

Algoritma Evolusi Bintang dan Terapannya Dalam Pembangkitan Nilai Acak

Eza Budi Perkasa¹, Fransiskus Panca Juniawan², Dwi Yuny Sylfania³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, STMIK Atma Luhur Jl.

Jenderal Sudirman, Selindung, Pangkalpinang

¹ ezabudiperkasa@atmaluhur.ac.id, ² fransiskus.pj@atmaluhur.ac.id, ³ dysylfania@atmaluhur.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengenalkan sebuah algoritma evolusioner baru yang diberi nama Algoritma Evolusi Bintang yang diadaptasi dari Algoritma Genetika. Dalam makalah ini, Algoritma Evolusi Bintang akan diterapkan dalam pembangkitan nilai acak. Algoritma Evolusi Bintang diilhami dari proses evolusi bintang dalam astronomi. Istilah-istilah yang digunakan meminjam istilah-istilah astronomi walaupun tidak sama persis dengan keadaan sebenarnya di dalam astronomi. Tidak seperti Algoritma Genetika, proses komputasi Algoritma Evolusi Bintang lebih sederhana dan dinamis.

Kata kunci : Algoritma Evolusi Bintang, algoritma evolusioner, pembangkitan nilai acak

Abstract

This research introduces a new evolutionary algorithm called Stellar Evolution Algorithm which is adopted from Genetic Algorithm. In this paper, Stellar Evolution Algorithm will be applied in random value generator. Stellar Evolution Algorithm is inspired from stellar evolution process in astronomy. Terms used are borrowed from terms used in astronomy even they are not as exactly as the real states in astronomy. Unlike Genetic Algorithm, computation process of Stellar Evolution Algorithm is simpler and more dynamic.

Keywords : Stellar Evolution Algorithm, evolutionary algorithm, random value generator

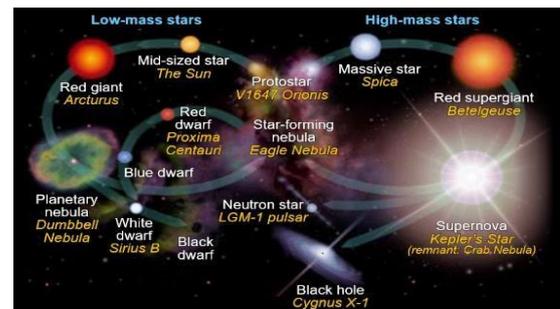
I. PENDAHULUAN

Makalah ini mengenalkan sebuah algoritma evolusioner baru yang disebut Algoritma Evolusi Bintang (AEB). AEB dapat diterapkan dalam berbagai permasalahan. Salah satu contoh penerapan algoritma ini adalah dalam proses pembangkitan nilai acak.

AEB diadaptasi dari Algoritma Genetika (AG). Penjelasan mengenai AG dan contoh-contoh permasalahan yang dapat diselesaikan dengan algoritma tersebut dapat dilihat di buku Zukhri (2014). Seperti AG, AEB juga terilhami dari proses evolusi. Akan tetapi, tidak seperti algoritma evolusioner lainnya (khususnya AG), AEB terilhami dari proses evolusi bintang (lihat Gambar 1).

Proses evolusi bintang dipengaruhi oleh massa bintang bersangkutan. Semakin rendah massa bintang, maka waktu yang diperlukan untuk berevolusi semakin lama dan sebaliknya (Admiranto, 2009). Massa bintang juga berperan dalam fusi nuklir dalam bintang. Selain itu, bintang yang telah mati dapat didaur ulang menjadi bintang baru. Pernyataan tersebut berarti bahwa AEB merupakan algoritma evolusioner yang didasari dari peristiwa astronomis dan bukan biologis. Oleh karena itu, istilah-istilah yang terdapat pada AEB adalah istilah-istilah yang digunakan dalam ilmu astronomi walaupun terdapat padanannya dalam AG.

Bab II dari makalah ini akan menguraikan istilah-istilah yang digunakan dalam AEB. Selanjutnya, proses-proses



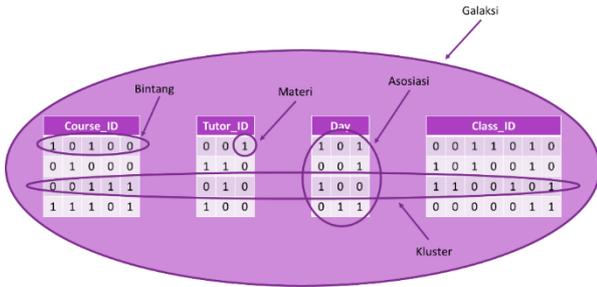
Gambar 1. Evolusi bintang (NASA, 2014)

komputasi pada AEB akan dibahas pada Bab III. Bab IV menguraikan gambaran sistem pembangkit nilai acak yang dibuat. Contoh penerapan AEB dijelaskan di Bab V. Terakhir, Bab VI menyimpulkan hal-hal yang dibahas pada makalah serta rencana pengembangan penelitian lebih lanjut.

II. ISTILAH-ISTILAH PADA ALGORITMA EVOLUSI BINTANG

Istilah-istilah pada AEB meminjam istilah-istilah astronomi. Hal tersebut setara dengan AG yang meminjam istilah-istilah biologi. Kendati demikian, istilah-istilah tersebut memiliki penempatan yang berbeda dari penempatan sesungguhnya dalam astronomi karena AEB hanya menggunakan pendekatan

evolusi bintang sesungguhnya. Penempatan istilah-istilah dalam AEB dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Penempatan istilah dalam AEB

1. Materi

Pada AEB, materi adalah penyusun terkecil dari sebuah bintang. Materi memiliki nilai berupa bilangan bulat atau pecahan. Pemilihan nilai materi dapat disesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi. Dalam penelitian kali ini, nilai materi yang dipilih adalah nilai berupa bilangan bulat. Materi memiliki kesetaraan dengan gen pada AG.

2. Bintang

Bintang merupakan kandidat solusi dari suatu permasalahan. Bintang tersusun dari sekumpulan materi, mirip dengan kromosom pada AG yang tersusun dari gen-gen. Tidak seperti pada AG yang jumlah gen pada kromosomnya dapat berupa bilangan ganjil atau genap, jumlah materi pada bintang harus berupa bilangan ganjil. Pemilihan bilangan ganjil disebabkan proses komputasi pada AEB yang diuraikan pada Bab III.

3. Asosiasi

Dalam ilmu astronomi, asosiasi bintang merupakan sekumpulan bintang dalam sebuah kluster yang memiliki klasifikasi sama atau hampir sama (Admiranto, 2009). Dalam AEB, istilah asosiasi mempunyai definisi yang sama dengan *field*. Pada Gambar 2, galaksi untuk permasalahan bersangkutan memiliki empat asosiasi: Course_ID, Tutor_ID, Day, dan Class_ID.

4. Kluster

Kluster merupakan sekumpulan kandidat solusi dalam AEB. Sebuah kluster dapat memiliki sekurang-kurangnya satu bintang. Seperti halnya asosiasi, kluster dapat disamaartikan dengan *record*. Dalam AG, kluster memiliki definisi yang serupa dengan individu.

5. Galaksi

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa galaksi merupakan semesta pembicaraan dari permasalahan yang diberikan. Sebuah galaksi dapat memiliki beberapa kluster di dalamnya. Galaksi dalam AEB memiliki pengertian yang sama dengan populasi pada AG. Ukuran dari sebuah galaksi (*galsize*) sama dengan jumlah kluster di dalamnya.

6. Massa

Dalam AEB, masa sebuah bintang adalah total keseluruhan nilai materinya. Sebagai contoh, bintang pertama dari asosiasi Course_ID dalam galaksi pada Gambar 2 adalah $1 + 0 + 1 + 0 + 0 = 2$ dan bintang ketiga dari asosiasi Class_ID memiliki massa $1 + 1 + 0 + 0 + 1 + 0 + 1 = 4$. Massa digunakan untuk menentukan fungsi objektif dari bintang, f (m), dan juga frekuensi waktu hidup bintang bersangkutan.

7. Ukuran (Radius) Bintang

Jika jumlah materi pada suatu bintang adalah n , maka ukuran atau radius bintang, R , dapat didefinisikan secara matematis dengan persamaan

$$R = \frac{n-1}{2} \quad (1)$$

Ukuran sebuah bintang mempengaruhi proses komputasi. Semakin besar nilainya, proses komputasi semakin lambat. Sebaliknya, semakin kecil nilainya, proses komputasi semakin cepat namun peluang kolapsnya semakin besar.

8. Frekuensi Waktu Hidup

Dalam astronomi, semakin besar massa bintang, semakin singkat umur bintang tersebut (Admiranto, 2009). Dalam AEB, pernyataan tersebut dapat dinyatakan dalam besaran yang disebut frekuensi waktu hidup. Frekuensi waktu hidup bintang dengan massa m adalah F yang nilainya ditentukan dengan persamaan

$$F = \begin{cases} 1, & m = 0 \\ \frac{1}{m}, & m > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Frekuensi waktu hidup digunakan untuk menentukan bintang yang terkena perubahan ukuran seperti dibahas pada Bab III.

9. Umur

Umur menyatakan siklus dari iterasi dalam proses komputasi pada AEB. Umur memiliki definisi yang mirip dengan generasi pada AG. Perbedaannya, umur pada AEB dimulai dari 0, sedangkan generasi pada AG dimulai dari 1. pada AEB dimulai dari 0, sedangkan generasi pada AG dimulai dari 1.

III. PROSES KOMPUTASI ALGORITMA EVOLUSI BINTANG

Dibandingkan dengan AG, proses komputasi AEB lebih sederhana dan dinamis. Sederhana karena tahap yang diperlukan lebih sedikit. Perbandingan tahap-tahap komputasi AG dan AEB dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

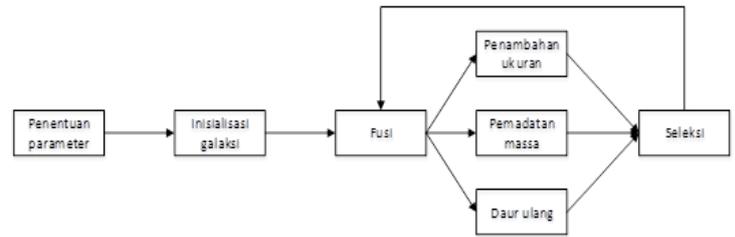
Tabel 1. Perbandingan Tahap Komputasi AG dan AEB

Tahap #	Algoritma Genetika	Algoritma Evolusi Bintang	Keterangan
0	Penentuan parameter	Penentuan parameter	

1	Inisialisasi	Inisialisasi	Pada AG: Tambahkan individu sebanyak popsize dengan alel acak. Pada AEB: Tambahkan bintang sebanyak galsize awal dengan materi bernilai acak.
2	Seleksi individu	(Tidak ada)	Pada AG: Pilih beberapa individu saja yang akan dioperasikan. Pada AEB: Tidak diperlukan seleksi bintang; semua bintang langsung digunakan untuk proses pengoperasian selanjutnya.
3	Crossover	Fusi	Pada AG: Lakukan penyilangan pada dua individu sehingga menghasilkan dua offspring. Pada AEB: Lakukan perubahan nilai materi
4	Mutasi	Perubahan ukuran	Pada AG: Lakukan perubahan alel. Pada AEB: Setiap bintang memiliki tiga kemungkinan proses yang dikerjakan secara paralel. Dalam hal ini, galsize bisa berubah dikarenakan bintang baru yang "lahir" dari proses daur ulang.
5	Pelestarian (seleksi survivor)	Seleksi bintang	Pada AG: Pilih beberapa individu pada generasi awal untuk menggantikan individu-individu tertentu. Individu-individu tersebut belum tentu memenuhi kriteria. Pada AEB: Pilih hanya bintang-bintang yang memenuhi kriteria.

Dinamis karena hampir seluruh parameternya dapat berubah seiring bertambahnya umur. Parameter-parameter AG pun dapat berubah seiring bertambahnya generasi. Akan tetapi,

unsur *soft computing* lain harus dilibatkan untuk perubahan parameter tersebut, misalnya dengan logika *fuzzy* (Suyanto, 2008). Hal tersebut berbeda dengan AEB yang dapat mengubah parameternya secara mandiri sehingga dapat dikatakan bahwa AEB lebih adaptif dibandingkan AG. Proses komputasi AEB dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Proses komputasi AEB

1. Penentuan Parameter

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk proses komputasi AEB adalah sebagai berikut.

- a. Probabilitas fusi, p_f
- b. Probabilitas pemadatan massa, p_d
- c. Probabilitas perubahan ukuran, p_u
- d. Ukuran galaksi, $galsize$
- e. Ukuran bintang, R

Dua parameter pertama ditentukan nilainya sebelum dimulainya proses komputasi pada umur ke-0. Adapun tiga parameter lainnya dapat berubah-ubah sesuai dengan keadaan galaksi pada umur tertentu. Parameter keempat dan kelima dapat ditentukan nilai awalnya sebelum proses komputasi. Seperti halnya AG, pemilihan nilai parameter-parameter tersebut harus dilakukan secara hati-hati agar komputasi bisa berlangsung lebih cepat.

2. Inisialisasi Galaksi

Pada bintang dengan materi bernilai bilangan bulat, sebuah galaksi diinisialisasi dengan menambahkan bintang berukuran R sebanyak $galsize$ dengan setiap materinya bernilai 0 atau 1 yang dipilih secara acak.

3. Fusi

Operasi fusi dalam AEB disederhanakan dari proses fusi sesungguhnya dalam astronomi. Fusi dapat dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak r dalam rentang $[0,1)$ sebanyak jumlah materi pada galaksi. Materi yang memiliki nilai r kurang dari p_f akan terkena fusi. Materi yang terkena fusi yang bernilai ganjil digantikan dengan bilangan genap yang lebih kecil.

Sebaliknya, materi yang terkena fusi yang bernilai genap digantikan dengan bilangan ganjil yang lebih besar. Proses ini dapat diilustrasikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Fusi

4. Perubahan Ukuran

Proses perubahan ukuran pada AEB terbagi menjadi tiga jenis: Penambahan ukuran, pemadatan massa, dan daur ulang. Pemilihan jenis proses tersebut ditentukan dari p_s yang nilainya adalah

$$p_s = 1 - F \quad (3)$$

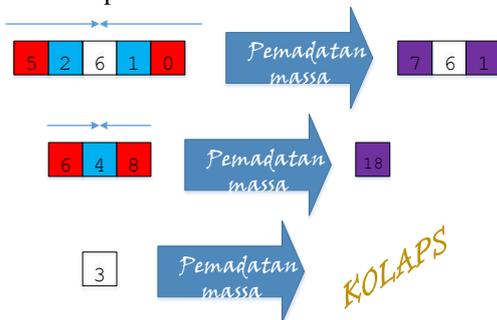
Untuk melakukan proses ini, pertama-tama bangkitkan bilangan acak r dalam rentang $(-1,1)$. Pengubahan ukuran hanya dilakukan pada bintang yang memenuhi ketentuan $|r| < p_s$.

- a. Jika $sgn(r) = 1$ atau $sgn(r) = 0$, maka bintang tersebut akan dikenai operasi penambahan ukuran. Penambahan ukuran dilakukan dengan menambah materi bernilai 0 pada semua kulit terluar bintang. Proses ini dapat diilustrasikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Penambahan ukuran

- b. Jika $sgn(r) = -1$, bangkitkan bilangan acak s dengan jumlah yang sama dengan jumlah bintang yang memenuhi kriteria ini.
 - 1) Jika $s < p_d$, maka bintang tersebut akan dikenai operasi pemadatan massa. Bintang berukuran 0 akan kolaps. Bintang berukuran 1 dimampatkan dengan menjumlahkan ketiga nilai materi. Bintang berukuran 2 atau lebih dimampatkan dengan menjumlahkan dua nilai materi terluar pada setiap sisi kulit. Ilustrasi pemadatan massa dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemadatan massa

- 2) Jika $s \geq p_d$, maka bintang tersebut akan dikenai operasi daur ulang. Daun ulang dilakukan dengan memberikan semua kulit terluar bintang pada bintang baru. Bintang baru selalu memiliki inti (materi yang terletak di tengah) bernilai 0. Daun ulang hanya dapat dilakukan pada bintang berukuran 1 atau lebih. Bintang berukuran 0 akan kolaps. Ilustrasi daun ulang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Daun ulang

5. Seleksi

Seperti telah diketahui bahwa AEB adalah algoritma yang dinamis. Untuk membatasi ruang lingkup dari kandidat solusi yang terlalu luas pada suatu permasalahan dikarenakan kedinamisan algoritma, maka diadakanlah seleksi. Seleksi dilakukan dengan cara memilih hanya kandidat solusi yang sesuai dengan kriteria permasalahan dan membuang kandidat solusi yang tidak memenuhi kriteria. Jika semua kandidat solusi tidak memenuhi kriteria, maka kandidat-kandidat tersebut dioperasikan kembali pada umur selanjutnya. Jika sekurangnya terdapat satu kandidat solusi yang memenuhi kriteria, maka kandidat solusi tersebut dapat dioperasikan kembali apabila belum mencapai optimum global. Dalam implementasinya, dapat dibuat sebuah galaksi temporer yang menampung kandidat kluster yang memenuhi kriteria. Jika ukuran galaksi temporer ini tidak sama dengan nol, maka isi galaksi ini akan mengoverwrite isi galaksi tetap.

6. Kriteria Berhenti

Salah satu dari ciri algoritma adalah harus memiliki kriteria berhenti (berhingga) (Wahid, 2004). Dalam hal ini, kriteria berhenti dari AEB dapat bermacam-macam sesuai dengan permasalahan. Kriteria berhenti tersebut dapat berupa umur maksimum, jumlah solusi yang valid, atau lainnya. Bintang-bintang yang digunakan pada operasi-operasi di umur selanjutnya adalah bintang-bintang hasil seleksi pada umur sebelumnya.

IV. METODE PENELITIAN

Sistem pembangkit nilai acak yang dibuat merupakan aplikasi *tester*. Oleh karena itu, tampilan aplikasi tersebut hanya berupa pengisian nilai parameter awal, proses komputasi, dan hasil akhir komputasi. Algoritma yang telah diuraikan sebelumnya diimplementasikan ke beberapa bahasa pemrograman, antara lain Visual Basic .NET (Console App), BYOB, dan App Inventor (Android). Pengimplementasian algoritma ke berbagai bahasa pemrograman dilakukan untuk melihat dan membandingkan performa kinerja AEB pada setiap bahasa pemrograman yang masing-masing memiliki sifat berbeda.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian kali ini, fungsi objektif dari bintang adalah fungsi identitas dari massanya dan setiap kluster hanya berisi satu bintang saja sehingga galsize sama dengan jumlah bintang. Kriteria seleksi adalah bintang dengan massa 1 hingga 9 dan kriteria berhenti adalah galsize akhir = 1. Dapat dikatakan bahwa AEB yang digunakan dalam penelitian ini diterapkan pada pembangkit nilai acak dari 1 hingga 9. Misalkan nilai parameter-parameter awal yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. $p_f = 0,8$
- b. $p_d = 0,75$
- c. galsize awal = 3
- d. $R \text{ awal} = 2$

Misalkan galaksi awal yang terbentuk seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Galaksi awal

Kluster #	Bintang					m	F	p_s
1	0	1	0	0	1	2	0,500	0,500
2	1	0	1	1	0	3	0,333	0,667
3	1	0	0	0	0	1	1,000	0,000

Fusi dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak dalam rentang [0,1) sebanyak 15 buah. Pembangkitan bilangan acak dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Bilangan acak untuk fusi

Bintang ke-1				
0,987	0,116	0,634	0,454	0,930
Bintang ke-2				
0,736	0,134	0,911	0,816	0,543
Bintang ke-3				
0,975	0,388	0,667	0,470	0,978

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa bilangan acak yang nilainya kurang dari p_f adalah bilangan ke-2, 3, 4, 6, 7, 10, 12, 13, dan 14. Dengan demikian, galaksi yang terbentuk setelah operasi fusi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Galaksi hasil fusi

Kluster#	Bintang					m	F	p_s
1	0	0	1	1	1	3	0,333	0,667
2	0	1	1	1	1	4	0,250	0,750
3	1	1	1	1	0	4	0,250	0,750

Perubahan ukuran dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak dalam rentang (-1,1) sebanyak 3 buah. Misalkan bilangan acak yang telah dibangkitkan dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Bilangan acak untuk perubahan ukuran

Kluster ke-1
0,631
Kluster ke-2

-0,892
Kluster ke-3
0,497

Dari tabel 5, dapat dilihat bahwa bilangan acak yang nilai mutlaknya kurang dari p_s adalah bilangan ke-1 dan 3. selanjutnya, karena kedua bilangan tersebut memiliki tanda positif, maka bintang yang terkena operasi tersebut akan bertambah ukurannya. Galaksi hasil pengoperasian dapat dilihat pada Tabel 6. Pada tabel tersebut, ϵ berarti tak ada materi (tidak sama dengan materi bernilai 0)

Tabel 6. Galaksi hasil pengubahan ukuran

Kluster#	Bintang							m	F	p_s
1	0	0	0	1	1	1	0	3	0,333	0,667
2	E	0	1	1	1	1	ϵ	4	0,250	0,750
3	0	1	1	1	1	0	0	4	0,250	0,750

Bintang-bintang hasil pengoperasian sebelumnya diseleksi sesuai kriteria. Karena seluruh bintang memiliki massa antara 1 hingga 9, maka seluruh bintang tersebut lolos seleksi untuk dioperasikan pada umur pertama seperti terlihat pada Tabel7.

Tabel 7. Galaksi umur pertama

Kluster #	Bintang							m	F	p_s
1	0	0	0	1	1	1	0	3	0,333	0,667
2	E	0	1	1	1	1	E	4	0,250	0,750
3	0	1	1	1	1	0	0	4	0,250	0,750

Komputasi akan terus dilakukan hingga galsize = 1. Misalkan pada umur ke-50, diperoleh galaksi seperti terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Galaksi umur ke 50

Kluster #	Bintang							m	F	p_s
1	1	0	2	1	3	0	1	8	0,125	0,175

Karena galsize sudah bernilai 1, maka nilai acak yang terpilih pada komputasi tersebut dapat dilihat dari massa bintang bersangkutan. Dari tabel 8, dapat dilihat bahwa massa bintangnya adalah 8, sehingga nilai acak yang terpilih adalah 8.

VI. KESIMPULAN

Makalah ini memperkenalkan sebuah algoritma evolusioner yang diberi nama Algoritma Evolusi Bintang. Pada penelitian ini, algoritma tersebut diterapkan dalam pembangkitan nilai acak. Ke depannya, akan dibahas penerapan Algoritma Evolusioner Bintang pada permasalahan lainnya, khususnya dalam pengolahan basis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Admiranto, A.G. (2009). *Menjelajahi Bintang, Galaksi, dan Alam Semesta*. Yogyakarta: Kanisius.
- NASA Goddard Space Flight Center. (2014). *The Life Cycles of Stars: How Supernovae Are Formed*. Retrieved from https://imagine.gsfc.nasa.gov/educators/lessons/xray_spectra/background-lifecycles.html
- Suyanto. (2008). *Soft Computing: Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika.
- Wahid, F. (2004). *Dasar-Dasar Algoritma & Pemrograman*. Yogyakarta: ANDI.
- Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner Untuk Menyelesaikan Masalah Komputasi*. Yogyakarta: ANDI.