekul penyusunnya bergerak cepat. Es itu dingin karena molekul penyusunnya bergerak lambat. Ketika benda panas dan benda dingin saling bersentuhan, mereka mengasumsikan suhu rata-rata karena molekul yang bergerak cepat bertabrakan dengan molekul yang bergerak lambat. Hasil tumbukan adalah kecepatan molekul yang bergerak cepat berkurang, dan kecepatan molekul yang bergerak lambat meningkat. Realis dan antirealis mengambil sikap epistemik yang berbeda terhadap teori kinetik panas. Kaum realis percaya, misalnya, bahwa molekul bergerak konstan, mematuhi hukum mekanika Newton, dan bahwa fenomena panas itu nyata. Sebaliknya, antirealis tidak percaya bahwa molekul bergerak konstan, meskipun mereka percaya bahwa fenomena panas itu nyata. Dengan demikian, ruang lingkup keyakinan antirealis terbatas pada yang dapat diamati, sedangkan keyakinan realis mencakup baik yang dapat diamati maupun yang tidak dapat diamati. Pada bagian berikut, saya memperkenalkan beberapa antirealis terkenal dalam sejarah dan filsafat ilmu.

b. Perkembangan Realis dan Anti-realis

Nicolaus Copernicus (1473-1543) mengemukakan sistem heliosentris, banyak pemikir menolak hipotesisnya bahwa bumi bergerak mengelilingi matahari. Mereka mengakui, bagaimanapun, bahwa Teori Copernicus secara akurat memprediksi posisi planet. Jadi Andreas Osiander (1498-1552), salah satu pemikir itu, memperlakukan “lingkaran yang mewakili orbit bumi sebagai fiksi matematika, berguna untuk perhitungan saja” (Kuhn, 1957). Sejauh Osiander khawatir, sistem heliosentris hanyalah instrumen yang berguna untuk menghitung posisi planet, dan bumi diam di pusat alam semesta. Nama tradisional karena posisinya adalah instrumentalisme. Instrumentalisme adalah pandangan bahwa teori adalah instrumen untuk membuat prediksi, dan itu tidak dimaksudkan untuk mewakili yang tidak dapat diamati. Jadi, sebuah instrumentalis tidak percaya apa yang dikatakan teori tentang yang tidak dapat diamati, meskipun dia percaya apa yang dikatakan tentang yang dapat diamati.

Pierre Duhem (1861-1916), seorang fisikawan, matematikawan, sejarawan, dan filsuf ilmu pengetahuan, mengklaim bahwa teori fisika adalah instrumen untuk mengatur pemikiran tentang yang dapat diamati. Secara khusus, dia mengatakan bahwa teori fisika "adalah sistem" proposisi matematika, disimpulkan dari sejumlah kecil prinsip, yang bertujuan untuk mewakili sesederhana, selengkap, dan setepat mungkin seperangkat hukum eksperimental". (Duhem, 1914/1982). Perhatikan bahwa menurut Duhem, teori fisika bertujuan untuk mewakili hukum eksperimental. Mengingat bahwa hukum eksperimental ditulis dalam istilah observasional, Pendapat Duhem menyiratkan bahwa teori fisik tidak dimaksudkan untuk menggambarkan hal-hal yang tidak dapat diamati.

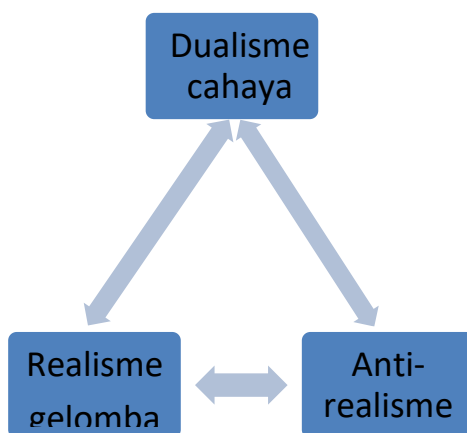
Niels Bohr (1885-1962), salah satu pendiri mekanika kuantum, mengklaim bahwa "tugas sains adalah memperluas jangkauan pengalaman kita dan menguranginya untuk memesan" (Bohr, 1934). Menurut pendapat Bohr, bukanlah tugas sains untuk mendeskripsikan tidak dapat diamati. Tugasnya lebih untuk memperluas data dan mengaturnya menjadi satu kesatuan dan sistem kompak. Perhatikan bahwa ia mendefinisikan posisinya dalam hal tugas sains, bukan dalam istilah komitmennya terhadap apa yang dikatakan teori. Namun, kita dapat melihat bahwa posisinya tidak memungkinkan keyakinan tentang hal-hal yang tidak dapat diamati. Dia menolak untuk menerima klaim teoritis ilmu pengetahuan, dan bertekad untuk hanya menerima klaim observasional dari sains.

Percy Bridgman (1882-1961), seorang fisikawan pemenang Nobel, mengembangkan posisi yang disebut operasionalisme atau operasionalisme. Menurut operasionalisme, "yang kami maksud dengan konsep apa pun" tidak lebih dari satu set operasi" (Bridgman, 1927) Perhatikan bahwa definendum mengandung istilah teoretis 'besi hidrogen' yang mengacu pada unobservables, sedangkan definisi hanya berisi istilah observasional.

Kyle Stanford (1970-Sekarang), seorang filsuf sains antirealis terkemuka baru-baru ini, mengklaim bahwa "kita mungkin menggunakan teori kita untuk prediksi, intervensi, dan pragmatis lainnya" tujuan tanpa mempercayai deskripsi teoritis yang mereka tawarkan tentang dunia alami" (Stanford, 2006).

Posisi para ilmuwan dan filosof sains terdahulu sedikit berbeda satu sama lain. Misalnya, Osiander akan mengatakan bahwa sebuah teori tidak benar atau salah, tetapi itu berguna atau tidak berguna, tergantung pada apakah itu memprediksi secara akurat peristiwa yang dapat diamati atau tidak. Sebaliknya, Bridgman akan mengatakan bahwa teori, kumpulan dari klaim observasional, benar atau salah, tergantung pada apakah itu sesuai dengan yang dapat diamati atau bukan. Perbedaan halus seperti itu di antara para pemikir antirealis yang disebutkan di atas, bagaimanapun, tidak satupun dari mereka percaya bahwa teori yang sukses itu benar, dan karenanya semuanya pantas disebut 'antirealis.' Lebih penting lagi, mereka semua tunduk pada kritik.

c. *Realis Vs Anti-Realis Dualisme Cahaya*



Gambar 1. Bagan dua pandangan pada dualisme cahaya

Tahapan epistemologis dalam membangun pengetahuan dualisme ringan didasarkan pada dua jalur, yaitu berpikir deduktif dan berpikir induktif. Pemikiran deduktif membawa rasionalitas pada pengetahuan ilmiah dan konsisten dengan pengetahuan yang diperoleh sebelumnya. Secara sistematis dan kumulatif, pengetahuan ini disintesis secara bertahap dengan mensintesis argumentasi tentang sesuatu yang baru berdasarkan pengetahuan yang ada. Tanpa henti dan konsisten, ilmu pengetahuan berusaha memberikan penjelasan yang rasional terhadap objek kajiannya (Saputra & Budiarto, 2022).

Epistemologi atau Teori Pengetahuan adalah cabang filsafat yang bersangkutan dengan sifat dan ruang lingkup pengetahuan, kontrolnya, latar belakang dan maknanya menghubungkan pengetahuan yang diyakini manusia purba sebagai kekuatan pengakuannya, dia bisa mendekati kenyataan apa adanya (Haris, 2022). Epistemologi juga dapat diartikan sebagai cabang filsafat yang mempelajari asal-usul atau asal-usul, struktur, metode, dan nilai-nilai pengetahuan. Masalah epistemologi dualistik cahaya adalah: Apakah fisika modern mengakhiri fisika klasik? Bagaimana cahaya merupakan gelombang? Bagaimana dengan cahaya sebagai partikel? Bagaimana dengan dualisme cahaya?

d. Cahaya sebagai gelombang

Pandangan cahaya sebagai gelombang mendukung antirealis dalam mempertahankan paham antirealisnya. Bahwa cahaya adalah hal tampak yang dapat diobservasi. Dimulai dari cahaya tampak monokrom, hingga ditemukan polikromatik. Penemuan monokromatik diterima oleh antirealis ketika proses dispersi adalah peristiwa penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi cahaya-cahaya monokromatik pada prisma lewat pembiasan atau pembelokan. Hal ini membuktikan bahwa cahaya putih terdiri dari harmonisasi berbagai cahaya warna dengan berbeda-beda panjang gelombang. Cahaya tampak dengan berbagai jenis ini sangat mendukung dengan paham anti realis. Namun, cahaya sebagai gelombang anti-realis hanya dengan konsep itu, didukung dengan paham realis cahaya sebagai gelombang. Selama dua ratus tahun, teori Newton tentang sifat partikel cahaya diterima secara luas, sehingga bertentangan dengan teori bahwa cahaya adalah gelombang yang dikemukakan oleh fisikawan Belanda Huygens. Belakangan, teori cahaya sebagai partikel dibantah oleh A.J. Fresnel dari Prancis, yang teori gelombang cahayanya dikonfirmasi oleh eksperimen J.B. L.Foucault. Newton meramalkan bahwa cahaya, yang bergerak dengan kecepatan 186.000 mil per detik (± 300.000 km/detik) dalam ruang hampa, akan bergerak lebih cepat di dalam air.

Pendukung teori gelombang cahaya meramalkan bahwa kecepatannya akan lebih rendah, dan eksperimen telah membuktikan kebenarannya. Terobosan besar dalam teori gelombang dicapai oleh ilmuwan terkemuka Skotlandia James Clerk Maxwell pada paruh kedua abad ke-19. Maxwell dibangun di atas karya eksperimental Michael Faraday, yang menemukan fenomena induksi elektromagnetik, dan mempelajari sifat-sifat magnet, dengan kutub utara dan selatannya, dalam kaitannya dengan gaya tak terlihat yang meluas melalui daratan dari satu ujung ke ujung lainnya. Maxwell memberi temuan eksperimental ini bentuk universal dengan menerjemahkannya ke dalam persamaan matematika. Karya ini mengarah pada penemuan medan, yang kemudian menjadi dasar teori relativitas umum Einstein. Satu generasi berdiri di atas bahu generasi sebelumnya, menyangkal dirinya sendiri dan memelihara penemuan generasi sebelumnya, terus-menerus memperdalamnya dan memberi mereka bentuk dan sifat yang lebih umum. Tujuh tahun setelah kematian Maxwell, Hertz pertama kali menemukan gelombang elektromagnetik yang diprediksi oleh Maxwell. Teori partikel, yang berkuasa sejak Newton, tampaknya telah dihancurkan oleh elektromagnetisme Maxwell. Sekali lagi, para ilmuwan percaya bahwa mereka memiliki teori yang dapat menjelaskan segalanya. Hanya ada beberapa masalah yang tersisa untuk dipecahkan dan kita akan segera mengetahui segala sesuatu yang perlu diketahui tentang alam semesta.

e. Cahaya sebagai partikel

Cahaya sebagai partikel hanya berlaku untuk kaum realis dan ditentang oleh antirealis. Ini menyangkut pandangan makroskopik mekanika klasik yang disempurnakan oleh mekanika modern (kuantum). Penglihatan antirealitas tidak dapat menyentuh bidang mikropartikel bercahaya. Semua orang tahu apa itu gelombang. Ini adalah hal umum yang berhubungan dengan air. Sama seperti gelombang yang dapat dihasilkan oleh seekor bebek yang bergerak melintasi permukaan kolam, sebuah partikel, seperti elektron, dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik saat bergerak melalui ruang angkasa. Gerakan beresilasi elektron mengganggu medan listrik dan magnet, menyebabkan gelombang terus merambat, seperti riak di kolam. Tentu saja, analogi ini hanya mendekati. Ada perbedaan mendasar antara gelombang air dan

gelombang elektromagnetik. Gelombang terakhir ini tidak membutuhkan medium yang terus menerus dalam jalurnya, seperti air. Pulsa elektromagnetik adalah gangguan siklik yang merambat melalui struktur listrik materi. Namun, perbandingan ini dapat memberikan penjelasan yang lebih jelas (Moore, 2003).

Hanya karena kita tidak dapat melihat gelombang ini bukan berarti kita tidak dapat mendeteksinya, bahkan dalam kehidupan sehari-hari. Kami memiliki pengalaman langsung merasakan gelombang cahaya dan gelombang radio, bahkan sinar X. Satu-satunya perbedaan di antara mereka adalah frekuensinya. Kita tahu bahwa gelombang dalam air akan menyebabkan suatu benda naik dan turun, cepat atau lambat, tergantung kekuatan gelombang itu sendiri - riak yang disebabkan oleh bebek tentu jauh lebih lemah daripada riak yang disebabkan oleh perahu motor. Demikian pula, getaran elektron akan sebanding dengan intensitas gelombang cahaya.

Persamaan Maxwell, didukung oleh Hertz dan lainnya, memberikan bukti kuat untuk mendukung teori bahwa cahaya adalah gelombang, yang memiliki sifat elektromagnetik. Namun, pada pergantian abad, bukti menunjukkan bahwa teori ini pun salah. Pada tahun 1900, Max Planck menunjukkan bahwa teori gelombang klasik membuat prediksi yang tidak dapat dibuktikan dalam praktek. Dia mengusulkan bahwa cahaya datang dalam bentuk partikel diskrit atau "paket" (kuantum). Situasinya semakin diperumit oleh fakta bahwa percobaan lain menunjukkan sebaliknya. Seseorang dapat menunjukkan bahwa sebuah elektron adalah sebuah partikel dengan membenturkannya ke layar neon dan mengamati cahaya yang dipancarkan oleh tumbukan; atau dengan mengamati jalur elektron di kamar gas; atau melalui titik-titik kecil yang muncul pada gambar yang dicuci. Di sisi lain, jika dua lubang dipotong pada layar dan elektron melewati satu sumber, mereka akan membentuk pinggiran interferensi, menunjukkan bahwa elektron memiliki sifat gelombang.

Hasil yang paling aneh diperoleh dalam percobaan celah ganda yang terkenal, di mana satu elektron diproyeksikan melalui layar yang berisi dua celah dan gambar di belakangnya. Celah manakah yang akan dilalui elektron tunggal? Pola interferensi yang terbentuk pada pelat di belakang celah jelas merupakan pola interferensi yang hanya dapat terbentuk oleh dua celah. Hal ini membuktikan bahwa elektron melewati kedua celah pada saat yang sama, sehingga dimungkinkan untuk membentuk sistem pinggiran interferensi. Tentu saja, ini bertentangan dengan akal sehat, tetapi pengalaman ini benar adanya. Sebuah elektron bertindak seperti partikel dan gelombang. Dia berada di dua (atau lebih) tempat pada waktu yang sama dan dalam beberapa keadaan gerak pada waktu yang sama.

f. Cahaya Sebagai Gelombang Dan Sebagai Partikel (Dualisme Cahaya)

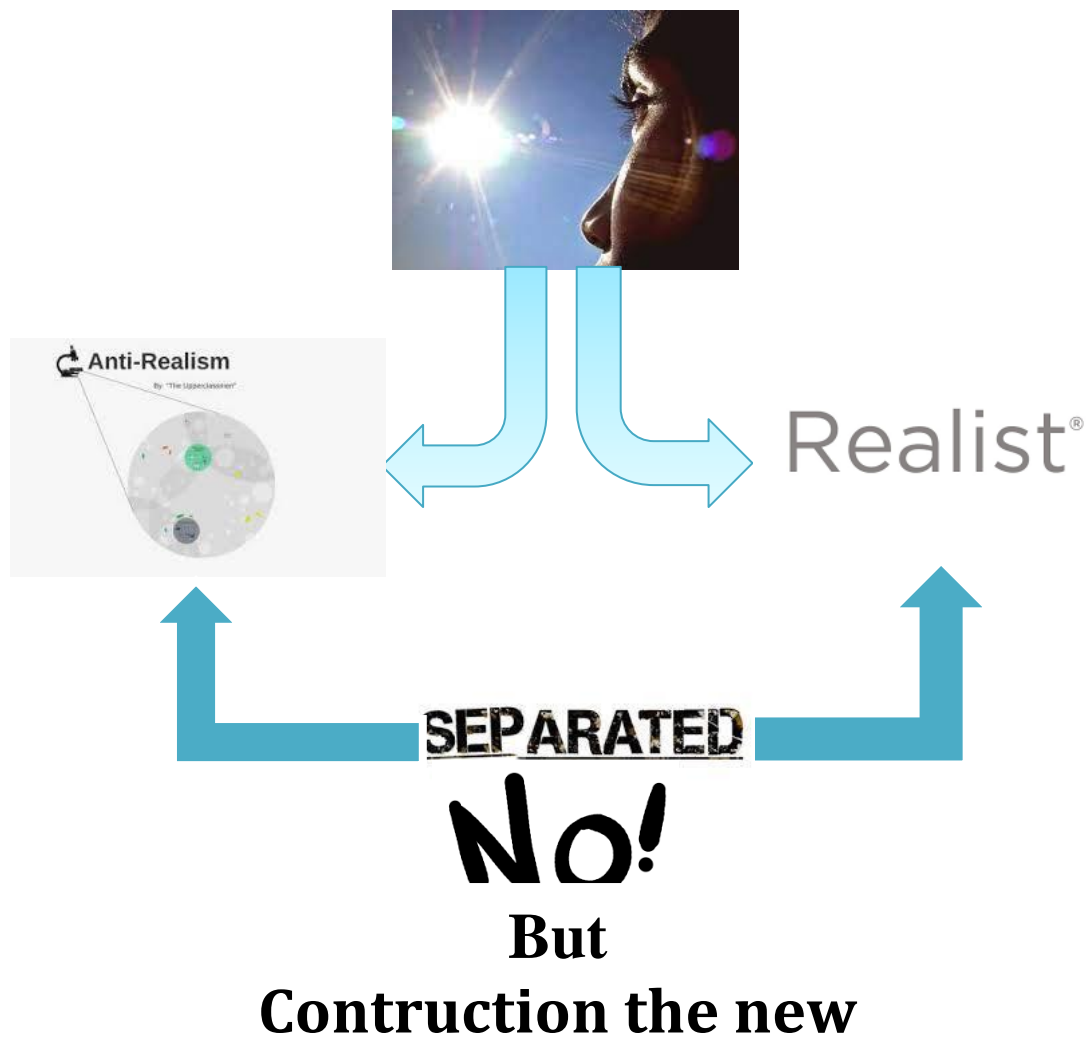
Spektrum elektromagnetik menggambarkan cahaya sebagai gelombang dengan panjang gelombang tertentu. Penjelasan bahwa cahaya memiliki sifat gelombang pertama kali diajukan pada awal 1800-an ketika percobaan Thomas Young, François Arago dan Augustin Jean Fresnel mendemonstrasikan efek interferensi untuk sinar cahaya, yang menunjukkan bahwa Cahaya terdiri dari gelombang. Pada akhir tahun 1860-an, cahaya dianggap sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik. Namun, pada akhir 1800-an, masalah mulai muncul dengan gagasan bahwa cahaya terdiri dari gelombang ketika beberapa eksperimen yang mengukur spektrum gelombang dari benda yang dipanaskan tidak dapat dijelaskan dengan persamaan bahwa cahaya dianggap sebagai gelombang. Masalah ini dipecahkan oleh karya Planck pada tahun 1900 dan Einstein pada tahun 1905. Planck mengusulkan bahwa seluruh energi cahaya terdiri dari partikel energi yang tak terpisahkan, atau dengan kata lain kuantum energi. Saat mempelajari efek fotolistrik (pelepasan elektron dari logam dan semikonduktor tertentu saat terkena cahaya), Einstein menentukan nilai elemen energetik kuantum ini. Untuk pekerjaan mereka di bidang ini, Planck dan Einstein masing-masing memenangkan Hadiah Nobel dalam Fisika pada tahun 1918 dan 1921, dan berdasarkan studi ini, cahaya dapat dianggap terdiri dari partikel energi yang disebut partikel, adalah foton. Saat ini, mekanika kuantum menjelaskan sifat gelombang cahaya dan sifat partikel cahaya. Dalam mekanika kuantum, sebuah foton, seperti partikel mekanika kuantum lainnya seperti elektron, proton, dll., paling baik direpresentasikan sebagai "gelombang paket".

Paket gelombang didefinisikan sebagai kumpulan gelombang yang berinteraksi sedemikian rupa, sehingga paket gelombang tampak berada di ruang angkasa (mirip dengan gelombang persegi yang merupakan hasil dari jumlah gelombang sinus yang tak terbatas), atau tampak adil ombak. Jika paket gelombang diposisikan di ruang angkasa, itu akan berperilaku seperti sebuah partikel. Oleh karena itu, bergantung pada situasinya, foton dapat muncul

sebagai gelombang atau sebagai partikel. Konsep ini disebut "dualitas gelombang-partikel". (Moore. 2003)

g. Konstruksi pengetahuan dualisme cahaya berdasarkan epistemology Pandangan realisme versus anti-realisme tentang dualisme cahaya

Konstruksi pengetahuan dualisme cahaya berdasarkan epistemology Pandangan realisme versus anti-realisme tentang dualismee cahaya dapat diilustrasikan dari gambar berikut:



Gambar 2. Ilustrasi Epistemology Konsep dari Pandangan Realisme Versus Anti-Realisme

Seperti yang diterangkan sebelumnya, realisme memercayai pandangan secara ilmiah atau sains berdasarkan empiris, sedangkan anti-realisme memandang kejadian atau fenomena berdasarkan hasil empiris yang terlihat oleh mata. Secara filosofis, cara pandang keduanya tidak untuk saling menjatuhkan mana yang benar dan mana yang salah. Pandangan antirealisme harus khususnya pada bidang tertentu contohnya kasus dualismee cahaya dijadikan pondasi untuk perkembangan sains menurut sudut pandang realisme. Firman (2012) di dalam bukunya menyebutkan penelitian atau fenomena membentuk fakta-fakta baru dan teori yang menjebatannya. seperti pada teori dualisme cahaya ini, dalam mengonstruksi pengetahuan tentang dualisme cahaya, dimulai dari pengetahuan dasar (salah satunya pandangan antirealisme) secara makroskopik atau fisika klasik. Di mana cahaya berbentuk material tampak yang dihasilkan dari berbagai sumber cahaya baik secara alami (matahari) maupun buatan (lampu, dll). Dasar pengetahuan bahwa material tampak yang dibentuk berupa cahaya, terjadi fenomena *observable*, yaitu dispersi cahaya ketika mengalami pembiasan oleh prisma, ternyata

cahaya tampak berupa cahaya polikromatik yang dibentuk dari cahaya monokromatik. Ketika cahaya dipandang begitu dari segi antirealis, maka kita bisa memulai untuk membuat hipotesis-hipotesis yang merupakan cikal bakal teori dari pandangan realisme. *The power of theory* berlaku di sini, teori dari pandangan antirealisme menjadi pondasi untuk mengonstruksi pengetahuan secara epistemologi cahaya itu dipandang sebagai gelombang, seperti bak layaknya air yang mengalir ketika dibelokkan maka akan membentuk gelombang belok. Realis seperti Huygens, Maxwell, young, herz mengembangkan pandangan antirealisme ini dalam bentuk teori baru yang mendukung pandangan realis bahwa cahaya adalah gelombang. Ini terlihat bahwa cahaya bisa dipantulkan, dibelokkan dan dibiaskan.

Tidak cukup di sana, realis dengan pandangan realismenya, mengemukakan bahwa cahaya tidak gelombang, karena sesuatu yang bisa dipantulkan, dibelokkan, dan dibiaskan maka cahaya adalah dipandang sebagai entitas materi. Ada masalah dengan gagasan bahwa cahaya terdiri dari gelombang ketika eksperimen yang mengukur spektrum gelombang dari benda yang dipanaskan tidak dapat dijelaskan dengan persamaan yang menganggap cahaya adalah gelombang. Salah satu fenomena dari percobaan fotolistrik dan foto elektron, menguatkan pandangan bahwa cahaya yang diberikan ke plat yang berelektron akan menumbuk elektron untuk lepas dari plat dan memberikan energy sejumlah tertentu. Artinya sesuatu yang bertabrakan akan memiliki sebuah entitas massa dan energi dan itu adalah salah satu sifat dari partikel. Masalah ini terpecahkan melalui penelitian Planck dan Einstein. Planck mengusulkan bahwa seluruh energi cahaya terdiri dari partikel energi yang tak terpisahkan, atau dengan kata lain kuantum energi. Dengan mempelajari efek fotolistrik (pelepasan elektron dari logam dan semikonduktor tertentu saat terkena cahaya), Einstein dapat menentukan nilai energi kuantum dari unsur-unsur ini dan mendasarinya. Dalam studi ini, cahaya dapat dianggap tersusun dari partikel energik. disebut foton.

Setelah itu, berarti pandangan antirealis cahaya adalah gelombang (yang tampak) terbantahkan oleh teori bahwa cahaya adalah partikel. Secara epistemologi, tidak dengan dibuktikan dari percobaan fotoelektrik Einstein dan hamburan Compton mendapatkan bahwa jangan buru buru membantah teori (antirealis), karena ternyata cahaya yang ditembakkan pada kasus tersebut mengalami kekurangan energi elektron, sehingga membentuk pola gelombang, berarti cahaya juga termasuk gelombang itu benar juga, dan dualisme cahaya terjadi. Dari sini secara filosofis bahwa pandangan antirealis bukan serta merta salah atau gugur ketika ditemukan pandangan baru, artinya fakta-fakta yang terbentuk dijemahani oleh teori berlaku disini, yaitu dalam mengonstruksi sebuah pengetahuan bisa dipandang dari dua pandangan antirealisme dan realisme. Epistemologi dualisme cahaya ini terlihat dari hakikat keilmuan atau teori dalam mengonstruksi teori baru, dan itu selayaknya terjadi hingga sekarang, karena pandangan realisme dan antirealisme masih berlaku hingga saat ini, tinggal bagaimana cara kita mengonstruksi bukan mereduksi dari pandangan ke pandangan berikutnya untuk membentuk pengetahuan baru. Hal ini sesuai dengan pembentukan pengetahuan baru menurut Purwati, A. et al. 2023, khususnya dalam membentuk atau membangun pengetahuan baru melalui membaca literatur kritis, serta membangun pada kondisi terkini. Untuk dapat diterima di masyarakat, teori baru ini harus diuji validitasnya. Alhasil, melalui kajian ontologis, aksiomatik, dan epistemologis terhadap beberapa teori yang digunakan untuk menjawab permasalahan tersebut, lahirlah teori baru yang bersifat transdisipliner. Kajian ontologis, aksiomatik, dan epistemologis dilakukan agar teori yang dihasilkan dapat dibuktikan secara ilmiah, kebenarannya tidak diragukan dan dapat diterima secara sosial.

4. Simpulan

Pada artikel ini, terbantahkan jika pandangan pandangan berdiri sendiri tanpa adanya keterkaitan, artinya saling bertentangan. Dari perbedaan itu, maka bisa mengonstruksi pengetahuan baru yaitu, ternyata pandangan setelah pandangan realisme tentang dualisme cahaya dan timbulnya pandangan antirealisme bukan berarti saling menggugurkan atau mengonstruksi, namun seyogyanya bisa menjadi dasar satu sama lainnya, khususnya pada materi dualismee cahaya. Pandangan-pandangan itu seyogyanya lumrah terjadi, karena pada dasarnya manusia adalah makhluk yang ingin tahu. Hasil pemikiran berkembang luas sesuai dengan bukti-bukti, fenomena-fenomena dari apa yang dialami manusia. Pandangan tersebut yang sampai saat ini masih berlaku adalah pandangan realisme dan antirealisme. Dalam artikel ini terlihat bahwa dalam mengonstruksi ilmu pengetahuan baru, pandangan antirealisme tidak serta merta gugur dan menghasilkan pandangan baru realisme. Terlihat pada dualisme cahaya, dalam mengonstruksi ilmu pengetahuan, pandangan antirealis dengan teorinya (fisika klasik)

tidak serta merta salah dan gugur ketika ada teori baru dari pandangan realisme (fisika modern). bahkan dari kasus ini, secara filosofis teori yang terbentuk dari pandangan atau fakta-fakta hasil empiris membentuk fakta baru dan teori berlaku the power of theory sebagai jembatan. Saran peneliti, artikel ini fokus pada satu teori fisika dualisme cahaya, masih banyak lagi contoh-contoh teori dari multidisiplin ilmu untuk menjelaskan bagaimana kita mengonstruksi pengetahuan baru dengan menggunakan pandangan realisme versus anti-realisme.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Harry Firman dan Prof. Dr. Nahadi atas bimbingan dan ilmu pengetahuan baru selama perkuliahan Filsafat Ilmu di Program Studi Pendidikan IPA S3 Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), sehingga salah satunya terbentuk cara pandang baru dalam menyikapi fenomena baru dilihat dari berbagai sisi. Dan juga kepada pimpinan Universitas Pasir Pengaraian yang telah mendukung dalam menempuh jenjang S3.

6. Daftar Pustaka

- Einstein. (1905). *Generation and Transformation of Light. Annalen der Physik*, 17.
- Bohr, N. (1934). *Atomic Physics and the Description of Nature*. Cambridge University Press.
- Bridgman, P. (1927). *The Logic of Modern Physics*. The Macmillan Company.
- Chan, T. (2010). Moore's Paradox is Not Just Another Pragmatic Paradox. *Synthese*, 173 (3): 211-229.
- Duhem, P. (1914/1982). *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton University Press.
- Firman, H. (2019). *Pengantar Filsafat Ilmu Pengetahuan Alam*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Haris, A. (2022). *Filsafat Ilmu*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Knox, E., & Wilson, A. (Eds.). (2022). *The Routledge Companion to Philosophy of Physics*. Routledge.
- Kuhn, Thomas S. (1957). *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Harvard University Press.
- Laudan, Larry (1977). *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. University of California Press.
- M. Planck, "Distribution of energy in the normal spectrum", *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, vol. 2, pp. 237-245, 1900.
- Moore, T. A. (2003). *Six Ideas That Shaped Physics Unit E.R.Q*. MC Graw-Hill.
- Paré, G., & Kitsiou, S. (2017). *Methods for Literature Reviews. In Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-based Approach*. University of Victoria.
- Park, S. (2016). Scientific Realism and Antirealism in Science Education Coactivity: Philosophy. *Communication*, 24 (1): 72-81.
- Purwati, A. dkk. 2023. Pentingnya Kajian Futuristik: Pengujian Rekonstruksi Teori Baru Menuju Transdisipliner. Bali. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 6(1).
- R. P. Feynman. (1985). *QED: The Strange Theory of Light and Matter*.
- Saputra, M. R. A., & Budianto, H. (2022). *Teori dan Praktik Menyusun Karya Ilmiah: Bahan Ajar MA Riset*. Nizamia Learning Center.
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.
- Stanford, P. K. (2006). *Exceeding Our Grasp: Science, History, and the Problem of Unconceived Alternatives*. Oxford University Press.
- 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.