

## Teori Kestabilan dan Penerapannya untuk Memahami Keseimbangan Alam Semesta

Abadi

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: [abadi@unesa.ac.id](mailto:abadi@unesa.ac.id)

---

### Info Artikel

#### Riwayat Artikel:

Diterima: 15 Mei 2017

Direvisi: 1 Juni 2017

Diterbitkan: 31 Juli 2017

#### Kata Kunci:

---

### ABSTRAK

Alam semesta yang terdiri dari berbagai elemen dalam berbagai ukuran bergerak menurut hukum-hukum termodinamika dan mengikuti hukum kekekalan energi. Pada prinsipnya, gerakan suatu benda langit dipengaruhi oleh gaya tarik-menarik benda-benda yang berukuran jauh lebih besar yang ada di sekitar benda langit tersebut. Fenomena alam tersebut dapat dijelaskan melalui model matematika dalam bentuk persamaan diferensial dan sistem dinamik, khususnya teori Masalah Tiga Benda (*The Three-body Problem*). Paper ini membahas kestabilan alam semesta berdasarkan teori kestabilan sistem dinamik dikaitkan dengan hukum-hukum fisika serta bagaimana ayat-ayat Al Qur'an terkonfirmasi atau bahkan menginspirasi fenomena alam tersebut.

Copyright © 2017 SIMANIS.  
All rights reserved.

---

## 1. PENDAHULUAN

Keberadaan sains dan teknologi seringkali diklaim tercipta sebagai hasil rekayasa dan pemikiran murni penemunya. Akan tetapi seringkali penemuan-penemuan di bidang sains dan teknologi berangkat dari asumsi yang belum diketahui kebenarannya secara saintifik. Misalnya, sampai sekarang para saintis masih sepaham bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan. Pertanyaannya, darimanakah energi tersebut berasal? Oleh karena itu, pembahasan yang mengaitkan teori-teori yang dikembangkan secara saintifik dan empirik dengan kebenaran filosofis dan lentur dari pengetahuan agama penting kiranya untuk dikemukakan dalam bentuk tulisan ilmiah.

Salah satu teori yang seringkali digunakan untuk mempelajari dinamika benda-benda langit ada Masalah Tiga Benda (*Three Body Problem*). Menggunakan teori tersebut dapat dijelaskan keteraturan dan kestabilan pergerakan benda-benda langit menurut orbitnya dengan menggunakan Hukum Gravitasi Universal Newton

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

di mana  $F$  merupakan gaya antar massa

$G$  tetapan gravitasi

$m_i$  massa benda ke  $i$

$r$  jarak antara pusat benda.

Studi tentang kestabilan sistem planet (*planetary systems*) oleh Laskar dan Robutel (1995) juga menjelaskan bahwa kestabilan sistem planet di alam semesta dapat dipelajari melalui sistem Hamiltonian dalam variabel kanonikal.

$$H = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n \frac{\|u_i\|^2}{m_i} - G \sum_{0 \leq i < j} \frac{m_i m_j}{\Delta_{ij}} \tag{1}$$

di mana  $\Delta_{ij} = \|u_i - u_j\|$  dan  $G$  adalah konstanta gravitasi. Menggunakan sistem tersebut mereka melakukan simulasi numerik untuk menyimpulkan kestabilan sistem planet.

Akan tetapi, masalah kesetimbangan alam semesta ini apabila dibahas menggunakan teori astrofisika dapat disimpulkan bahwa alam semesta ini tidak setimbang yang ditunjukkan seiring terus bertambahnya entropi akibat pergerakan elemen-elemen yang bergerak di alam semesta. Dengan bertambahnya nilai entropi, alam semesta berakselerasi semakin cepat (dan tidak setimbang) dan apabila seluruh ketidaksetimbangan tersebut dijumlahkan akan mengakibatkan alam semesta hancur dan kembali ke posisi setimbang.

**II. KESTABILAN DAN KETAKSTABILAN SISTEM DINAMIK**

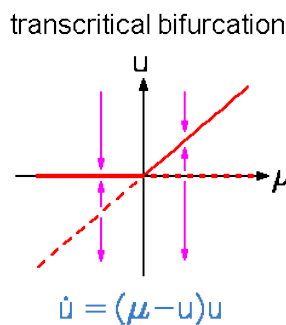
Persamaan diferensial digunakan untuk memodelkan suatu proses dinamik. Persamaan tersebut mampu memodelkan secara sederhana setiap fenomena yang memuat satu atau lebih variabel yang bergantung secara kontinu terhadap waktu tanpa adanya pengaruh-pengaruh acak. Oleh karena itu, dalam menyelesaikan suatu persamaan diferensial yang lebih penting adalah mencari informasi kualitatif tentang perilaku penyelesaian tersebut di selang waktu yang lebih lama, apakah asimtotik, periodik, *attracting*, dan sebagainya. Analisis penyelesaian suatu persamaan diferensial terhadap penyelesaian hiperbolik dan penyelesaian non-hiperbolik. Pada penyelesaian hiperbolik, gangguan (*perturbasi*) kecil terhadap penyelesaian tidak akan mengubah sifat kualitatif penyelesaian tersebut. Sebaliknya pada penyelesaian non-hiperbolik, gangguan kecil terhadap penyelesaian akan mengubah sifat kualitatif penyelesaian. Situasi ini merupakan situasi di mana persamaan diferensial bergantung pada nilai suatu parameter. Untuk kasus gangguan terhadap penyelesaian non-hiperbolik dapat dipelajari melalui *teori bifurkasi*.

Teori bifurkasi merupakan salah satu cara untuk menentukan kestabilan dari penyelesaian suatu (sistem) persamaan diferensial. Diberikan sistem persamaan diferensial

$$x' = F_a(x) \tag{2}$$

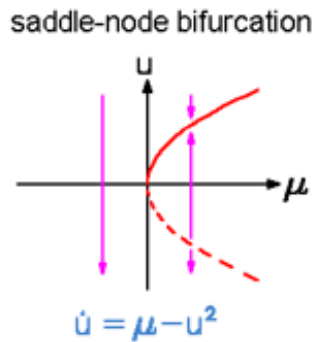
di mana  $a$  parameter bernilai real. Jika  $\tilde{x}$  merupakan titik setimbang dari (2) dan jika  $F_a'(\tilde{x}) = 0$  dan  $F_a''(\tilde{x}) \neq 0$  maka  $\tilde{x}$  merupakan penyelesaian non-hiperbolik dan terdapat  $a = a_0$  yang disebut sebagai nilai bifurkasi, di mana  $\tilde{x}$  berubah sifatnya secara kualitatif ketika melalui nilai bifurkasi tersebut. Beberapa jenis bifurkasi yang dapat disebutkan:

1. Bifurkasi *transkritikal*



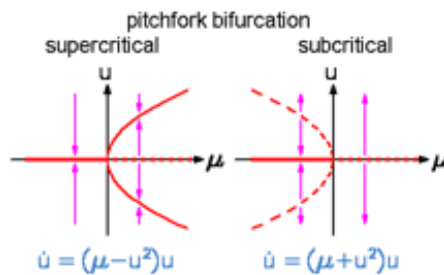
Gambar 1. Diagram bifurkasi transkritikal

2. Bifurkasi saddle-node



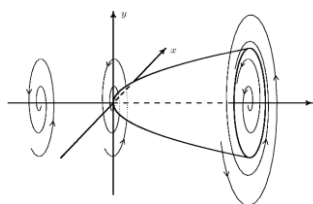
Gambar 2. Diagram bifurkasi saddle-node

3. Bifurkasi pitchfork



Gambar 3. Diagram bifurkasi pitchfork

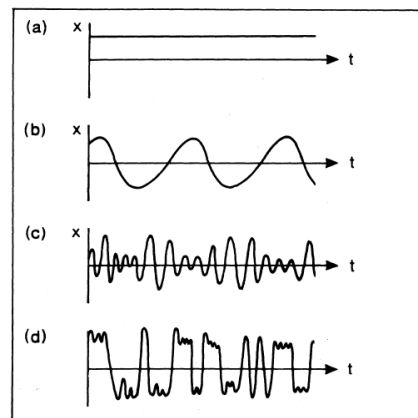
4. Bifurkasi Hopf.



Gambar 4. Diagram bifurkasi

Hopf

Analisis lebih mendalam di penyelesaian non-hiperbolik menghasilkan bifurkasi-bifurkasi jenis lain seperti bifurkasi *homoclinic*, bifurkasi *heteroclinic* yang berawal dari keberadaan penyelesaian yang berupa *closed orbit* atau penyelesaian periodik atau bahkan penyelesaian quasi periodik. Satu lagi penyelesaian (sistem) persamaan diferensial yang lebih menarik adalah *chaos*, di mana penyelesaian kontinu dan terbatas yang tidak periodik maupun quasi periodik. Berikut ilustrasi beberapa jenis penyelesaian persamaan diferensial seperti tersebut di atas.



Gambar 5. Penyelesaian persamaan diferensial (a) konstan, (b) penyelesaian periodik, (c) penyelesaian quasi periodik, (d) kemungkinan penyelesaian chaotic.

Dari pembahasan tentang penyelesaian (sistem) persamaan diferensial di atas, khususnya yang menyangkut perilaku penyelesaian, masalah kestabilan dan ketidak stabilan merupakan kunci dari pembahasan tersebut. Seperti halnya hukum kekekalan energi, ketidakstabilan dari satu penyelesaian menyebabkan kestabilan dari penyelesaian lainnya. Artinya, ketakstabilan suatu penyelesaian mengakibatkan berpindahannya energi ke keadaan setimbang (penyelesaian) yang lainnya.

### III. KESETIMBANGAN MENURUT AL QUR'AN

Berawal dari awal penciptaan alam semesta menurut *Big Bang Theory*, yang menyatakan bahwa seluruh alam semesta ini pada awalnya adalah sebuah kesatuan massa besar (Nebula Utama). Kemudian terjadilah ledakan besar (*big bang*) yang menghasilkan pecahan-pecahan yang membentuk galaksi. Peristiwa ini disebut juga Pemisahan Sekunder yang membentuk susunan benda-benda langit seperti matahari, planet, bulan, bintang, dan lain-lain (Naik, 2015). Peristiwa tersebut jauh sebelum manusia menemukan teori tersebut telah dijelaskan di dalam al Qur'an:

“Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?” (QS. al Anbiyaa: 30).

Setelah ledakan itu, apa yang membuat alam semesta tetap eksis sampai sekarang meskipun sudah berumur milyaran tahun (11 – 18 milyar tahun). Sementara Teori astrofisika menyatakan bahwa seiring dengan ketakseimbangan akibat reaksi nuklir (fusion) dari atom-atom hidrogen yang tidak stabil di matahari dapat menimbulkan energi dan peningkatan entropi. Energi yang timbul akan memberi percepatan pada gerakan alam semesta yang pada akhirnya akan membahayakan keberadaan alam semesta sendiri, dan setelah itu terjadilah kesetimbangan. Akan tetapi Mustofa (2014) menyatakan bahwa alam semesta pada awalnya memang setimbang. Apabila terjadi ketaksetimbangan, maka itu parsial sifatnya dan akan kembali setimbang seiring dengan waktu. Justru ketidaksetimbangan (parsial) yang terjadi justru disebabkan adanya campur tangan dzat yang Maha Agung. Dengan campur tanganNya pula mengapa alam semesta tetap dalam keadaan setimbang sampai saat ini, seperti yang tersurat dalam ayat berikut:

“*Sesungguhnya Allah menahan (gerakan) langit dan bumi jangan sampai lenyap. Dan sungguh jika keduanya akan lenyap tidak ada seorang pun yang dapat menahan keduanya selain Allah. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyantun dan Maha Pengampun*”. (QS. Faathir: 41).

Dari ayat tersebut terkandung makna kesetimbangan yang terjadi di alam semesta tidak akan terjadi tanpa campur tangan Allah SWT.

Kesetimbangan dan kestabilan yang dimaksudkan dalam di dalam al Qur'an lebih ke pengertian kesetimbangan atau kestabilan dinamis. Sebagai gambaran mudahnya adalah seperti kesetimbangan atau kestabilan ketika orang mengendarai sepeda, perputaran gasing dan giroskop. Meskipun terjadi ketaksetimbangan

di beberapa derajat kebebasan, akan tetapi resultan dari gerakan-gerakan yang setimbang tersebut menuju ke nol atau setimbang. Beberapa ayat al Qur'an menyatakan hal tersebut.

“Dan Allah meninggikan langit dan Dia meletakkan timbangan (Mizan)” (QS. Ar Rahman: 7)

“Dan langit itu Kami bangun dengan kekuasaan (Kami) dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa (meluaskannya)” (QS. Adz Dzaariyaat: 47).

“Allah lah yang meninggikan langit tanpa tiang (dengan gaya-gaya fundamental) yang kamu lihat, kemudian ia bersemayam di ‘Arasy. Dan menundukkan matahari dan bulan. Masing-masing beredar hingga waktu yang ditentukan. Allah mengatur urusan, menjelaskan tanda-tanda, supaya kamu meyakini pertemuan dengan Tuhanmu” (QS. Ar Ra’d: 41).

#### IV. KESIMPULAN

Pada dasarnya tidak ada satupun ayat al Qur'an yang bertentangan dengan teori yang telah ada. Apabila saat ini ada ketidaksesuaian atau kebuntuan, artinya manusia lah sebagai makhluk cerdas akan mencari jawaban atas ketidaksesuaian dan kebuntuan tersebut. Adanya ketidaksetimbangan dan kesetimbangan di alam semesta tidak dapat lepas dari campur tangan dan kehendak Allah SWT.

Sebagai makhluk beriman, umat Islam seharusnya banyak bersyukur karena Allah menurunkan al Qur'an dan Hadits Rasul. Umat Islam memiliki Al Qur'an sebagai sumber pengetahuan yang tak ada habisnya untuk digali dan selalu menauladani Muhammad SAW, sebagai makhluk cerdas yang beakhlak mulia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Glendinning, Paul. 1994. *Stability, instability, and chaos: an introduction to the theory of nonlinear differential equations*, Cambridge University Press, New York.
- [2] Institute of Creation Research. *The Universe is Stable*. <http://www.icr.org/universe-stable> (diunduh tanggal 26 April 2017).
- [3] Laskar, J. & Robutel P. 1995. Stability of the Planetary Three-Body Problem. I. Expansion of the Planetary Hamiltonian. *Celestial Mechanics & Dynamical Astronomy, Volume 62, Issue 3, pp.193-217*.
- [4] Marchal, Christian. 1990. *The Three Body Problem*. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- [5] Mustofa, A. 2014. *Al Qur'an Inspirasi Sains*. Padma Press. Surabaya.
- [6] Ramadhani dkk. 2016. *Al Qur'an vs. Sains Modern menurut Dr. Zakir Naik*. Sketsa. Jakarta.