

Sejarah Ringkas Teori Tetali dan Dimensi Tambahan

Raif Rafideen Norisam
raifrafideen93@gmail.com

Department of Physics and Astronomy,
University of Leicester

1 Pengenalan

Abstrak dan sains merupakan subjek yang amat menarik perhatian para falsafah terutama di kalangan saintis dalam fizik teori. Di dalam makalah ini, saya ingin membentangkan sejarah ringkas mengenai Teori Tetali (*String Theory*) berserta konsep dimensi tambahan dan implikasi terhadap fizik kosmologi.

2 Sejarah Ringkas Teori Tetali (*String Theory*)

Teori Tetali (*String Theory*) ialah sebuah teori yang dikemukakan oleh para ahli fizik teori yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah gabungan Teori-Teori Daya (*Grand Unified Theory*) yang menjadi penyebab kepada penzahiran hukum alam. Merujuk kepada Teori (*Standard Model*), terdapat 4 jenis daya yang menjadi penyebab kepada hukum alam, iaitu ;

- Daya Electromagnetik (Electromagnetic Force)
- Daya Nuklear Lemah (Weak Nuclear Force)
- Daya Nuklear Kuat (Strong Nuclear Force)
- Daya Gravitasi (Gravitational Force)

Sejarah penubuhan Teori Tetali bermula pada sekitar akhir tahun 1960-an dalam percubaan untuk menyelesaikan masalah mekanisma Daya Nuklear Kuat. Pada masa itu, Leonard Susskind, Yoichiro Nambu dan Holger Bech Nielsen telah mengemukakan konsep *Gluonic String* sebagai mekanisma untuk Daya Nuklear kuat. Menurut Susskind et.al, konsep *Gluonic String* boleh digambarkan dengan tetali (String) yang dilekatkan pada dua zarah quark. Apabila, 2 zarah quark di jauhkan dari satu sama lain, tenaga potensi tetali semakin meningkat. Justeru itu, ia menyebabkan peningkatan jumlah tenaga yang di terapkan di dalam dua zarah tersebut dan ia selari dengan *Trajektori Regge*

Pada jangka masa yang sama, Teori Quantum Chromodynamics telah menarik perhatian di kalangan ahli fizik teori disebabkan kemasukan Cas Warna dan medan Gluon (*Color Charge and Gluonic Field*) didalam mekanisma Daya Nuklear Kuat. Oleh sebab itu, Konsep *Gluonic String* telah ditukarkan kepada Teori Tetali Boson (*Bosonic String Theory*) oleh para ahli teori tetali. Teori Tetali Boson merupakan Teori Tetali yang terawal yang melibatkan sifat-sifat zarah dan mod getaran tetali. Berdasarkan Teori Tetali ini, sifat-sifat zarah *Boson* seperti sudut momentum, jisim dan tenaga di dalam zarah boleh digambarkan melalui pelbagai mod getaran tetali. Semakin tinggi mod getaran tetali, semakin tinggi jisim, tenaga dan sudut momentum zarah tersebut. Hasil getaran mod pada tetali juga sekaligus menyebabkan trajektori tetali pada ruang masa-waktu menjadi 2 dimensi kertas (*World Sheet*). Oleh kerana arah pergerakan dan saiz tetali tersebut perlu diquantumkan (*quantised*) untuk menyamakan teori medan kuantum (*Quantum Field Theory*), teknik Renormalizaion diperlukan untuk menyelesaikan masalah ini. Melalui teknik ini, Teori Tetali Boson memerlukan sebanyak 26 Dimensi ($D= 26$) untuk mendapatkan konsisten matematik terutama dalam mengaitkan Sifat-sifat zarah *Boson*.

Oleh disebabkan Teori tetali pertama hanya melibatkan zarah-zarah *Boson*, ahli fizik teori telah mengemukakan penglibatan zarah *Fermion*, Teori Gabungan (*Grand Unified Theory*) dan Konsep *Supersymmetry* di dalam teori ini pada awal 1980-an. Dengan menggunakan teknik yang sama (*Renormalization*) seperti yang dinyatakan pada perenggan sebelumnya, Dimensi maksimum yang diperlukan untuk Teori Tetali ini diturunkan kepada ($D = 10$). Teori tetali kemudian dikembangkan kepada lima pecahan teori iaitu, *Type I*, *Type IIA*, *Type IIB*, dan Teori tetali heterotik ($SO(32)$ & $E8 \times E8$). Pecahan-Pecahan Teori tetali tersebut dilakukan dengan bertujuan untuk mengaitkan dengan hubungan Teori tetali Boson, Teori Tetali Super (*Superstring Theory*) dan arah pusingan tetali yang tertutup serta buka. Pada akhir tahun 1980-an, Teori Tetali ini telah

dikembangkan oleh Phillip Candelas dalam menggambarkan bentuk 6-Dimensi Tambahan kepada 3 -Dimensi Kompleks (*Complex Dimensions*). Bentuk ini telah dipanggil sebagai *Calabi – Yau Manifold*.

Pada pertengahan 1990-an, Teori tetali ini telah diubahsuai oleh Edward Witten yang dinamakan sebagai *M – Theory* yang bertujuan untuk menyatukan teori *Quantum Gravity* di dalam Teori tetali. Berdasarkan konsep *M – theory*, konsep Teori Tetali boleh digambarkan melalui 2-dimensi membran (*membrane*) yang ditrajektorikan di dalam ruang waktu. Hasil trajektori membran menyebabkan pembentukan 3 dimensi pukal di dalam ruang waktu. Hasil penubuhan *M – theory* menyebabkan jumlah dimensi yang diperlukan kepada ($D = 11$) di dalam Teori Tetali. Melalui *M-theory*, terdapat beberapa konsep (atau model) dan prinsip telah dikemukakan iaitu, Model Randall-Sundrum, Prinsip Holografi (*Holographic Principle*) dan Teori Medan Conformal (*Conformal field Theory*) yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah Paradox Informasi Lubang gelap (*Black Hole Information Paradox*) dan kelemahan gandingan graviti. Pada tahun 1998, penemuan nilai positif ketetapan Kosmologi (*Positive Cosmological Constant*) telah menyebabkan pengubahsuaian *M – theory* kepada *String Theory Landscape* yang bertujuan untuk menyesuaikan Teori Quantum dan Kosmologi yang masih berterusan dan juga sebagai teori utama Teori Tetali.

3 Konsep Dimensi Tambahan

Kita dapat melihat melalui sejarah Teori Tetali Konsep Dimensi Tambahan di dalam bidang fizik teori boleh digambarkan melalui geometri. Salah satu teori terawal mengenai konsep dimensi tambahan boleh rujuk pada Teori Kaluza-Klein. Menurut Teori Kaluza-Klein, dimensi tambahan boleh digambarkan dengan analogi batang rod berbentuk silinder. Bagi pemerhati jarak jauh, batang rod tersebut akan dilihat seperti garisan 1-dimensi. Manakala, bagi pemerhati jarak dekat batang rod tersebut akan dilihat lebih tebal. Justeru itu, ketebalan tersebut dilihat sebagai 2-dimensi melalui pemerhati jarak dekat. Oleh itu, dengan menyatukan potensi elektromagnetik, potensi Gravitasi dan konsep dimensi tambahan dalam Persamaan Medan Einstein (*Einstein Field Equations*), dimensi tambahan yang dikemukakan oleh Kaluza-Klein ialah medan Elektromagnetik. Gambaran Toeri Kaluza-Klein boleh rujuk pada gambar rajah dibawah.

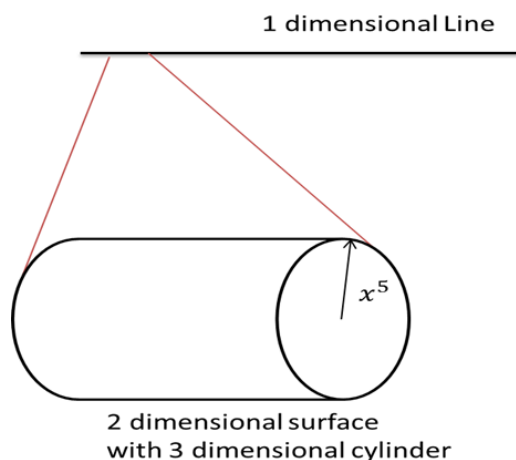


Figure 1: Gambaran Dimensi tambahan berdasarkan Teori Kaluza Klein

Di dalam Teori Tetali, terdapat 6 dimensi tambahan yang perlu di paparkan dalam geometri. Berdasarkan pandangan Phillip Candelas, 6-Dimensi luaran boleh digambarkan dengan menggunakan geometri 3-Dimensi Kompleks. Dalam analisis kompleks, 1-dimensi kompleks C

mempunyai 2 dimensi *Real* R . Hal ini boleh dikaitkan dengan planar nombor kompleks. Nombor Kompleks z terdiri daripada 2 komponen iaitu, x sebagai nombor *Real* dan iy sebagai nombor *Imaginary*. Gambaran nombor kompleks boleh dipaparkan melalui graf dua dimensi xy seperti yang dipapar pada gambar 2. Hasil daripada paparan nombor kompleks pada planar xy kita dapat menyimpulkan bahawa 1 dimensi kompleks mempunyai 2 dimensi *Real*.

Menurut Phillip Candelas, untuk mendapatkan solusi geometri bagi 3-Dimensi Kompleks, *metric* geometri tersebut hendaklah mempunyai ciri-ciri yang memberikan nilai Tensor Ricci (atau *Vacuum Solution*) iaitu

$$R_{i\bar{j}} = 0 \quad (1)$$

Salah satu bentuk geometri yang mempunyai ciri-ciri tersebut ialah $K - 3$ *Surface* seperti yang di paparkan pada gambar 3. Hasil paparan bentuk geometri tersebut dikenali sebagai *Calabi - Yau manifold*. Terdapat pelbagai jenis *metric*, Geometri dan solusi yang boleh dipapar sebagai *Calabi - Yau Manifold*. Menurut Leonard Susskind, terdapat anggaran 10^{500} jenis solusi *Calabi-Yau Manifold* yang boleh menyelesaikan Gabungan Teori-Teori Daya. Disebabkan kepelbagaian bentuk geometri *Calabi - Yau Manifold*, Cumrun Vafa menamakan solusi tersebut sebagai Lanskap Tetali (*String Landscape*). Melalui lanskap Tetali, ciri-ciri *Calabi-Yau Manifold* boleh diimplikasikan dalam masalah kosmologi dan nilai ketetapan hukum alam (*Physical Constants*).

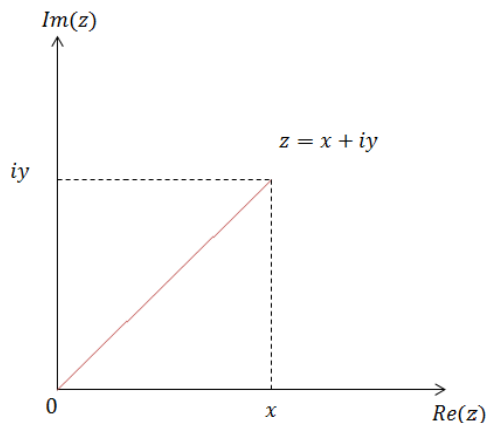


Figure 2: Paparan Nombor kompleks z melalui 2 dimensi xy

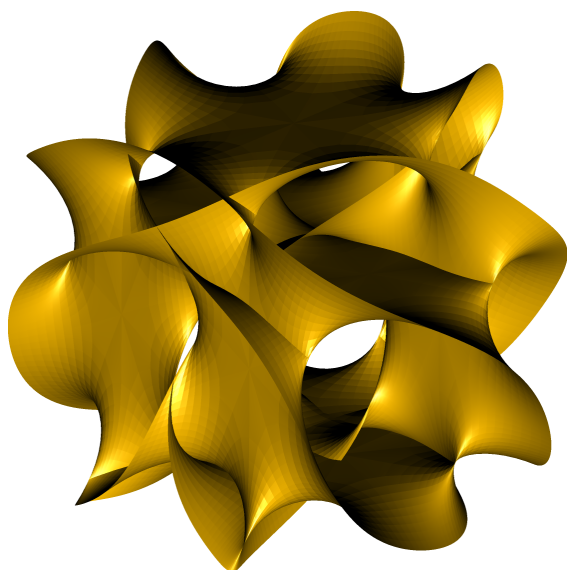


Figure 3: Paparan Permukaan $K-3$ ($K-3$ Surface) sebagai 3-Dimensi Kompleks Calabi yau Manifold

4 Implikasi Dimensi Tambahan di dalam Kosmologi

Pada perenggan sebelumnya, kita dapat lihat perkembangan teori tetali telah mewujudkan Konsep Dimensi tambahan dan juga kepelbagaian bentuk *Calabi - Yau Manifold*. Melalui kepelbagaian bentuk *Calabi - Yau Manifold*, para ahli fizik teori dapat lihat ia boleh diimplikasikan terhadap Fizik Kosmologi dan Nilai Ketetapan Hukum Alam.

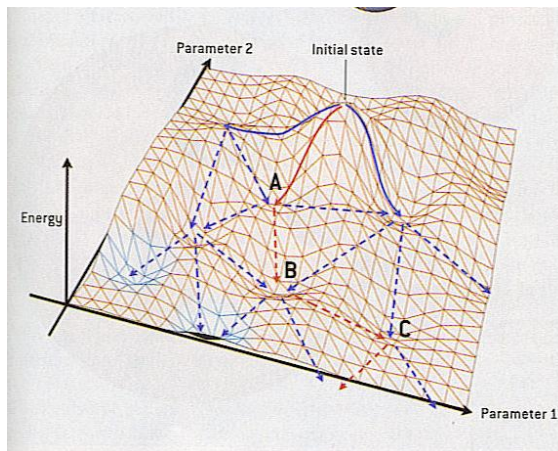


Figure 4: Paparan konsep Lanskap Tetali hasil daripada kepelbagaian bentuk Calabi yau Manifold

Dalam fizik Kosmologi, kejadian inflasi Kosmik (*Cosmic Inflation* pada awal kejadian *Big Bang* menjadi tanda tanya pada para ahli Kosmologi (*Cosmologist*). Teori Inflasi Kosmik merupakan solusi bagi menyelesaikan masalah kerataan alam, satu kutub magnet (*magnetic monopole*) dan ufuk kosmik. Berdasarkan konsep Landskap Tetali, mekanisme inflasi Kosmik boleh dibahaskan melalui fenomena *Quantum Tunnelling* di dalam Lanskap. Proses *Quantum Tunnelling* akan berlaku apabila suatu sistem kuantum yang berkeadaan stabil di lurah vakum lebih tinggi bertindak ke arah lurah vakum yang lebih rendah. Hal ini menyebabkan tenaga vakum (*Vacuum Energy*) berubah semasa proses *Big Bang* yang menyebabkan pengurangan kadar proses inflasi pada jangka masa yang singkat. Justeru itu, nilai ketetapan Kosmologi *Cosmological Constant* di dalam Alam yang diukur pada hari ini berkemungkinan merupakan lurah stabil vakum yang lebih rendah di dalam Lanskap tetali berbanding pada masa proses inflasi kosmik.

Selain implikasi terhadap inflasi kosmik, Teori Lanskap Tetali juga boleh dibahaskan dalam masalah Nilai ketetapan Alam dan kejadian alam-alam yang lain. Hal ini boleh dibahaskan melalui ciri-ciri bentuk *Calabi - Yau Manifold* di dalam suatu ruang Alam. Sebagai contoh, hampir keseluruhan ruang Alam A mempunyai bentuk *Calabi - Yau Manifold* (CY_A) yang mempunyai nilai tenaga Vakum yang tinggi di dalam Lanskap Tetali, manakala sebahagian kecil di dalam Alam A mempunyai bentuk *Calabi - Yau Manifold* (CY_B) yang mempunyai nilai tenaga vakum yang rendah berbanding kawasan ruang yang mempunyai CY_A . Melalui proses *Quantum Tunnelling*, kawasan ruang yang mempunyai CY_B di dalam Alam A akan berkembang melalui proses inflasi kosmik. Justeru itu, ia menyebabkan berlaku perwujudan Alam yang baru serta nilai ketetapan hukum Alam yang berbeza berbanding Alam A .

5 Kesimpulan

Secara rumusnya, kita dapat lihat perwujudan Teori Tetali yang berumur separuh abad telah banyak membantu dalam penggunaan geometri Dimensi Tambahan. Oleh itu, hasil penerokaan dimensi tambahan telah banyak membantu Teori-Teori Gabungan Daya, Nilai Ketetapan Hukum Alam, Inflasi Kosmik, dan juga perwujudan Alam-Alam lain.

6 Sumber Rujukan

- Bousso, R, Polchinski J, The String Theory Landscape Scientific American 2004 , m/s 80 -85
- ,Wray Kevin An Introduction to String Theory May 6, 2011 ,University of California Berkeley, m/s 19-21
- David Tong, String Theory, University of Cambridge Part III Mathematical Tripos m/s 25-40
- Kaluza, Theodor ,1921. "Zum UnitÄt'sproblem in der Physik". Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.): m/s 966â€”972
- L. Susskind, "The anthropic landscape of string theory", [Online], Available at [arXiv:hep-th/0302219](https://arxiv.org/abs/hep-th/0302219)
- L. L. Williams Journal of Gravity, Volume 2015 (2015), Article ID 901870, 6 page, [Online], Available at <http://dx.doi.org/10.1155/2015/901870>
- Greene Brian , String Theory on Calabi yau Manifolds, 2.6 Metrics: Hermitian and KÄähler Manifolds, 1997 , m/s 24 [Online], Available at [arXiv:hep-th/9702155](https://arxiv.org/abs/hep-th/9702155)
- Candelas et al, A pair of Calabi Yau Manifolds as an exactly soluble Super Conformal Theory. 1 February 1991. University of texas
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 12 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 173 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 97 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 34 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 117 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Dean Rickles , A brief history of string theory, m/s 123-129 , 2014 ,Springer-verlag Berlin Heidelberg
- Frank Wilczek, QCD Made Simple, Physics today , American Institute of Physics , 2000 m/s 22-27
- Candelas, Phillip , Topics in T-Duality , Oxford University , 2007-2008 , m/s 3-5
- Griffiths Harris ,Principles of Algebraic Geometry, John Willey and Sons ,1978, m/s 2
- Joseph Polschinki , String Theory, volum II Super String and beyond , Cambridge university Press, m/s 496
- David J. Gross, Jeffrey A. Harvey, Emil Martinec, and Ryan Rohm. Phys. Rev. Lett. m/s 54, 502 â€” Published 11 February 1985
- Katrin Becker et.al, String Theory and M theory a Modern Introduction, M- theory and S duality, m/s 324-326
- D, Ebert et.al , Mass spectra and Regge trajectories of light mesons in the relativistic quark model, Mar 2009 Online , Available at <https://arxiv.org/abs/0903.5183>
- Carter, Brandon , Anthropic Principle in Cosmology, June 2004 LuTh, Observatoire de Paris-Meudon, m/s 2-3 , Online, Available at <http://arxiv.org/pdf/gr-qc/0606117v1.pdf>
- Vafa, Cumrun , Evidence of F-Theory, Harvard University, 5 Feb 1996 , m/s 1 Online , Available at [arXiv:hep-th/9602022](https://arxiv.org/abs/hep-th/9602022)
- Ryden, Barbara , Introduction to Cosmology, 2003, Inflation and the Very Early Universe, m/s 191-199
- Edelstein JosÄl' D.,Lecture 6: The superstring, University of Santiago de Compostela February 26, 2013
- , Saunders. Simon, Ads/CFT correspondence, Philosophy of Cosmology, University of Oxford Available at <http://philosophy-of-cosmology.ox.ac.uk/AdS-CFT-correspondence.html>
- Christof Schmidhuber, D-Brane actions .16 Feb 1996, Online, Available at [arXiv:hep-th/9601003v3](https://arxiv.org/abs/hep-th/9601003v3)