

TINJAUAN SEJARAH PERKEMBANGAN TEORI PEMBENTUKAN SISTEM SURIA

Mohammad Afiq Dzuan bin Mohd Azhar
afiqdzuan@gmail.com

I. PENGENALAN

Dalam ertikata yang mudah, sistem suria merupakan suatu sistem yang merangkumi segala jasab-jasab yang beredar pada orbit mengelilingi suatu bintang induknya secara langsung (Planet) dan tidak secara langsung (satelit semulajadi). Matahari merupakan bintang induk bagi sistem suria kita. Hingga kini, jasab-jasab samawi yang mengelilingi Matahari dapat dikelas kepada beberapa kategori seperti Planet, Planet Kerdil serta jasab-jasab kecil seperti asteroid dan komet. Jasab-jasab tersebut dapat dibezakan berdasarkan saiz, komposisi dan orbit.

Persoalan bagaimana sistem solar ini terbentuk sudah lama dibahaskan dan berbagai-bagai pandangan mengenai pembentukan sistem solar telah diutarakan. Hal ini dilihat seiring dengan perubahan pandangan dan kepercayaan ahli astronomi dan falsafah tentang struktur dan skala alam semesta itu sendiri. Misalnya pada era ketamadunan Greek (Aristotle dan Plato), alam semesta hanya seluas sistem suria sahaja dan Bumi merupakan paksi induk bagi alam semesta. Dengan kata lainnya, sistem suria kita dianggap sebagai satu-satunya sistem suria dalam alam semesta pada masa itu. Pada era ini, pembentukan sistem suria (atau alam itu sendiri) diterangkan menerusi konsep empat unsur (api, udara, air, tanah) dalam kosmologi Aristotle. Hal ini sedemikian selama ratusan tahun sehinggalah munculnya Nicolaus Copernicus (1473-1543) yang memperkenalkan model alam heliosentrik yang menukarkan kedudukan Bumi dengan Matahari sebagai 'pusat alam'. Giordano Bruno (1548-1600) kemudiannya mengembangkan lagi model Copernican dengan mengatakan bahawa peralihan pusat alam bukan sahaja pada Bumi dan Matahari, malah sistem suria itu sendiri juga bukannya berada di pusat bagi alam semesta. Bruno juga berpendapat bahawa setiap (atau hampir kesemua) bintang yang dapat dilihat dilangit malam mempunyai planet-planet yang mengelilingi bintang induknya masing-masing seperti mana sistem suria kita¹. Isaac Newton (1642-1727), turut mengatakan perkara yang sama mengenai kemungkinan wujudnya planet mengelilingi bintang lain seakan-akan sistem suria kita dalam bukunya, *Mathematical Principles of Natural Philosophy (Principia)*. Apabila model heliosentrik telah diterima pakai, maka teori pembentukan yang baru mula dikembangkan.

Seterusnya dalam makalah ini, tinjauan sejarah teori pembentukan sistem suria dan perkembangan akan bermula selepas penerimaan model heliosentrik.

II. Teori-Teori Pembentukan Sistem Suria

Teori Awal (kurun ke-17 hingga kurun ke-19)

(a) Teori Vortek

Rene Descartes telah mengemukakan teori pembentukan sistem suria yang berasaskan model heliosentrik yang terawal pada kurun ke-17. Descartes berpendapat bahawa alam semesta dipenuhi dengan partikel-partikel yang berpusaran. Apabila suatu pusaran yang besar mula mengecut dan memampat ke arah pusat pusaran, maka Matahari terbentuk. Pada masa yang sama, planet turut mula terbentuk disekeliling pusat pusaran (matahari). Satelit semulajadi terbentuk hasil daripada pusaran kecil yang berlaku berdekatan planet-planet². Objek-objek yang terbentuk akan terus bergerak dalam arah pusaran yang sama dan seterusnya menjadi laluan orbitnya mengelilingi matahari.

Jika dilihat secara keseluruhannya, Descartes telah berjaya menerangkan bagaimana sistem suria terbentuk. Namun, teori yang dikemukakan tidak mempunyai asas saintifik yang kuat kerana Descartes hanya menerangkan kejadian planet secara intuisi sahaja dan tiada pencerapan yang dilakukan bagi mengukuhkan teori tersebut. Teori Descartes juga tidak begitu menyumbang dan mempengaruhi penghasilan teori-teori pembentukan sistem suria yang menyusur kemudiannya.

(b) Model Nebular klasik

Model Nebular klasik mempunyai sejarahnya yang tersendiri menerusi tiga tokoh besar iaitu Swedenborg, Kant dan Laplace. Idea asalnya dikemukakan oleh Emanuel Swedenborg (1688-1772) yang merupakan seorang ahli kosmologi berbangsa Sweden (Namun lebih terkenal sebagai seorang ahli teologi). Swedenborg masih berpegang kuat kepada kosmologi Cartesian walaupun sudah didedahkan kepada kerja-kerja Newton menerusi buku *Principia Newton*³. Hasilnya, Swedenborg telah mengemukakan hipotesis pembentukan planet menerusi mekanisma pusaran seperti mana yang dikemukakan oleh Descartes. Berbeza dengan teori pusaran Descartes, Swedenborg menyatakan bahawa planet-planet ini terbentuk daripada bahan (atau partikel-partikel) yang terkeluar dari Matahari itu sendiri. Tambahan lagi, beliau turut menyatakan bahawa planet-planet mula terbentuk pada jarak yang lebih dekat dengan matahari sebelum berpindah ke orbit atau kedudukan seperti dicerap pada masa sekarang⁴.

Emanuel Kant (1724-1804), selepas meneliti hipotesis Swedenborg, telah mengembangkan lagi pandangan Swedenborg dengan menggunakan prinsip graviti Newton dan menerangkannya dalam bukunya yang bertajuk *Universal Natural History and Theory of the Heavens*. Kant menekankan bahawa planet-planet terbentuk daripada awan gas yang besar (nebula) yang berputar secara perlahan dan kemudiannya mula runtuh. Lama kelamaan, awan tersebut menjadi satu cakera yang mana, Matahari terbentuk ditengah-tengah cakera itu. Planet terbentuk hasil pemejapan yang berlaku dalam cakera tersebut².

Pada tahun 1796, Pierre-Simon Laplace (1749-1827), yang merupakan seorang ahli matematik dan astronomi perancis, telah membentangkan versi hipotesis nebularnya dalam bukunya yang bertajuk *Exposition du Systeme du Monde (The System of The World)*⁵. Laplace telah menerbitkan hipotesis nebularnya tanpa sebarang pengetahuan mengenai hipotesis Kant. Sebaliknya, pengembangan hipotesis Laplace itu dikaitkan dengan hasil kajian Comte de Buffon (1707-1788). Bagi Laplace, Buffon merupakan satu-satunya ahli kosmologi (juga berbangsa perancis) yang menjerumuskan diri dalam bidang kajian asal-usul planet-planet dan satelit-

satelitnya. Beliau tidak bersetuju dengan pandangan kosmogoni “malapetaka” Buffon (rujuk bahagian II.c). Bagi menolak pandangan Buffon tersebut, Laplace telah mengembangkan hipotesisnya dengan berdasarkan prinsip Newton.

Secara asasnya, hipotesis nebular Laplace hampir sama dengan hipotesis Kant. Dalam hipotesis Laplace, beliau berpendapat bahawa sistem suria terbentuk daripada suatu awan primitif yang berputar yang dipanggilnya sebagai nebula suria. Ini dilihat sebagai cubaan Laplace untuk menghasilkan satu model yang mampu berdiri dengan sendiri tanpa ada sebarang campur tangan Tuhan². Newton sebagai contohnya, menyatakan bahawa sistem suria ini terbentuk (dalam keadaan sekarang) hanya beberapa juta tahun sebelumnya sahaja.

Pendekatan Laplace yang menyatakan bahawa pembentukan Matahari dan Planet berpunca dari satu titik mula yang sama merupakan kunci yang mampu menerangkan kelima-lima fenomena sistem suria yang telah dicerap dan dikenalpasti pada ketika itu;

1. Planet-planet bergerak dalam satu satah yang hampir sama yang merentasi pusat Matahari.
2. Pergerakan satelit-satelit semulajadi pada arah dan satah yang hampir sama dengan planet induknya.
3. Putaran planet pada paksinya sama dengan arah putaran Matahari.
4. Orbit planet dan satelit semulajadi yang hampir bulat (eksentrik yang kecil).
5. Orbit komet yang mempunyai nilai eksentrik yang besar.

Teori Buffon hanya dapat menerangkan satu fenomena sahaja iaitu fenomena yang pertama. Hal ini telah menyebabkan hipotesis nebular Laplace diterima pakai dengan meluas dalam komuniti astronomi pada kurun ke-18. Namun begitu, keraguan terhadap hipotesis Laplace mulai muncul sekitar pertengahan kurun ke-19 berkenaan dengan momentum sudutan. Matahari merangkumi 99.86% daripada jumlah keseluruhan jisim namun hanya mempunyai jumlah momentum sudutan kurang daripada 1%. Momentum sudutan yang selebihnya berada pada planet-planet. Jika dilihat menerusi Hipotesis Laplace, pengagihan jisim dan momentum sudutan sedemikian adalah mustahil untuk berlaku dalam evolusi pembentukan sistem suria. Pada akhir kurun ke-19, hipotesis Laplace jelas tidak dapat menyelesaikan masalah tersebut dan diabaikan^{5,6}.

(c) Teori pelanggaran Buffon

Pada tahun 1778, Buffon telah membincangkan mengenai asal-usul planet dalam bukunya yang bertajuk *Les époques de la nature*. Beliau membuat spekulasi dengan mengatakan bahawa pembentukan planet merupakan hasil daripada pelanggaran komet dengan matahari. Pelanggaran tersebut akan mengakibatkan jisim-jisim matahari terkeluar ke persekitarannya dan seterusnya membentuk planet.

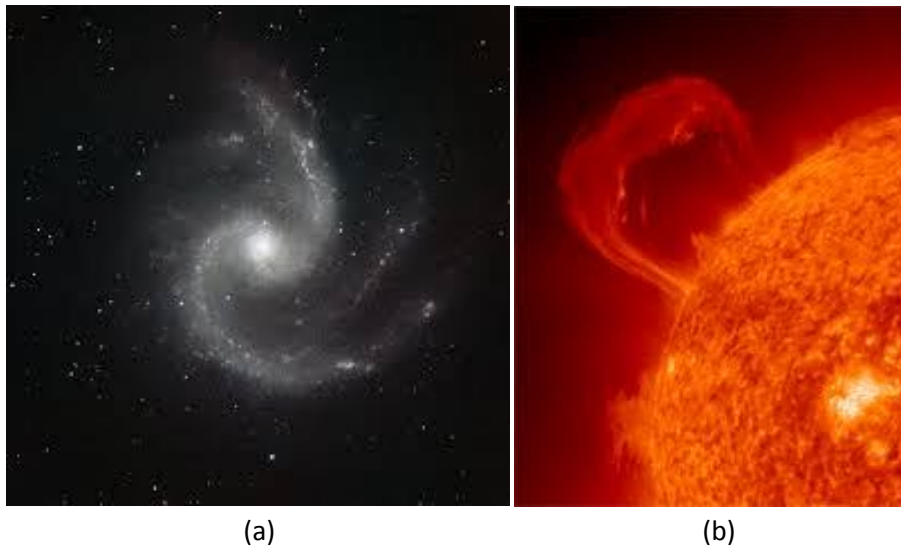
Walaupun bagaimanapun, teori Buffon tidak dipersetujui oleh Laplace dengan hujah yang mengatakan bahawa planet yang terbentuk hasil daripada fenomena pelanggaran sedemikian pasti akan, lama-kelamaan, jatuh kembali ke permukaan Matahari⁵.

Teori Kurun Ke-20

(d) Teori Chamberlin-Moulton

Sekitar pertengahan kurun ke-19, kegiatan pencerapan astronomi semakin canggih dengan terbinanya balai cerap yang lebih besar. Hasilnya, ahli astronomi telah berjaya mencerap suatu objek yang mereka namakan sebagai nebula berpilin. Objek yang dicerap itu sebenarnya merupakan sebuah galaksi yang telah disalah anggap disebabkan oleh kekurangan dari segi kuasa resolusi teleskop yang digunakan pada era tersebut. Oleh yang demikian, nebula berpilin pada masa itu menganggapnya sebagai awan gas-gas yang mengelilingi pusat nebula yang mengandungi bintang⁴.

Berdasarkan pencerapan nebula berpilin itu, Thomas Chamberlin (1843-1928) yang merupakan seorang ahli geologi dan Forest Moulton (1972-1952) yang merupakan seorang ahli astronomi telah membandingkan rupa dan keadaan nebula berpilin dengan fenomena prominens suria. Rajah 1 menunjukkan gambaran nebula berpilin dan prominens suria.



Rajah 1: (a) Galaksi berpilin⁷ dan (b) prominens suria⁸.

Chamberlin dan Moulton telah mengemukakan teorinya pada tahun 1905 dengan menyatakan bahawa ketika berlaku prominence yang besar pada permukaan Matahari, daya *tidal* daripada suatu bintang lain yang melintasi berdekatan dengan Matahari akan menarik prominens keluar lebih jauh dari Matahari. Tenaga dan momentum sudut yang diperoleh daripada kesan tarikan graviti akan membolehkan jirim-jirim prominens untuk kekal berada dalam orbit mengelilingi Matahari. Jirim-jirim tersebut akan mula sejuk dan membentuk planetesimal yang lebih seterusnya akan menjadi planet.

Teori Chamberlin-Moulton ini merupakan salah satu usaha ahli saintis bagi menyelesaikan permasalahan momentum sudut dalam hipotesis Laplace yang dihadapi pada masa itu. Chamberlin dan Moulton telah mengabaikan hipotesis nebular dan kembali meninjau teori dua-jasab seperti teori Buffon. Mereka berpendapat bahawa masalah momentum angular dapat dielakkan dengan kembali kepada model yang sudahpun mempunyai bintang yang berputar secara perlahan⁵.

Walaupun bagaimanapun, hasil pencerapan yang lebih baik dan teliti, ahli astronomi pada masa itu akhirnya menyedari bahawa nebula berpilin sebenarnya merupakan sebuah galaksi. Kenyataan tersebut telah merobohkan asas teori Chamberlin-Moulton, lalu teori mereka

dipinggirkan. Namun begitu, Teori Chamberlin-Moulton tetap menyumbangkan konsep yang penting kedalam kajian pembentukan planet iaitu daya *tidal*.

(e) Teori *Tidal* Jeans

Tidak begitu lama selepas Chamberlin dan Moulton mengemukakan teori mereka, James Hoopwood Jeans (1877-1946) yang merupakan seorang ahli astronomi berbangsa British telah memperkenalkan teori tidal jeans pada tahun 1916. Sama seperti Teori Chamberlin-Moulton, Teori *Tidal* Jeans juga berasaskan teori dua-jasab.

Berbeza dengan teori Chamberlin-Moulton, pembentukan planet dalam teori Jeans tidak memerlukan suatu letusan prominen yang besar sebagai syarat pembentukan planet. Jeans menyatakan bahawa planet terbentuk hasil daripada kesan tidal force yang disebabkan oleh lintasan suatu bintang yang besar berdekatan dengan matahari. Bagi mendapat gambaran yang lebih baik, teori *tidal* jeans dapat ringkaskan kepada tiga peringkat utama seperti mana yang ditunjukkan dalam rajah 2 dibawah.

1. Herotan tidal matahari dan pembentukan filamen pelepasan jirim (rajah 2.a)
2. Pemutusan filamen pelepasan jirim kepada beberapa bahagian (rajah 2.b)
3. Runtuhan bahagian-bahagian jirim (graviti) dan membentuk planet. (rajah 2.c)

Pada awalnya, teori Jeans telah diterima secara meluas dalam komuniti astronomi ketika itu. Namun ahli saintis mula meragui kebarangkalian untuk model pembentukan planet Jeans itu benar-benar berlaku. Harold Jeffreys (1891-1989) merupakan saintis yang pertama yang melontarkan keraguan tersebut pada tahun 1929. Namun keraguan tersebut masih tidak cukup kuat untuk menolak teori Jeans. Pada ketika itu, satu-satunya sistem suria yang diketahui wujud adalah sistem suria kita. Ketiadaan sistem suria yang lain ini dilihat seiring dengan kebarangkalian (yang sangat kecil itu) untuk berlakunya fenomena pembentukan planet Jeans. Walaubagaimanapun, pada tahun 1935, Henry Norris Russel (1877-1957) telah mempersoalkan kewujudan planet Utarid berdasarkan teori Jeans yang disebabkan oleh kesan graviti matahari terhadap filamen pelepasan jirim yang memberi kesan kepada momentum sudutan; tidak cukup untuk menerangkan orbit Utarid dan orbit planet-planet yang berada jaduh dari matahari. Ini telah memberikan tamparan yang kuat terhadap teori Jeans.

Walaupun model pembentukan planet Jeans terbukti tidak dapat menerangkan pembentukan sistem suria dengan baik, namun Jeans telah menghasilkan asas-asas yang baru yang hingga kini digunakan dalam pelbagai aplikasi astronomi dan astrofizik.

(f) Model Tokokan Schmidt-Lyttleton

Masalah momentum sudutan yang dihadapi oleh hipotesis Laplace masih belum dilupakan sepenuhnya. Pada tahun 1944, seorang ahli astronomi Soviet Union bernama Schmidt cuba menyelesaikan masalah tersebut dengan mencadangkan bahawa Matahari telah merentasi suatu sebuah awan antara-najam yang padat. Hasilnya, apabila Matahari dikelilingi oleh satu lapisan gas-gas dan debu-debu. Lyttleton, pada tahun 1991, telah menambahbaik model Schmidt dengan dengan menyatakan bahawa Matahari dalam model tersebut kehilangan momentum sudutannya hasil daripada kesan interaksi antara Matahari dan awan antara-najam.

Walaupun Schmidt dan Lyttleton dilihat berjaya menyelesaikan momentum sudutan Laplace, mereka juga perlu berdepan dengan masalah pembentukan planet. Dalam model tersebut,

pembentukan planet bermula dengan penempatan butiran-butiran pepejal, yang terbentuk daripada pengumpulan gas-gas dan debu yang menyelubungi Matahari, ke dalam satu satah dan membentuk satu cakera besar mengelilingi Matahari. Butiran yang berada dalam cakera tersebut akan merasai ketidakseimbangan graviti dan mulai berkumpul serta bergabung lalu membentuk planetesimal-planetesimal. Planet terbentuk hasil pelanggaran dan penyatuan planetesimal-planetesimal tersebut. Model Schmidt-Lyttleton bukan sahaja membuka jalan bagi menyelesaikan masalah momentum sudut, malah juga memberikan suatu gambaran baru mengenai kerumitan pembentukan planet daripada bahan-bahan yang berbau.

(g) Teori Protoplanet

Pada tahun 1960, Teori protoplanet telah diperkenalkan oleh McCrea yang mampu menerangkan kedua-dua masalah momentum sudut Matahari dan pembentukan planet. Dalam teori ini, kedua-dua matahari dan planet terbentuk dari satu awan antara-najam yang berketumpatan yang tinggi. Apabila awan runtuh, maka jirim-jirim yang terdapat dalam awan tersebut mulai berolak. Pelanggaran antara aliran jirim-jirim yang berolak ini menghasilkan kawasan-kawasan yang tumpat dan akan bergerak ke kawasan yang kurang tumpat. (cerita pasal floccules?) Lama kelamaan, salah satu pengumpulan jirim-jirim akan kian membesar sehingga memperolehi suatu jisim yang mencukupi untuk menjadi pusat graviti yang menarik dan memegang objek-objek disekelilingnya dan seterusnya menjadi Matahari. Kumpulan-kumpulan jirim yang lebih kecil akan terperangkap dalam tarikan graviti Matahari dan seterusnya menjadi planet.

Teori McCrea telah berjaya menerangkan masalah momentum sudut Matahari dengan idea yang baru, iaitu menerusi pembentukan bintang hasil daripada proses pengumpulan kumpulan-kumpulan aliran jirim yang berolak yang datang dari pelbagai arah. Walaubagaimanapun, McCrea terpaksa berdepan dengan beberapa masalah dari segi pembentukan planet.

Permasalahan pertama teori protoplanet adalah mengenai ramalan teori itu yang menyatakan bahawa planet yang terbentuk akan mempunyai momentum sudut yang terlalu tinggi. McCrea membuat penambahbaikan kepada teorinya, berdasarkan idea Lyttleton pada tahun 1960, dengan menyatakan bahawa, apabila kumpulan-kumpulan jirim yang akan membentuk planet mempunyai momentum sudut yang tinggi, maka kumpulan jirim tersebut akan berpecah kepada dua bahagian pada nisbah lebih besar daripada 8:1. Pepecahan kumpulan jirim itu menyebabkan momentum sudut turut terbahagi kepada dua menyebabkan setiap kumpulan jirim yang baru itu memiliki momentum sudut yang rendah.

Masalah kedua berkaitan dengan ramalan jangka hayat kumpulan jirim yang pendek iaitu kira-kira setahun sahaja. Jangka hayat yang pendek ini dikatakan tidak cukup bagi pengumpulan jirim-jirim yang stabil untuk terbentuk. McCrea mengatasinya masalah tersebut dengan mengubah dua perkara. Pertama, beliau mengubah keadaan awal awan antara-najam agar ia dalam keadaan yang stabil. Oleh yang demikian, pembentukan planet terjadi menerusi pemecahan awan antara-najam dan bukannya menerusi pelanggaran aliran jirim seperti yang diterangkan pada awalnya.

(h) Teori Tangkapan

Teori tangkapan telah diperkenalkan oleh Michael Mark Woolfson (Lahir pada 1927) pada tahun 1964. Teori tersebut mengatakan bahawa sistem suria terbentuk hasil daripada interaksi antara Matahari dan *protostar* yang mempunyai ketumpatan yang lebih rendah. Apabila *protostar* tersebut menghampiri Matahari, bahan-bahan dari atmosfera bintang yang berbau itu akan

tertarik ke arah Matahari. Bahan-bahan tersebut kemudiannya akan runtuh dan membentuk planet-planet. Woolfson turut menerangkan dalam teorinya itu mengenai orbit planet yang berbentuk elip disebabkan oleh pelanggaran antara planet-planet semasa proses pembentukan.

Satu-satunya masalah yang dihadapi oleh teori ini adalah mengenai usia Matahari dan planet-planetnya. Teori tangkapan meramalkan bahawa Matahari mempunyai usia yang berbeza, iaitu lebih tua berbanding planet-planet yang terbentuk disekelilingnya. Namun, usia kedua Matahari dan planet didapati hampir sama dan ini menunjukkan bahawa pembentukan Matahari dan planet pada masa yang sama dan bukannya secara berasingan sepertimana yang diterangkan oleh teori Woolfson diatas.

Kebangkitan Teori Nebula Laplace

(i) Teori Laplace Moden

Selepas sekian lama teori Laplace diketepikan, Andrew Prentice telah memberi nafas baru kepada teori tersebut pada tahun 1978 dan menamakannya sebagai Teori Laplace Moden. Dalam teori baru tersebut, Prentice mencadangkan bahawa masalah momentum sudut yang dihadapi oleh teori Laplace yang terdahulu dapat diselesaikan menerusi kesan seretan keatas. Namun terdapat keraguan yang timbul mengenai jangka hayat cakera *protoplanet* yang difikirkan tidak mampu bertahan dengan lama sebelum terbentuknya sebarang planet. Walaupun pembaharuan teori nebula ini masih tidak dapat diterima oleh komuniti astronomi pada masa itu, beberapa penemuan baru telah dijumpai dan mencetuskan kebangkitan teori nebula buat kali kedua.

(j) Model Cakera Nebula Suria

Tidak lama selepas Prentice mengemukakan teori Laplace moden, dua penemuan baru telah dijumpai dan penemuan-penemuan ini telah menjadi pencetus bagi komuniti astronomi untuk melihat kembali teori nebula;

1. Kebanyakan bintang muda yang dicerap didapati berada dalam satu selubung cakera debu yang sejuk. Hakikat ini merupakan satu ciri-ciri sering diramal oleh teori nebula.
2. Banyak bintang didapati mempunyai lebih radiasi inframerah hasil daripada pencerapan satelit inframerah. Lebih radiasi tersebut sering dikaitkan dengan debu dalam lingkungan bintang. Contoh bintang yang sering digunakan dalam menyokong teori nebula adalah bintang Beta Pictoris.

Teori ini dibina berdasarkan pengetahuan dan kesilapan yang telah dipelajari sepanjang 300 tahun. Secara mudahnya, model cakera nebula suria boleh dipecahkan kepada ...

1. Pembentukan protostar dan cakera protoplanet
 - Bermula dengan runtuh dan pemecahan awan molekular gergasi yang akan berlaku selama jutaan tahun.
 - Setiap pecahan awan molekular akan mulai membentuk pusat yang makin mengecil dan padat. Runtuh ini akan mengakibatkan awan yang jatuh ke pusat akan meningkat kelajuannya atas faktor momentum sudut yang terabadi.
 - Runtuh awan ini akhirnya membentuk cakera pada satah yang menerusi pusatnya.

- Pada ketika ini, pusat cakera dipanggil protostar dan cakeranya pula dipanggil cakera protoplanet.

2. Pembentukan planet

- Planet terbentuk di dalam cakera protoplanet.
- Molekul-molekul akan bergabung dan membesar menjadi planetesimal.
- Planetesimal-planetesimal akan terus membesar dan akan pecah kembali bila ia berlanggaran antara satu sama lain.
- Akhirnya, sejumlah kecil daripada jutaan planetesimal yang terbentuk dapat mengekalkan jisimnya dan menjadi planet.

III. KESIMPULAN

Pada asasnya, perkembangan teori pembentukan sistem suria telah mengalami pelbagai perubahan yang amat ketara. Antara yang jelasnya, peranan Tuhan dalam pembentukan sistem suria itu sendiri. Teori Descartes dan Swedenborg dilihat masih mempunyai ruang bagi Tuhan walaupun tidak dinyatakan dengan jelas. Laplace antara yang pertama yang cuba memalingkan diri dari Tuhan dan membina asas teori yang sendiri. Teori Laplace telah dianggap sebagai teori pembentukan yang mempunyai asas saintifik (pada masa itu), telah dijadikan batu aras dan pembinaan teori-teori selanjutnya.

Walaupun bagaimanapun, masalah terbesar yang dihadapi Laplace iaitu masalah momentum sudutan, telah menghalang teorinya untuk berkembang. Hal ini kemudiannya telah menyebabkan timbul satu lagi teori alternatif lain semata-mata untuk mengelak daripada masalah tersebut.

Secara umumnya, terdapat dua jenis teori pembentukan sistem suria. Pertama adalah teori nebula dan keduanya adalah teori dua-jasab. Teori dua jasab, seperti teori Buffon dan Charnelin-Moulton masing-masing bermatlamat ingin lari dari masalah angular momentum dengan mengandaikan Matahari sudahpun wujud. Walaupun bagaimanapun, teori nebula akhirnya berjaya dan telah mampu menerangkan hampir semua keadaan dan fenomena sistem suria kita.

Pada tahun 1995, sebuah planet telah berjaya dikesan mengelilingi sebuah bintang. Hakikat ini amat mencabar ahli-ahli astronomi kerana selama ini, teori pembentukan sistem suria kebanyakan hanya menumpu kepada bagaimana terbentuk suatu sistem suria dengan ciri-ciri yang ada pada sistem suria kita. Tanggapan bahawa setiap sistem suria mempunyai ciri yang sama didapati tidak benar apabila kebanyakan exoplanet yang dijumpai menunjukkan ciri-ciri yang amat radikal dan berbeza dengan sistem suria kita. Sekali lagi teori pembentukan sistem suria dicabar dan ruang untuk teori-teori baru terus terbuka.

IV. RUJUKAN

- ¹Martin. L., 2009. *Cosmological Theories Through History*.
<http://www.physicsoftheuniverse.com/cosmological.html>
- ²Taylor, S. R., 2001. *Solar System Evolution; A New Perspective*. 2nd Ed. Cambridge University Press
- ³Baker. G. L., 1983. *Emanuel Swendenborg – An 18th Century Cosmologist*. The Physics Teacher. October:441-446.
- ⁴Abruzzo. A. J., *The Origins of The Nebular Hypothesis – or, the Genesis of a Theoretical Cul-de-sac*. The General Science Journal.
- ⁵Woolfson, M. M., 2011. *On The Origin of Planets – by means of natural simple processes*. Imperial College Press.
- ⁶Woolfson, M. M., 1993. *The Solar System: Its Origin and Evolution*. Journal of the Royal Astronomical Society. **34**: 1–20.
- ⁷ESO, 2010, *Spiral Galaxies Stripped Bare*,
<https://www.eso.org/public/news/eso1042/>
- ⁸Anon, 2016, *Solar Prominence*,
<https://www.theienvanhoc.org>