

Kosmologi

Julieta Fierro, Beatriz García, Susana Deustua

International Astronomical Union, Universidad Nacional Autónoma de México (México), National Technological University (Argentina), Space Telescope Science Institute (United States)

Rangkuman

Meskipun setiap objek ruang angkasa memiliki keunikannya masing-masing, memahami evolusi dari alam semesta sendiri merupakan salah satu hal yang menarik untuk dipelajari. Meskipun kita terlahir di lingkungan Bumi, memahami apa yang kita tau tentang alam semesta ini adalah hal yang menarik.

Astronomi pada abad ke-19 berfokus pada mengkatalogkan properti dari masing-masing objek astronomis: planet, bintang, nebula, dan galaksi. Pada akhir dari abad 20, fokusnya berubah menjadi memahami properti dari objek-objek seperti: gugus bintang, pembentukan galaksi, dan struktur alam semesta. Sekarang kita tahu usia dan sejarah alam semesta dan juga kita tahu bahwa ternyata alam semesta mengembang dipercepat.

Pada bagian ini akan digambarkan beberapa properti dari galaksi yang merupakan bagian dari struktur besar dari alam semesta. Kemudian akan dijelaskan mengenai model standar Big Bang dan juga bukti-bukti yang mendukung model ini.

Tujuan

- Dapat memahami bagaimana alam semesta sudah berevolusi sejak Big Bang hingga sekarang
- Dapat mengetahui bagaimana materi dan energi diatur di alam semesta
- Mengetahui bagaimana para astronom belajar tentang sejarah alam semesta

Galaksi

Galaksi terdiri dari bintang, gas, debu, dan juga materi gelap, dan galaksi dapat memiliki ukuran yang sangat besar, diameternya bisa lebih dari 300.000 tahun cahaya. Galaksi tempat tatasurya berada, Bima Sakti, memiliki seratus milyar bintang. Di alam semesta terdapat milyaran galaksi yang mirip seperti ini.

Galaksi kita merupakan galaksi bertipe spiral, mirip dengan galaksi Andromeda (gambar 1a). Matahari bergerak mengelilingi pusat galaksi dan membutuhkan waktu sekitar 200 juta tahun untuk menyelesaikan satu putaran, dengan kecepatannya sekitar 250 km/detik. Karena tatasurya kita berada pada piringan galaksi, kita tidak dapat melihat galaksi kita secara keseluruhan, mirip seperti ketika kita berada di tengah hutan dan berusaha untuk mengambil

gambar keseluruhan hutan. Galaksi kita disebut Bima Sakti. Dengan mata telanjang dari Bumi, jika kita melihat ke arah Bima Sakti kita dapat melihat banyak bintang tunggal dan sebuah sabuk yang lebar yang terdiri dari banyak bintang dan awan gas dan debu antar bintang. Struktur galaksi kita ditemukan melalui berbagai pengamatan menggunakan teleskop visual dan juga teleskop radio, dan dengan mengamati galaksi lain. (jika tidak ada cermin, maka kita dapat membayangkan muka kita dengan cara melihat muka orang lain). Kita menggunakan gelombang radio karena gelombang radio dapat menembus awan antar bintang, awan antar bintang tidak dapat ditembus oleh cahaya nampak, mirip dengan konsep mengapa kita dapat menerima sinyal radio (hp) meskipun berada didalam ruangan.

Kita mengklasifikasikan galaksi menjadi 3 tipe. Galaksi irregular (tidak beraturan) merupakan galaksi yang kecil, dan memiliki banyak kandungan gas, efeknya memiliki kemampuan untuk membentuk bintang baru. Banyak dari galaksi tipe ini adalah galaksi satelit dari galaksi lain. Bima Sakti memiliki 30 satelit galaksi, dan yang pertama kali ditemukan adalah awan Magellan, yang mana dapat dilihat dari belahan Bumi bagian selatan.

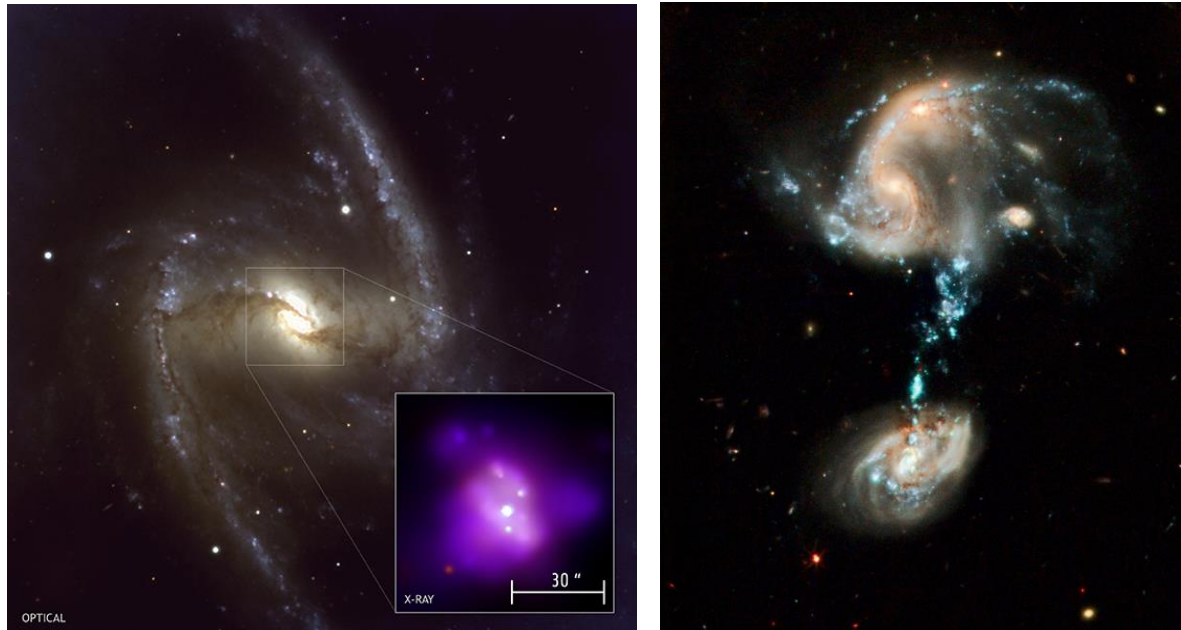
Tipe kedua adalah tipe galaksi spiral, seperti galaksi kita. Pada umumnya galaksi tipe ini memiliki dua lengan yang baik dengan rapat atau longgar terputar membentuk spiral yang berasal dari bagian tengah galaksi yang disebut bulge. Inti dari galaksi seperti ini biasanya memiliki lubang hitam dengan massa jutaan kali massa Matahari. Bintang baru biasanya terbentuk pada daerah lengan galaksi, karena pada daerah ini materi antar bintang memiliki kerapatan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain sehingga meterinya dapat lebih mudah berkontraksi/menyusut menjadi Bintang.



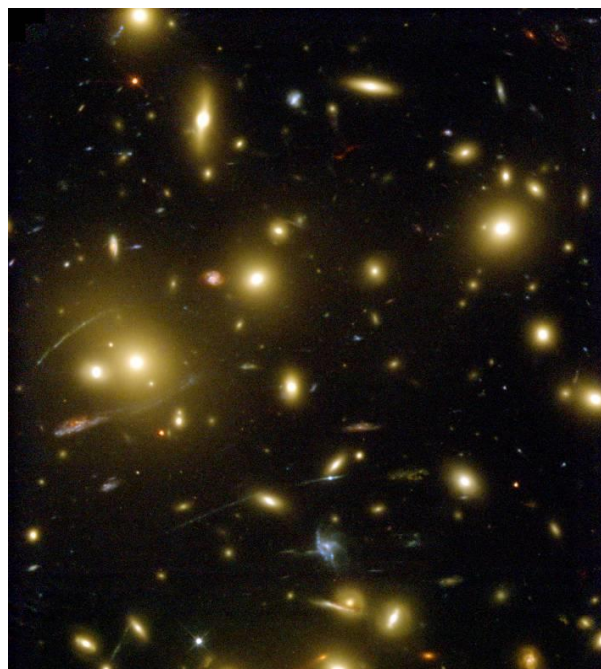
Gambar 1a: Galaksi Andromeda. Galaksi spiral sangat mirip dengan Bima Sakti kita sendiri. Matahari berada di tepi luar salah satu lengan galaksi kita. (Foto: Bill Schoening, Vanessa Harvey / program REU / NOAO / AURA / NSF). Gambar.1b: Awan Magellan Besar. Galaksi satelit tidak teratur dari Bimasakti yang dapat dilihat dengan mata tanpa bantuan dari belahan bumi selatan. (Foto: ESA dan Eckhard Slawik)

Ketika lubang hitam di dalam inti galaksi menarik awan gas atau bintang, materinya terpanaskan dan sebelum jatuh ke dalam lubang hitam, beberapa bagian akan mengelurakan jet gas yang berpendar yang bergerak menembus ruang angkasa dan memanaskan medium

antar galaksi. Hal ini dikenal dengan inti galaksi aktif, dan sebagian besar galaksi spiral memilikinya.



Gambar 2a: Gambar optik galaksi NGC 1365 diambil dengan gambar ESO VLT dan Chandra dari bahan sinar-X dekat dengan lubang hitam pusat. (Foto: NASA, ESA, Warisan Hubble (STScI / AURA) -ESA / Hubble Collaboration, dan A. Evans). Gambar 2b: Arp 194 - sistem dua galaksi berinteraksi dalam proses yang sangat spektakuler. Inti sedang bergabung, dan ekor biru dilepaskan (kredit: NASE, ESA dan Hubble Heritage Team (STScI))



Gambar. 3: Abell 2218 gugusan galaksi. Busur dapat dilihat, disebabkan oleh efek pelensaan gravitasi. (Foto: NASA, ESA, Richard Ellis (Caltech) dan Jean-Paul Kneib (Observatoire Midi-Pyrenees, Prancis)).Galaksi

tipe selanjutnya adalah galaksi yang terbesar yakni galaksi elips (meskipun terdapat juga galaksi elips yang kecil). Dipercaya bahwa galaksi tipe ini dan juga galaksi spiral besar, terbentuk ketika galaksi kecil bergabung satu sama lain. Beberapa bukti untuk mekanisme ini muncul dari adanya keanekaragaman usia dan juga komposisi kimia dari berbagai macam kelompok bintang di galaksi yang mengalami penggabungan.

Galaksi membentuk gugus galaksi, dengan ribuan galaksi. Galaksi elips raksasa biasanya berada pada daerah tengah gugus dan beberapa dari mereka memiliki dua inti akibat dari proses penggabungan dua galaksi.

Gugus dan supergugus galaksi terdistribusi di alam semesta dalam struktur seperti filamen mengelilingi daerah yang sangat luas. Perumpamaannya jika alam semesta ini merupakan gelembung, maka galaksi berada di permukaan gelembung.

Kosmologi

Kita telah menjelaskan beberapa properti dari alam semesta tempat kita tinggal. Alam semesta terdiri dari materi, energi, dan ruang dan juga berevolusi seiring berjalannya waktu. Dimensi waktu dan ruangnya jauh lebih besar dibandingkan dengan yang kita pakai sehari-hari.

Kosmologi berusaha untuk menjawab pertanyaan dasar tentang alam semesta seperti: Dari mana kita berasal?

Bagaimana alam semesta dimasa yang akan datang? Di mana kita? Berapa usia alam semesta? Penting untuk disebutkan bahwa sains juga berkembang. Semakin banyak yang kita tahu, semakin kita menyadari bahwa banyak yang kita belum ketahui. Sebuah peta berguna meskipun hanya gambaran dari suatu tempat, seperti sains yang memungkinkan kita untuk mengetahui gambaran dari alam, melihat beberapa aspeknya dan memprediksi suatu kejadian, semua berdasarkan pada asumsi yang masuk akal yang didukung dengan pengukuran dan data.

Dimensi alam semesta

Jarak antar bintang sangat jauh. Bumi berjarak 150 juta km dari Matahari dan Pluto berjarak 40 kali lebih jauh dari itu. Bintang terdekat berjarak 280.000 kali lebih jauh lagi dan galaksi kita jaraknya 10 milyar kali lebih jauh. Filamen dari struktur galaksi besarnya 10 triliyun kali lebih jauh dari jarak Bumi ke Matahari.

Usia alam semesta

Alam semesta dimulai pada 13.7 milyar tahun yang lalu. Tata surya baru terbentuk kemudian pada 4.6 milyar tahun yang lalu. Kehidupan di Bumi muncul 3.8 milyar tahun yang lalu dan dinosaurus punah 65 juta tahun yang lalu. Manusia modern baru muncul sekitar 150.000 tahun yang lalu.

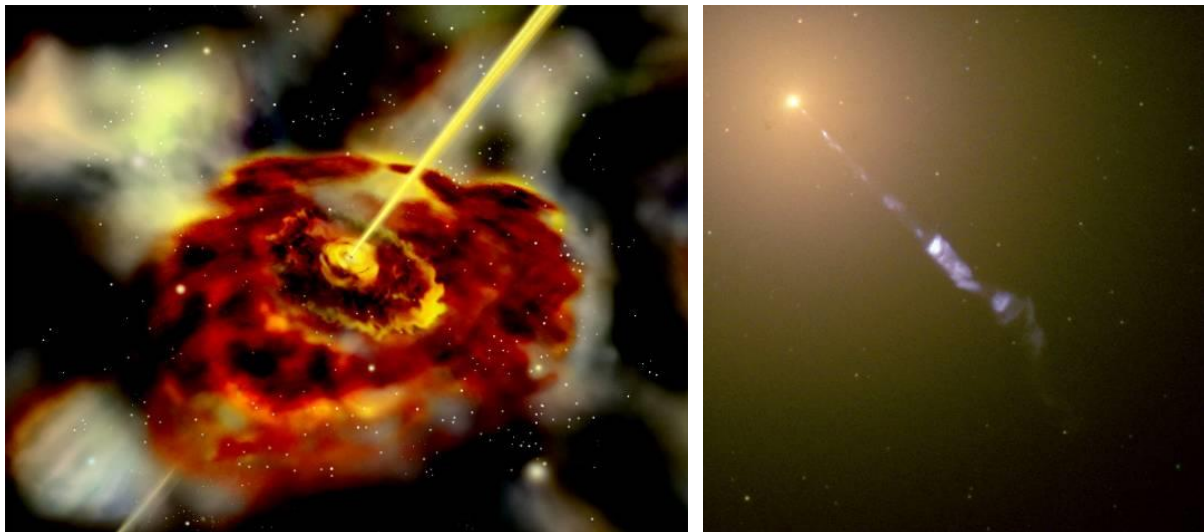
Kita menganggap bahwa alam semesta itu memiliki asal muasal karena kita mengamati ternyata alam semesta mengembang secara cepat. Hal ini menunjukkan bahwa semua gugus galaksi bergerak saling menjauhi satu sama lain dan semakin jauh jarak antar mereka maka semakin cepat juga mereka menjauh. Jika kita ukur laju pengembangannya, maka kita bisa

mengestimasi kapan dulu alam semesta itu berada pada satu tempat yang sama. Perhitungan ini memberikan perkiraan usia alam semesta yakni 13.7 milyar tahun. Usia ini tidak berkontradiksi dengan evolusi bintang karena kita belum pernah mengamati bintang dan galaksi dengan usia lebih dari 13.5 milyar tahun. Even yang memulai pengembangan alam semesta diketahui sebagai Big Bang.

Mengukur Kecepatan

Anda dapat mengukur kecepatan bintang atau galaksi menggunakan efek Doppler. Pada kehidupan sehari-hari kita mengalami efek Doppler, yakni saat kita mendengar perubahan suara sirine ambulan atau polisi ketika mendekat dan kemudian menjauhi kita. Eksperimen sederhana yang bisa dilakukan adalah dengan menempatkan alarm pada kantong dengan tali yang panjang. Kemudian juga kantong tersebut di putar diatas kepala, maka kita dapat mendeteksi bahwa suara alarm akan berubah ketika mendekat dan menjauhi kita. Kita dapat menghitung kecepatan alarm tersebut dengan mendengarkan perubahan suaranya, semakin cepat perubahannya maka semakin cepat juga gerak alarm itu.

Cahaya diemisikan oleh benda astronomis juga mengalami perubahan frekuensi maupun perubahan warna yang dapat diukur bergantung dengan kecepatan saat benda itu mendekat atau menjauh. Panjang gelombang akan menjadi lebih panjang (memerah) jika bendanya menjauhi kita dan menjadi lebih pendek (biru) saat bergerak mendekati kita.



Gambar 4a: Ilustrasi artistik dari lubang hitam di tengah dengan galaksi. (Foto: NASA E / PO - Sonoma State Univ.) Gambar 4b: Galaksi M87, contoh galaksi sungguhan. (Foto: NASA dan Tim Hubble Heritage).

Gelombang Suara

Suara merambat melalui medium seperti udara, air, atau kayu. Ketika kita menghasilkan suara, kita membuat gelombang yang memampatkan materi disekitarnya. Pemampatan materi ini membuat gelombang berjalan disepanjang materi hingga ke telinga kita dan memampatkan gendang telinga kita, sehingga suara dapat dikirimkan ke indra pendengaran kita. Kita tidak dapat mendengar ledakan dari Matahari atau badai dari Jupiter karena ruang diantara benda ruang angkasa hampir hampa sehingga gelombang suara tidak bisa merambat.

Penting untuk ditekankan bahwa tidak ada pusat dalam proses pengembangan alam semesta. Jika menggunakan analogi dua dimensi, bayangkan jika kita berada di Paris, dan Bumi mengembang. Maka kita akan mengamati bahwa semua kota akan saling menjauh satu sama lain, dan juga dari kita, namun kita tidak memiliki alasan untuk beranggapan bahwa kita merupakan pusat dari pengembangan ini, karena jika dilihat dari sudut pandang kota lain maka semua orang akan merasakan hal yang sama.

Meskipun dari sudut pandang kita, kecepatan cahaya sebesar 300.000 km/detik itu sangat cepat, namun kecepatan ini tidak cepat tak berhingga. Cahaya bintang membutuhkan ratusan tahun untuk dapat mencapai Bumi dan cahaya dari galaksi lain membutuhkan jutaan tahun untuk sampai Bumi. Semua informasi yang kita ambil dari alam semesta membutuhkan waktu yang sangat lama untuk sampai, sehingga kita selalu hanya melihat bintang di masa lalu nya, bukan kondisi bintang yang sebenarnya saat ini.

Terdapat objek yang sangat jauh sehingga cahayanya belum sempat sampai ke kita sehingga kita tidak dapat melihatnya. Bukan berarti bendanya tidak ada, namun karena benda tersebut terbentuk setelah cahaya di daerah itu sampai ke kita.

Kecepatan cahaya yang terbatas mengakibatkan beberapa implikasi pada astronomi. Distorsi ruang mempengaruhi lintasan yang dilalui cahaya, sehingga jika kita melihat galaksi pada suatu tempat, mungkin saja galaksi itu tidak berada pada di tempat itu sekarang, karena kurvatur ruang bisa mengubah posisi galaksi tersebut. Sebagai tambahan, bintang tidak lagi pada titik yang kita amati sekarang, karena bintang juga bergerak. Bintang-bintang itu juga wujudnya tidak lagi seperti yang kita lihat sekarang. Kita selalu melihat objek astronomis pada masa lalunya dan semakin jauh jarak mereka maka kita juga makin melihat masa lalunya yang lebih dahulu. Sehingga mengalalisis objek yang mirip pada berbagai jarak sama saja dengan melihat objek pada waktu yang berbeda-beda pada masa evolusinya. Dengan kata lain kita dapat melihat sejarah dari bintang jika kita melihatnya dengan mengasumsikan bahwa bintang itu tipe nya mirip namun dengan jarak yang berbeda.

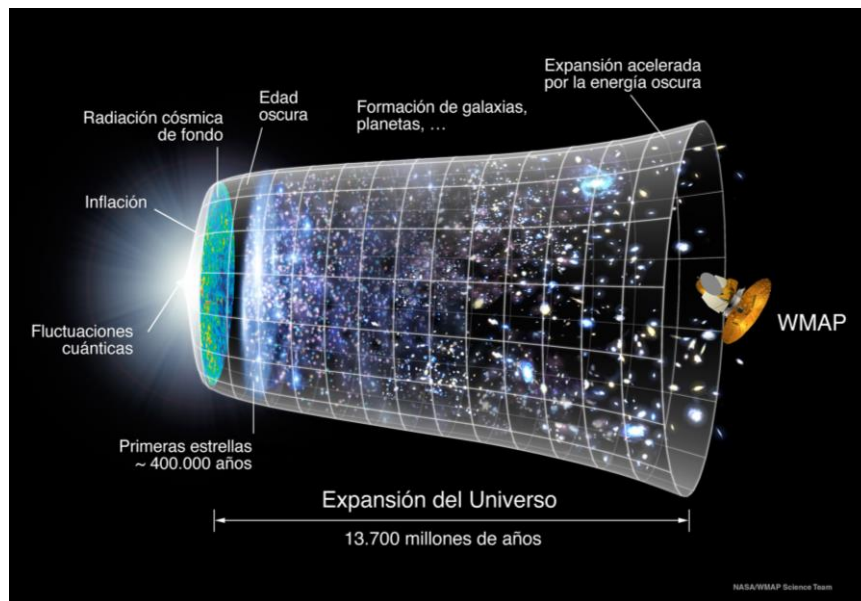
Kita tidak dapat melihat tepi dari alam semesta karena cahaya dari tepian alam semesta belum sempat sampai ke Bumi. Alam semesta kita memiliki ukuran yang tidak terbatas, sehingga kita hanya melihat sebagian saja, yakni dengan radius 13.7 milyar tahun cahaya, yakni jarak yang ditempuh cahaya sejak Big Bang.

Kita melihat suatu objek pada waktu saat objek itu mengemisikan cahayanya, karena cahaya membutuhkan waktu untuk mencapai kita. Hal ini menunjukkan bahwa kita tidak memiliki posisi yang khusus di alam semesta, semua pengamat dari galaksi lain juga dapat mengamati hal yang sama dari apa yang kita lihat.

Seperti semua sains, di dalam astronomi dan astrofisika, semakin kita belajar tentang alam semesta semakin banyak pertanyaan yang kita temui. Sekarang kita akan mendiskusikan tentang materi gelap (*dark matter*) dan energi gelap (*dark energy*), untuk memberikan ide tentang seberapa besar apa ketidaktahuan kita tentang alam semesta.



Gambar 5: Sampai saat ini, lebih dari 300 awan gelap dan padat debu dan gas telah ditemukan, di mana proses pembentukan bintang terjadi. Super Cluster Abell 90/902. (Foto: Teleskop Luar Angkasa Hubble, NASA, ESA, C. Heymans (Universitas British Columbia) dan M. Gray (Universitas Nottingham)).



Gambar 6: Ekspansi Alam Semesta. (Foto: NASA).

Materi gelap tidak berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik, sehingga materi gelap tidak menyerap maupun mengemisikan cahaya. Materi biasa, seperti yang ada dalam bintang, dapat memproduksi cahaya atau menyerapnya, begitu juga awan debu antar bintang. Materi gelap tidak sensitif terhadap semua radiasi, namun memiliki massa, sehingga memiliki gaya tarik gravitasi. Materi gelap ditemukan dari efeknya pada gerak benda-benda yang terlihat. Sebagai contoh, jika galaksi memiliki gerak mengelilingi ruang kosong, maka kita dapat meyakini bahwa sesuatu menarik galaksi menuju ke tempat itu. Seperti tata surya yang di tahan oleh gaya gravitasi Matahari, yang tetap menjaga planet dalam orbitnya, galaksi juga ternyata

memiliki orbit diakibatkan benda yang menariknya. Sekarang kita tahu bahwa materi gelap itu ada pada masing-masing galaksi, dan ada di gugus galaksi juga, dan ternyata materi gelap merupakan pondasi dari struktur filamen alam semesta. Materi gelap merupakan tipe materi yang paling umum yang ada di alam semesta.

Sekarang kita juga tahu bahwa pengembangan alam semesta terjadi secara dipercepat. Hal ini berarti jika terdapat gaya yang melawan efek gravitasi. Energi gelap merupakan nama yang diberikan astronom untuk fenomena yang baru ditemukan ini. Jika tidak ada energi gelap, maka seharusnya pengembangan alam semesta terjadi diperlambat.

Pengetahuan kita sekarang tentang materi dan energi gelap yang terkandung di alam semesta adalah 74% energi gelap, 22% materi gelap, dan hanya 4% merupakan materi normal, yang bisa kita lihat (galaksi, bintang, planet, gas, debu). Sehingga pada dasarnya, sifat dan properti dari 96% dari alam semesta belum diketahui.

Masa depan dari alam semesta kita bergantung dengan jumlah materi terlihat, materi gelap, dan energi gelap. Sebelum penemuan materi gelap dan energi gelap, diperkirakan pengembangan alam semesta akan berhenti dan gravitasi akan membalikan pengembangan dan akan menghasilkan *Big Crunch*, yakni ketika semuanya akan kembali ke satu titik. Namun ketika keberadaan materi gelap diketahui, teori ini kemudian dimodifikasi.

Pengembangan alam semesta akan mencapai nilai konstan pada waktu yang tak berhingga di masa yang akan datang. Namun sekarang saat kita sudah tau keberadaan energi gelap, masa depan yang diduga adalah pengembangannya dipercepat, begitu juga dengan volume alam semesta. Akhir dari alam semesta akan menjadi sangat dingin, sangat gelap pada waktu yang tak berhingga.

Pustak

- Greene, B., *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality* (2006)/*El tejido del cosmos* (2010)
- Fierro, J., *La Astronomía de México*, Lectorum, México, 2001.
- Fierro, J, Montoya, L., *La esfera celeste en una pecera*, El Correo del Maestro, México, 2000.
- Fierro J, Domínguez, H, *Albert Einstein: un científico de nuestro tiempo*, Lectorum, México, 2005.
- Fierro J, Domínguez, H, *La luz de las estrellas*, Lectorum, El Correo del Maestro, México, 2006.
- Fierro J, Sánchez Valenzuela, A, *Cartas Astrales, Un romance científico del tercer tipo*, Alfaguara, 2006.
- Thuan, Trinh Xuan, *El destino del universo: Despues del big bang* (Biblioteca ilustrada)(2012) / *The Changing Universe: Big Bang and After* (New Horizons) (1993)
- Weinberg, Steven, *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* . Weinberg, Steven y Nestor Miguez, *Los tres primeros minutos del universo* (2009)

Sumber Internet

- The Universe Adventure <http://www.universeadventure.org/> or <http://www.cpepweb.org>
- Ned Wright's Cosmology Tutorial (in English, French and Italian) <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>