

Alam Semesta Menurut Stephen Hawking dalam Buku *A Brief History of Time*

Ai Mega Maulida Rahayu*, Rachmad Resmiyanto, dan Joko Purwanto

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Klujaga, Jl. Marsda Adisucipto, Yogyakarta, 55281, Indonesia.

*Email: maulidapamungkas14@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan alam semesta menurut Hawking dan mendeskripsikan bagaimana relevansinya terhadap fisika, filsafat, dan pendidikan sekolah menengah berdasarkan buku *A Brief History of Time*. Penelitian ini merupakan penelitian kajian pustaka dengan model penelitian analisis isi dan metode penelitian dokumentatif dengan sumber primer buku *A Brief History of Time*. Temuan penelitian ini berupa gagasan tentang waktu dalam fisika menurut beberapa ilmuwan dari waktu ke waktu dan hasil penelitian Hawking sejak menjadi seorang peneliti hingga terbitnya buku ini. Hasil penelitian yang telah dikembangkan berupa deskripsi gagasan alam semesta Hawking klasik menyatakan bahwa alam semesta berawal dari singularitas dentuman besar kemudian berakhir dengan singularitas lubang hitam dan deskripsi gagasan alam semesta modern menyatakan bahwa alam semesta tidak terbatas dalam ruang dan tidak ada singularitas di alam semesta. Selain itu, hasil penelitian ini berupa deskripsi bagaimana relevansi gagasan alam semesta Hawking terhadap fisika, filsafat, dan pendidikan sekolah menengah.

Kata Kunci: alam semesta, Stephen Hawking, *A Brief History of Time*.

1. Pendahuluan

Banyak filsuf, teolog, dan ahli fisika mencoba untuk menguak rahasia alam semesta, namun alam semesta selalu menjadi sebuah misteri yang agung. Beberapa filsuf dan fisikawan yang mencoba mempresentasikan alam semesta seperti Empedocles, Aristoteles, Ptolemeus, Copernicus, Galileo, Kepler, Newton, Einstein, Friedmann, dan yang paling baru adalah Hawking [1]. Medan jelajah Hawking adalah fisika teoritis [1], yakni sebuah studi yang berupaya untuk mencari “*self-consistency*” yang rasional dan lebih menitikberatkan usaha pada pengembangan (teoritis) dari pada pembuktian melalui eksperimen [1]. Hawking merupakan pemain utama dari sederetan ilmuwan pada akhir abad ke-20 dan pada awal abad ke-21 yang berusaha memahami semesta secara terpadu [1]. Karena pemikirannya tersebut, Sagan dalam pengantar buku *A Brief History of Time* mensejajarkan Hawking dengan Newton yang merupakan penjelajah jagat paling besar dan Dirac yang merupakan penjelajah jagat paling kecil. Hal ini juga disebabkan, Hawking merupakan guru besar matematika di Cambridge yang pernah dijabat oleh Newton dan Dirac. Hawking mengeluarkan karya yang paling fenomenal, yaitu *A Brief History of Time* yang merupakan buku sains populer yang pertama kali diterbitkan oleh Bantam Dell Publishing Group pada tahun 1988. Buku ini merupakan buku sains paling populer. Hingga saat ini belum ada buku sains yang mengalahkan rekor penjualannya hingga mencapai 20 juta kopi dan tercantum dalam daftar penjualan terbaik versi majalah The New York Times selama 147 minggu dan dalam majalah The Sunday Times selama 237 minggu [2].

Ketertarikan peneliti mengkaji buku *A Brief History of Time* dikarenakan misteriusnya buku sains populer karya Hawking sehingga menjadi buku sains populer terlaris dan banyak mendapatkan sanjungan karena dapat mendeskripsikan teori-teori matematis fisika yang sangat rumit ke dalam bahasa verbal [3]. Selain itu, buku *A Brief History of Time* berisi setiap kemungkinan sejarah dari teori alam semesta dan semua sejarah tersebut memungkinkan merupakan sejarah yang benar untuk alam semesta (semua hal yang mungkin berarti benar). Hawking juga berpendapat bahwa orang-orang membeli buku karena tertarik dengan kisah Hawking yang menjadi seorang fisikawan teoritis meskipun Hawking menderita kecacatan dan membutuhkan pertolongan orang lain [2]. Buku tersebut untuk pertama kalinya mengenalkan tentang konsep “waktu imajiner” kepada publik, sehingga sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Berdasarkan rekor penjualan buku dan pujian-pujian terhadap buku *A Brief History of Time*, belum ada satupun penelitian yang merujuk khusus untuk mendeskripsikan gagasan alam semesta Hawking di dalam buku *A Brief History of Time*. Selain itu, gagasan alam semesta Hawking dibaca oleh banyak sekali orang di dunia (1 orang berbanding 750 dari seluruh penduduk Bumi pada tahun 1991) [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan gagasan alam semesta menurut Hawking sesuai dengan buku *A Brief History of Time* dan mendeskripsikan relevansi gagasan alam semesta menurut Hawking terhadap ilmu pengetahuan, filsafat, dan jenjang sekolah menengah berdasarkan buku *A Brief History of Time*.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan jenis penelitian kepustakaan (*library research*). Data yang diperlukan dalam penelitian ini merupakan data kualitatif yang bersifat tekstual dan kontekstual. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan historis analisis. Adapun teknik pengumpulan data menggunakan metode dokumentatif. Sumber data yang diperlukan meliputi sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer yang digunakan yaitu buku karya Hawking yang berjudul *A Brief History of Time: From Bigbang to Black Holes* edisi pertama yang terbit pada tahun 1988. Sedangkan, sumber data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa karya Hawking yang lain yaitu buku *The Nature Space and Time* dan film dokumenter *Before Big Bang 5: The No Boundary Proposal*. Selain itu, untuk mengenal Hawking lebih jauh, peneliti merujuk kepada biografi Hawking yang berjudul *A Life in Science: Stephen Hawking* dan *My Brief History* yang dipandang ada relevansinya dengan bahan penelitian. Pendeskripsian ini menggunakan metode deduktif maupun induktif. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan teknik analisis isi (*content analysis*) [4]. Sifat penyusunan dalam penelitian ini adalah deskriptif analisis. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- (1) Memilih tema penelitian yaitu gagasan alam semesta menurut Hawking.
- (2) Seluruh buku, artikel, jurnal, kertas kerja, dan dokumen yang telah disebutkan pada sumber data di atas dikumpulkan untuk dianalisis.
- (3) Kajian bermula dengan memberikan pemetaan yang tepat terhadap gagasan Hawking yang tertuang dalam buku *A Brief History of Time*. Pada tahap ini, peneliti menuliskan nama gagasan atau teori dan ilmuwan dalam sumber primer, kemudian dipilah gagasan murni menurut Hawking, setelah itu peneliti membuat peta pikiran sumber gagasan tersebut hingga menjadi suatu gagasan yang utuh.
- (4) Setelah mengenal pasti konsep atau gagasan alam semesta menurut Hawking, kemudian peneliti menganalisis secara kritis terhadap alam semesta menurut Hawking dengan pandangan dari segi keilmuan menggunakan pendekatan historis analisis.
- (5) Mendeskripsikan hasil analisis sesuai dengan sifat penyusunan penelitian ini.

- (6) Membuat penegasan posisi gagasan alam semesta menurut Hawking dengan cara menunjukan gagasan alam semesta ilmuwan lain.
- (7) Menarik kesimpulan berdasarkan hasil identifikasi dan analisis secara keseluruhan dari penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Pandangan Keilmuan Hawking*

Pandangan keilmuan Hawking dapat ditemukan pada bab 1 dari buku *A Brief History of Time* bahwa “teori hanya ada dalam pikiran kita”, potongan kalimat ini menyiratkan bahwa teori itu tidak ada dalam kenyataannya. Dengan kata lain, semua teori yang eksis sekarang hanyalah hipotesis. Hawking menjelaskannya menggunakan falsifikasi Popper yang menyatakan bahwa teori itu tidak dapat dibuktikan, meskipun teori tersebut cocok dengan pengujian beribu-ribu kali, hal tersebut tidak dapat membuktikan bahwa teori itu benar, tetapi hanya dengan satu kali salah maka teori itu runtuh. Tetapi dalam paragraf pernyataan Hawking di atas, terdapat sesuatu yang berlawanan yakni, “teori yang baik adalah teori yang bisa memprediksi bahwa teori itu sesuai dengan observasi” [1], hanya memprediksi bukan cocok dengan kenyataan. Keilmuan ini ditujukan untuk fisika eksperimen dimana konsep pola pikir fisika teoritis dan fisika eksperimen adalah sesuatu yang berlawanan.

Kemudian, Hawking berpendapat dalam bukunya bahwa dalam praktek apa yang sering terjadi adalah disusunnya suatu teori baru yang sebenarnya merupakan perpanjangan dari teori sebelumnya [1]. Hal ini menyiratkan bahwa setelah teori menemukan kesalahannya maka teori tersebut digantikan dengan teori yang lebih sempurna lagi sehingga terjadi perkembangan pengetahuan. Teori sebelumnya berada pada posisi bahwa teori tersebut tidak sepenuhnya salah, tetapi sebagai pengantar atau pintu gerbang terhadap teori yang baru ditemukan.

Menurut Hawking bahwa otak manusia juga berevolusi sama halnya seperti evolusi yang terjadi pada fisik manusia sesuai teori Darwin. Fisik manusia semakin lama semakin sempurna, sedangkan pemikiran manusia semakin lama semakin mendekati kebenaran. Hawking menegaskan bahwa satu-satunya jawaban yang dapat diberikan terhadap masalah ini didasarkan pada asas seleksi alami dari Darwin [1]. Darwinisme sesungguhnya bukanlah evolusi fisik berupa “semakin lama semakin sempurna”, melainkan “setiap saat selalu sempurna”. Apapun perubahan itu, dari waktu ke waktu selalu sempurna karena sesuai dengan adaptasi dengan lingkungannya pada saat itu. Jika darwinisme ini ditarik kedalam sebuah teori keilmuan, teori ini bukanlah falsifikasi Popper melainkan pergeseran paradigma Kuhn.

3.2. *Gagasan Alam Semesta Menurut Hawking*

3.2.1. Gagasan Alam Semesta Klasik

Hawking pada mulanya meneliti alam semesta dengan menggunakan teori relativitas klasik, penelitian ini dilakukan pada tahun 1965 sampai 1970. Penrose pada saat itu menemukan bahwa bintang mati akan menjadi lubang hitam dan memiliki singularitas, yang berarti bahwa semua teori fisika tidak berlaku di dalamnya. Singularitas adalah titik dalam ruang-waktu yang kelengkungan (kuvatur) ruang-waktu bernilai tidak terhingga besar. Penelitian Hawking berangkat dari teorema singularitas Penrose tahun 1965 dengan persamaan Raychaudhuri-Newman-Penrose

$$\frac{d\rho}{dv} = \rho^2 + \sigma^{ij}\sigma_{ij} + \frac{1}{n}R_{ab}l^a l^b \quad (1)$$

dimana $n = 2$ untuk geodesik null dan $n = 3$ untuk geodesik bak waktu.

Teorema singularitas Penrose menyatakan bahwa jika ruang-waktu mengandung *cauchy hypersurface* Σ non-kompak dan permukaan perangkap masa depan yang dekat, dan jika kondisi konvergensi pada null u^μ , ada masa depan geodesik null yang tidak

lengkap. Kemudian Hawking membalik panah waktu dari pekerjaan Penrose tersebut dan diterapkan pada alam semesta. Maksud dari membalik panah waktu adalah notasi R dari persamaan Penrose yang telah dituliskan di atas dioperasikan sedemikian rupa sehingga terdapat syarat-syarat waktu tertentu yang arah panah waktunya dapat diubah. Awalnya, arah panah waktu positif digunakan pada bintang mati atau masa depan bintang, kemudian digunakan pada awal mula alam semesta yang telah terjadi di masa lalu. Dengan kata lain, panah waktu yang pada mulanya menunjukkan masa depan dari sebuah benda masif di alam semesta, kemudian dioperasikan sehingga panah waktu menunjukkan masa lalu dari keseluruhan alam semesta (ruang-waktu). Hal tersebut Hawking singgung dalam *A Brief History of Time* pada halaman 39. Sehingga dihasilkan bahwa sebelum dentuman besar tidak ada ruang-waktu atau dengan kata lain waktu dan hukum-hukum fisika baru ada ketika dentuman besar.

Gagasan tersebut merupakan disertasi doktoral Hawking. Gagasan ini dapat diterima dengan baik oleh para fisikawan lain. Karena gagasan ini sesuai dengan apa yang mayoritas fisikawan gunakan dalam mendeskripsikan alam semesta.

“... suatu singularitas dentuman besar pasti ada di masa lalu, hanya asalkan relativitas umum itu benar dan asalkan jagat raya berisi materi sebanyak yang kita amati”.

Sejauh ini teori relativitas belum menemui kecacatan fatal karena belum ada materi atau gelombang yang kecepatannya melebihi kecepatan cahaya. Antara tahun 1965 dan 1970 Hawking dan Penrose menggunakan teori relativitas untuk mendeskripsikan pembuktian persamaan dari teorema singularitas. Teorema tersebut memiliki tiga macam kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi energi seperti lemah, kuat, dan kondisi energi umum. Kemudian, terdapat beberapa kondisi global pada struktur kausal serupa, bahwa hal tersebut menjadi kurva bak waktu tertutup. Terakhir, terdapat beberapa kondisi bahwa gravitasi sangat kuat di beberapa wilayah dan tidak memiliki jalan keluar bagi energi dan materi [5].

Lebih detailnya mengenai gagasan alam semesta klasik Hawking bersama Penrose [6] dirumuskan dalam teorema Hawking-Penrose yang menyatakan jika konvergensi dan kondisi umum berlaku untuk vektor kausal, tidak ada kurva waktu yang tertutup dan setidaknya ada salah satu dari berikut ini.

- (1) Sebuah *achronal* tertutup dengan *hypersurface* tertutup
- (2) Sebuah permukaan perangkap tertutup
- (3) Dengan sebuah kerucut cahaya rekonvergensi, kemudian ruang waktu memiliki ketidaklengkapan geodesik kausal.

Teorema singularitas memprediksi dua situasi. Satu berada di masa depan melalui keruntuhan gravitasi dari bintang dan benda masif lainnya dimana singularitas akan menjadi akhir dari waktu, nyaris tidak ada partikel yang bisa pindah dari keadaan geodesik tidak komplit ini. Situasi yang lain adalah dimana singularitas dapat memprediksi waktu di masa lalu pada awal mula dari alam semesta yang mengembang sekarang. Hal ini menyebabkan adanya upaya pengabaian terhadap argumen yang menyatakan bahwa adanya fase kontraksi sebelumnya dan sebuah pantulan tidak singular pada pemuaian. Pada akhirnya, mayoritas orang saat ini mempercayai bahwa alam semesta dan waktu itu sendiri memiliki awal yaitu pada saat dentuman besar [5]. Hal inilah yang nampaknya menjadi asal muasal dari pemberian judul buku *“A Brief History of Time: From Big Bang to Black Holes”*. Gagasan klasik Hawking dinamakan dengan *“Singularitas Dentuman Besar”*. Penemuan ini jauh lebih penting dibandingkan penemuan beberapa partikel tidak stabil tapi tidak ada bukti yang cukup baik sehingga tidak diberikan hadiah nobel untuk penemuan ini [5]. Dewasa ini diketahui ternyata ada kekeliruan dalam model alam semesta Hawking-Penrose, seperti yang dijelaskan pada artikel ilmiah *On the Invalidity of the Hawking-Penrose Singularity ‘Theorems’ and Acceleration of the Universe from Negative*

Cosmological Constant [7] sehingga ada perluasan gagasan dalam teorema singularitas pada dentuman besar. Namun, gagasan klasik Hawking-Penrose ini patut diacungi jempol karena merupakan teorema singularitas pertama untuk awal mula alam semesta yang memiliki persamaan matematika atau dengan kata lain Hawkinglah fisikawan yang pertama kali berpikir bahwa ruang-waktu memiliki awal.

3.2.2. Gagasan Alam Semesta Modern

Tahun 1975, Hawking mulai mengembangkan penelitiannya untuk mencari teori gravitasi kuantum. Teorema singularitas Hawking-Penrose yang dibahas pada gagasan alam semesta klasik sebenarnya menyatakan bahwa medan gravitasi menjadi begitu kuat sehingga efek gravitasi kuantum menjadi penting, hal inilah yang menyebabkan teori klasik tidak lagi merupakan pendeskripsian yang baik bagi alam semesta. Sehingga teori gravitasi kuantum diperlukan untuk membahas tahap-tahap sangat awal dari alam semesta. Namun, teori gravitasi kuantum belum ditemukan sehingga Hawking menggunakan beberapa segi atau wajah yang harus dimiliki teori gravitasi kuantum. Suatu segi dimana teori tersebut harus merangkul usulan Feynman untuk merumuskan teori kuantum dalam jumlah sejarah (*sum over histories*). Pendekatan ini menyatakan bahwa sebuah partikel tidak hanya mempunyai suatu sejarah tunggal seperti dalam teori klasik, melainkan diandaikan mengikuti semua lintasan yang mungkin dalam ruang-waktu dengan tiap sejarah ini dikaiti sepasang bilangan, satu menyatakan ukuran gelombang dan yang lain menyatakan posisi dalam daur (atau fase). Probabilitas bahwa partikel itu melewati suatu titik tertentu dicari dengan menjumlahkan gelombang yang dikaitkan pada tiap-tiap sejarah yang mungkin, yang melewati titik tersebut. Namun menurut Hawking, jika seseorang melakukan penjumlahan sejarah tersebut, maka ia akan menemukan kesulitan matematis yang sangat parah. Maka Hawking menawarkan alternatif lain yaitu dengan menggunakan waktu imajiner atau waktu khayal.

“ ... orang harus menjumlahkan gelombang untuk sejarah partikel yang tidak berada dalam waktu nyata melainkan terjadi dalam apa terjadi yang disebut waktu khayal ”

Hawking juga mengusulkan gagasan alam semesta modern karena sebelumnya teori inflasioner Guth yang disebutkan Hawking pada halaman 139 sampai 142 telah menemukan kesalahan dari *Hot Big Bang Model* yaitu,

- (1) Alam semesta mendekati homogen dan isotropik tetapi dengan sedikit sekali gangguan dan,
- (2) Alam semesta mengembang hampir mendekati titik kritis untuk menghindari keruntuhannya kembali.

Fungsi gelombang alam semesta yang disebutkan sebelumnya adalah

$$\Psi[h_{\mu\nu}, \phi] = \int_{NB} \delta g_{\mu\nu} \delta \phi e^{-I_c[h_{\mu\nu}, \phi]/\hbar} \quad (2)$$

dengan $h_{\mu\nu}$ merupakan amplitudo alam semesta yang sesuai dengan fungsi gelombang tanpa tapal batas oleh metrik Euklidean, sehingga mengakibatkan konfigurasi alam semesta yang berbeda pada waktu yang berbeda dan model alam semesta lain yang berbeda. Hawking mengerjakan penelitian ini bersama rekannya yang bernama Hartle. Fungsi gelombang tersebut, oleh Hartle dan Hawking dioperasikan menggunakan pendekatan semi-klasik dimana medan massa disesuaikan dengan teori medan kuantum pada kurva ruang-waktu. Pendekatan semi klasik yang dilakukan oleh Hawking berdasarkan pada jumlah sejarah feynman (*Feynman sum over histories*) yang berkonjungsi dengan *euklideanization* (rotasi Wick) [8] dari ruang-waktu Lorentzian yang setara dengan pengumpulan nilai dari penjumlahan sejarah tersebut. Hawking-Hartle menamakan gagasannya ini dengan “Hipotesis Tanpa Tapal Batas (*The No Boundary Proposal*)”.

Waktu yang digunakan adalah waktu imajiner dan tidak dapat dibedakan dari arah-arah ruang. Untuk menghitung probabilitas menemukan suatu ruang waktu nyata dengan sesuatu sifat tertentu, seperti misalnya sifat sama pada semua titik dan dalam semua arah, orang menjumlahkan gelombang-gelombang yang dikaitkan dengan semua sejarah yang mempunyai sifat tersebut.

Pilihan alami jumlah sejarah untuk gravitasi kuantum adalah

- (1) Metrik euklidean asimptotik
- (2) Metrik kompak tanpa batas

Hipotesis tanpa tapal batas dicetuskan oleh Hartle-Hawking pada tahun 1983 yang menyatakan bahwa integral lintasan untuk gravitasi kuantum seharusnya berlaku untuk semua metrik kompak Euklidean. Metrik euklidean dirumuskan sebagai

$$ds^2 = d\tau^2 + \frac{1}{H^2} \cosh H\tau \left(dr^2 + \sin^2 r (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \right) \quad (3)$$

Kurva euklidean memperlihatkan bentuk awal alam semesta merupakan koordinat setengah bola. Koordinat ini menunjukkan bahwa ruang-waktu pada awalnya tidaklah memiliki tapal batas, melainkan membentuk kurva ruang-waktu melengkung sehingga membentuk suatu kekontinuan bukanlah sebuah awal yang biasa disebut singularitas. Jika benar alam semesta pada awalnya tidak memiliki tapal batas, maka dapat dipastikan bahwa hukum dan teori fisika masih tetap berlaku. Sebenarnya, kondisi awal alam semesta ini memiliki 4 koordinat ruang dan nol koordinat waktu [9].

Jika ruang-waktu Euklid terulur balik ke waktu imajiner tidak terhingga atau kalau tidak beranjak pada suatu singularitas dalam waktu imajiner, peneliti menghadapi masalah yang sama seperti dalam teori klasik dalam menetapkan keadaan awal alam semesta. Teori gravitasi kuantum telah membuka suatu kemungkinan baru, yaitu tidak akan ada suatu tapal batas pada ruang waktu dan karenanya tidak akan perlu mengkhaskan tabiat pada tapal batas itu. Tidak akan ada singularitas pada titik singularitas itu, hukum-hukum sains runtuh, dan tidak ada pinggiran ruang waktu.

Hawking menjelaskan dalam *A Brief History of Time* halaman 150 sampai 151 bahwa setiap sejarah dalam jumlah sejarah Feynman tidak hanya akan menguraikan ruang-waktu tetapi segala-galanya di ruang-waktu itu juga. Pada usulan tanpa tapal batas, orang akan mengetahui bahwa peluang alam semesta dijumpai mengikuti kebanyakan sejarah yang mungkin dapat diabaikan, namun ada bagian-bagian tertentu dalam sejarah-sejarah yang jauh lebih mungkin daripada yang lain. Sejarah-sejarah ini dapat digambarkan seperti mirip permukaan bumi, dengan jarak dari kutub utara menyatakan waktu imajiner dan ukuran garis lintang menyatakan ukuran ruang dari alam semesta. Alam semesta beranjak dari kutub utara sebagai suatu titik tunggal. Ketika orang bergerak ke selatan, lingkaran lintang akan makin besar, yang berpadanan dengan pemuai alam semesta menurut imajiner. Alam semesta akan mencapai ukuran maksimum di khatulistiwa dan akan mengerut dengan bertambahnya waktu imajiner ke suatu titik tunggal pada kutub selatan. Meskipun alam semesta akan berukuran nol pada kutub utara dan kutub selatan, titik-titik ini bukanlah singularitas, tidak lebih singular daripada titik-titik kutub bumi yang sesungguhnya. Hukum-hukum sains akan berlaku pada titik-titik itu, tepat seperti kutub utara dan kutub selatan bumi.

Tetapi sejarah dalam waktu nyata akan sangat berbeda. Pada sekitar sepuluh atau dua puluh milyar tahun lalu, ukurannya minimum yang sama dengan jari-jari maksimum sejarah dalam waktu imajiner. Pada waktu nyata belakangan, alam semesta akan memuai seperti model inflasioner kacau balau yang diusulkan Linde. Model inflasioner kacau balau ini memberikan konsekuensi bahwa alam semesta memiliki dua kemungkinan, alam semesta tidak terbatas dalam ruang atau alam semesta tidak berhingga jumlahnya (*multiverse*). Alam semesta akan memuai ke suatu ukuran yang sangat besar dan pada akhirnya akan runtuh kembali ke dalam apa yang mirip suatu singularitas dalam waktu

nyata. Jadi, dalam suatu makna, semua manusia masih akan kena malapetaka, meskipun sudah menjauhi benda hitam. Hanya jika manusia dapat menggambarkan waktu imajiner singularitas tidak ada.

Jika benar-benar alam semesta berada dalam keadaan kuantum semacam itu, tidak akan ada singularitas dalam sejarah alam semesta dalam waktu imajiner. Oleh karena itu, mungkin kelihatannya karya Hawking akhir-akhir ini mementahkan kembali karya Hawking terdahulu mengenai singularitas. Dalam waktu nyata, alam semesta mempunyai awal dan akhir pada singularitas yang membentuk suatu tapal batas bagi ruang-waktu. Dan pada singularitas itu hukum-hukum sains runtuh dan tidak berlaku. Tetapi dalam waktu imajiner tidak ada singularitas maupun tapal batas.

Orang dapat juga menggunakan jumlah sejarah bersama-sama dengan hipotesis tanpa tapal batas, untuk menemukan sifat-sifat jagat alam semesta manakah yang agaknya terjadi atau berada bersama-sama. Dalam model-model sederhana yang sejauh ini sudah diteliti ternyata probabilitas ini tinggi, artinya kondisi tanpa tapal batas yang diusulkan itu mendorong ke ramalan bahwa sangatlah mungkin bahwa laju pemuai alam semesta sekarang ini hampir sama dalam segala arah. Ini konsisten dengan hasil pengamatan mengenai radiasi latar belakang gelombang mikro. Radiasi ini terbukti hampir eksak sama dalam setiap arah. Seandainya alam semesta memuai lebih cepat dalam beberapa arah tertentu dibandingkan dalam arah-arah lain, intensitas radiasi dalam arah itu akan berkurang oleh adanya geseran merah tambahan.

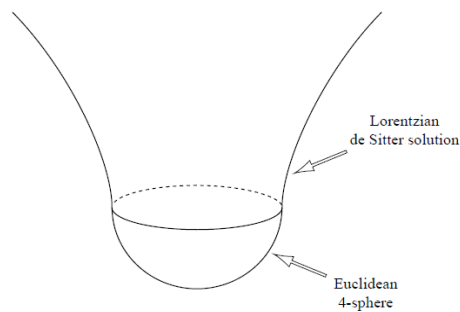
Ramalan lebih lanjut dari kondisi tanpa tapal batas telah disusun dewasa ini, namun Hawking beberapa kali skeptis akan teorinya. Asas ketidakpastian menyiratkan bahwa jagat raya dini sama sekali tidak dapat seragam, karena pasti terdapat ketidakpastian atau fluktuasi posisi dan kecepatan partikel. Dengan menggunakan kondisi tanpa tapal batas, ditemukan bahwa alam semesta memang harus beranjak hanya dengan ketidakseragaman yang semimum mungkin yang dizinkan oleh asas ketidakpastian. Kemudian alam semesta itu mengalami periode pemuai cepat seperti pada model-model inflasioner. Selama periode ini, ketidakseragaman awal akan diperkuat sampai cukup besar untuk menjelaskan asal usul struktur yang ada di sekitar kita. Dalam alam semesta yang memuai di dalamnya rapatan materi sedikit beraneka dari tempat ke tempat, gravitas akan menyebabkan kawasan yang lebih rapat melambatkan pemuaiannya dan mulai mengerut. Hal ini akan mendorong pembentukan galaksi, bintang, dan akhirnya manusia. Jadi, semua struktur rumit yang dapat disaksikan dalam alam semesta dapat dijelaskan oleh kondisi tanpa tapal batas untuk jagat raya bersama-sama dengan asas ketidakpastian dari mekanika kuantum.

Kemudian dengan adanya arah anak panah waktu kosmologis yang serupa dengan arah panah waktu termodinamika yang dibahas pada bab 9 pada *A Brief History of Time*, kurva alam semesta yang pada awalnya melengkung membentuk setengah bola dengan 4 koordinat ruang dan 0 koordinat waktu, kurva tersebut menjadi memanjang ke arah y , yaitu waktu. Pada koordinat tertentu, terdapat perubahan dimensi atau dimensi tambahan. Saat waktu telah berjalan, Hawking tidak mengoperasikan fungsi gelombang tersebut dengan Euklidean, melainkan menggunakan metrik *Lorentzian space-time* dimana terdiri atas 4 dimensi, yaitu 3 merupakan koordinat ruang dengan satu koordinat waktu. Sehingga diperoleh kurva alam semesta yang membentuk *shuttlecock*. Kurva ruang-waktu Lorentzian-De Sitter sebelum digabungkan dengan kurva ruang-waktu Euklidean. Persamaan metrik Lorentzian-De Sitter

$$ds^2 = -dt^2 + \frac{1}{H^2} \cosh Ht \left(dr^2 + \sin^2 r (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \right) \quad (4)$$

dan metrik De Sitter pada formasi statis

$$ds^2 = -(1 - H^2 r^2) dt^2 + (1 - H^2 r^2)^{-1} dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \quad (5)$$



Gambar 1. Kurva alam semesta.

Kurva alam semesta yang menyerupai *shuttlecock* tersebut, dapat menjawab inflasi alam semesta yang dibuktikan oleh ESA. Seperti yang Hawking duga, inflasi alam semesta sesuai dengan kurva Hartle-Hawking.

Gagasan alam semesta tersebut memiliki banyak probabilitas yang pada akhirnya memperoleh sistem alam semesta yang berbeda-beda. Bisa jadi, hal tersebut menunjukkan suatu probabilitas yang merupakan kondisi dari sistem alam semesta berbeda dengan alam semesta yang ditinggali oleh manusia saat ini [9]. Hipotesis Hawking dapat menjelaskan bagaimana alam semesta tidaklah tunduk terhadap simetri CPT (*Charge, Parity, and Time Reversal*). Simetri C (*charge*) berarti bahwa hukum-hukum itu berlaku sama untuk partikel dan anti partikel. Simetri P (*parity*) berarti bahwa hukum-hukum itu berlaku sama untuk setiap situasi dan bayangan cerminnya. Simetri T (*time reversal*) berarti bahwa jika arah gerakan partikel dan antipartikel dibalikkan, sistem harus kembali ke keadaan sebelumnya, dengan kata lain hukum-hukum berlaku sama untuk arah maju dan arah mundurnya waktu [1]. Hal ini menjawab kesalahan dari teori *Hot Big Bang*. Selain itu, Hawking menggunakan fluktuasi kuantum untuk menjelaskan inflasi dan kondisi alam semesta yang mungkin merupakan kondisi yang sebenarnya.

Pada model pertama, kondisi alam semesta yang diturunkan dari fungsi gelombang alam semesta, memiliki kondisi yang berbeda dengan alam semesta yang ditinggali oleh manusia saat ini [10]. Berdasarkan metode-metode yang Hawking gunakan untuk mendeskripsikan gagasan alam semesta menurutnya, terdapat dimensi tambahan selain dimensi ruang-waktu. Dimensi tersebut merupakan dimensi yang sangat mikro sehingga tidak mungkin diamati. Hal ini menyebabkan adanya anggapan tentang teori terpadu yang merupakan salah satu jalan menuju teori gravitasi kuantum, teori ini disebut teori dawai (*string theory*) yang dibahas pada bab 10 "Penyatuan Fisika". Dalam teori dawai ini, alam semesta mungkin untuk berdimensi sepuluh atau dua puluh enam. Hawking menganalogikannya dengan kulit jeruk [1]. Menurut Hawking, alam semesta tampak seperti tiga dimensi ruang layaknya jeruk, namun dalam kulitnya terdapat pori-pori yang sangat kecil atau lubang-lubang kecil yang merupakan dimensi tambahan dari dimensi yang terlihat. Konsekuensi dari teori dawai adalah adanya *multiverse* atau alam semesta paralel, yaitu terdapat banyak sekali alam semesta lain di luar alam semesta yang ditinggali saat ini. Berdasarkan teori terakhir Stephen Hawking pada alam semesta paralel, menyatakan bahwa awal alam semesta tidak memiliki tapal batas. Inflasi abadi tidak merata di seluruh alam semesta pada saat itu dan membentuk beberapa gelembung yang lebih kecil dan lebih besar dari alam semesta yang ditinggali manusia saat ini (ini juga dikenal sebagai gelembung alam semesta). Hal ini membatasi jumlah alam semesta yang mungkin eksis (terbatas tapi tidak terhingga). Teori ini mungkin dapat dibuktikan pada masa yang akan datang dengan cara mencari gelombang gravitasi yang mungkin saja dihasilkan oleh inflasi abadi. Hawking menyatakan kemungkinan mengenai teori gravitasi kuantum bahwa

- (1) Memang benar ada suatu teori terpadu yang lengkap, yang akan kita temukan pada suatu waktu kelak jika kita cukup cerdas.

- (2) Tidak ada teori penghabisan mengenai alam semesta, yang ada hanyalah deretan tidak terhingga teori yang memberikan alam semesta dengan makin tepat.
- (3) Tidak ada teori mengenai alam semesta; peristiwa-peristiwa tidak dapat diramalkan di luar rentang tertentu, melainkan terjadi secara acak dan arbiter.

3.3. Relevansi Alam Semesta Menurut Hawking

3.3.1. Bidang Fisika

Gagasan alam semesta klasik memiliki kontribusi dalam perkembangan fisika saat ini yakni gagasan tersebut merupakan gagasan pertama tentang singularitas awal alam semesta yang memiliki persamaan matematis. Kemudian gagasan alam semesta modern, meskipun tidak sesukses Radiasi Hawking, hipotesis ini merupakan langkah awal menuju teori gravitasi kuantum. Terakhir, buku *A Brief History of Time* merupakan buku yang berisi prasyarat mempelajari ilmu fisika yang berkembang saat ini, karena mengandung dua teori besar yaitu teori relativitas dan teori fisika kuantum.

3.3.2. Bidang Filsafat

Hawking banyak menyinggung Tuhan dalam *A Brief History of Time*. Selain itu, terdapat penegasan jika teori gravitasi kuantum ditemukan, maka kita akan tahu cara berpikir Tuhan. Hawking menyatakan bahwa sejak kecil adalah seorang atheis dan hidup dalam keluarga yang atheis. Terdapat segelintir pendapat bahwa Hawking adalah seorang agnostik (keberadaan Tuhan tidak perlu dibuktikan), tetapi yang sebenarnya adalah Hawking seorang atheis, dikatakan agnostik karena Hawking tidak bisa membuktikan “ketidakberadaan” Tuhan. Namun yang mengganggu Hawking adalah agnostik karena ada kutipan di film *The Theory of Everything* menit ke 14.01, dimana Hawking menyatakan bahwa

“Tuhan dan sains adalah hal yang independen atau Tuhan tidak perlu dibuktikan keberadaNya”.

Bukan berarti Tuhan tidak ada, namun Hawking lebih memilih sains dibanding Tuhan, karena menurut Hawking konsep-konsep ketuhanan membatasi imajinasi dan pencapaian sains. Jadi, ketika Hawking menyebutkan tentang Tuhan, Tuhan adalah alam itu sendiri atau bahkan sains itu sendiri. Kepercayaan ini biasa disebut dengan pantheis yang dipelopori oleh Spinoza pada abad pertengahan.

Menurut Hawking, para filsuf tidak mampu mengejar teori keilmuan. Hawking juga mengutip pendapat Wittgenstein yang berpendapat bahwa,

“Satu-satunya tugas yang tersisa bagi filsafat adalah analisis bahasa”.

Sehingga gagasan dan usulan Hawking mengenai fisika adalah bentuk penawaran dari penurunan persamaan matematis dalam menganalisis fisika bukan berdasarkan filsafat, meskipun pada akhirnya untuk menganalogikan persamaan tersebut tentu memerlukan analisis bahasa dari filsafat.

Menurut Hawking,

“Bagaimanapun juga, sejauh menyangkut mekanika kuantum sehari-hari, dapatlah kita anggap penggunaan waktu khayal dan ruang waktu Euklid itu semata-mata sebagai piranti (atau akal) matematika belaka untuk menghitung jawaban mengenai ruang-waktu nyata”.

Hawking berpendapat bahwa antara waktu nyata dan waktu imajiner tidak dapat dibedakan dari semua arah ruang, yang membedakan waktu nyata dan waktu imajiner adalah pada awal alam semesta, lubang hitam, dan akhir alam semesta yang mengakibatkan hilangnya singularitas. Pernyataan tersebut dengan jelas menyiratkan bahwa Hawking adalah Popperian dengan pemikiran yang koheren.

3.3.3. Sekolah Menengah

Gagasan alam semesta menurut Hawking seharusnya dijadikan bacaan bagi siswa sekolah menengah dengan didampingi oleh guru mata pelajaran fisika dan geografi. Sehingga siswa mampu menerima perkembangan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang di dunia dan merupakan prasyarat siswa untuk belajar fisika tingkat lanjut, selain itu siswa mengenal gravitasi bukan hanya dari hukum gravitasi Newton melainkan ada teori gravitasi Einstein, kemudian siswa agar tidak mudah terpengaruh oleh konspirasi-konspirasi yang mengatasnamakan agama.

3.4. Posisi Gagasan Alam Semesta Menurut Hawking dan Pandangan Terhadap Karya Hawking (*A Brief History of Time*)

Karya Hawking yang sangat fenomenal (*A Brief History of Time*) dan menjadi buku sains populer terlaris sepanjang masa berisi rangkuman dari pemikiran atau karya dari banyak ilmuwan sepanjang perjalanan ilmu fisika. Buku ini tidak murni sepenuhnya gagasan Hawking. Berbeda dengan buku Newton yang berjudul *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* yang terbit pada tahun 1687 yang merupakan karya tunggal dalam sejarah fisika. Buku karya Newton berisi gagasan Newton pada seluruh bagiannya, pemikiran-pemikiran tunggal dari Newton dan merupakan buku yang sangat fundamental dalam teori fisika yang berkembang saat ini. Hawking juga tidak begitu fundamental seperti halnya Einstein yang mampu meruntuhkan gagasan Newton. Karya Hawking yang diketahui adalah pengembangan dari teori relativitas yang digagas oleh Einstein dan teori mekanika kuantum yang digagas oleh berbagai tokoh mekanika kuantum (Einstein, Schrodinger, Bohr, Currie, Maxwell, Broglie, Dirac, Heisenberg, dan lain-lain), sehingga dapat disimpulkan bahwa karya Hawking tidak begitu fundamental dalam mendasari fisika modern. Hanya saja, Hawking adalah seorang ilmuwan pertama dan yang paling mendukung akan adanya teori gravitasi kuantum dan alam semesta paralel.

4. Kesimpulan

Gagasan alam semesta klasik Hawking menyatakan bahwa alam semesta berawal dari singularitas dentuman besar dan berakhir pada dua kemungkinan singularitas, yaitu singularitas kerekaan besar (*big crunch*) atau singularitas lubang hitam. Gagasan alam semesta modern Hawking meniadakan singularitas pada awal, akhir alam semesta, maupun pada lubang hitam. Menurut gagasan ini, bahwa waktu yang berjalan sebenarnya mungkin adalah waktu imajiner, sehingga alam semesta akan terus berulang-ulang kejadiannya. Relevansinya terhadap fisika yaitu, gagasan alam semesta klasik Hawking merupakan teori singularitas dentuman besar dengan persamaan pertama di dunia dan gagasan alam semesta modern Hawking merupakan salah satu langkah awal untuk memperoleh teori gravitasi kuantum dan merupakan syarat awal mempelajari ilmu fisika modern, sedangkan terhadap filsafat yaitu Tuhan yang dimaksud Hawking adalah alam dan sains, tidak penting mempertanyakan antara waktu “nyata” atau waktu “imajiner”, yang terpenting adalah bisa memberikan pendeskripsian yang baik, dan Hawking memisahkan sains dan agama, karena dogma-dogma agama hanya akan membatasi perkembangan ilmu pengetahuan.

Daftar Rujukan

- [1] S. Hawking, *A Brief History of Time: From Big Bang to Black Holes*. New York: Bantam Dell Publishing, 1988.
- [2] S. Hawking, *My Brief History*. New York: Bantam Press, 2013.
- [3] M. White and J. Gribbin, *Stephen Hawking: A Life in Science*. Washington D.C.: The Joseph Henry Press, 2002.
- [4] S. Riza, “Konsep pemikiran Islam menurut pemikiran Ibn Khaldun: Suatu kajian terhadap elemen-elemen kemasyarakatan Islam,” Magister thesis, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia, 2008.



- [5] S. Hawking and R. Penrose, *The Nature Space and Time*. Princeton: Princeton University Press, 1996.
- [6] Steinbauer, *The Penrose Hawking Singularity Theorems*. Pague: Univesity of Vienna, 2016.
- [7] S. J. Crothers, "On the invalidity of the Hawking-Penrose singularity 'Theorems' and acceleration of the universe with negative cosmological constant," *Global J. Sci. Front. Res. Phys. Space Sci.*, vol. 13, no. 4, p. 1, 2013.
- [8] T. Lancaster and S.J. Blundel, *Quantum Field Theory for The Gifted Amateur*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- [9] Films Ltd & Skydivephil Youtube Channel, Cambridge. *Before Big Bang 5: The No Boundary Proposal*. (2017).
- [10] S. Hawking, *The Grand Design*. New York: Bantam Press, 2010.
- [11] Universal Studio, New York. *The Theory of Everything*. (2011).