UJM 9 (1) 2020
UNNES Journal of Mathematics
http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm

JARINGAN MATRIKS (*MATRIX NETWORK*) DAN KEISTIMEWAANNYA

Aliffia Putri Dito✉, Rahayu Budhiati V, Mashuri

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Mei 2019
Disetujui Juni 2020
Dipublikasikan Juni 2020

Keywords:
M-Matriks, R-Matriks, Jaringan Matriks, Genetika

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai pembentukan jaringan matriks, karakteristik-karakteristik yang dimiliki jaringan matriks dan penerapan jaringan matriks dalam genetika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) bagaimana pembentukan jaringan matriks, (2) karakteristik apa saja yang dimiliki jaringan matriks. Hasil dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan peluang mikrostatik pada saat transisi gen.

Abstract

This study discusses the structure and the properties of matrix network. The purposes of this study are to explain the structure of the matrix network, the properties of matrix network, and the application of matrix network in genetics. This study uses literatur review method, by collecting various sources and definitions that support this study. The conclusions of this study are: 1) The structure of matrix network. 2) The properties of matrix network.The result of this study are to describe probability during gene transition.

How to cite:

Dito, A. P., Veronica, R, B., dan Mashuri. (2019). Jaringan Matriks (Matrix Network) dan Keistimewaannya. *Unnes Journal of Mathematics.* 9(1): 22-30

✉Alamat korespondensi:
E-mail: aliffiadito@gmail.com

p-ISSN 2252-6943
e-ISSN 2460-5859

PENDAHULUAN

Masyarakat pada umumnya dapat mengalami berbagai masalah dalam kehidupan hariannya. Permasalahan tersebut diperoleh dari berbagai macam aspek dan dalam penyelesaian masalah tersebut dibutuhkan suatu pemahaman melalui suatu metode atau ilmu bantu tertentu. Salah satu ilmu bantu yang dapat kita terapkan di kehidupan sehari-hari adalah ilmu matematika. Ilmu matematika merupakan alat yang digunakan untuk menyederhanakan penyajian dan pemahaman masalah, karena dalam bahasa matematika, suatu masalah dapat menjadi lebih sederhana untuk disajikan. Untuk keperluan tersebut, maka pertama dicari pokok masalah, kemudian dibuat rumusan atau model matematikanya sehingga sebuah masalah dapat lebih mudah dipecahkan.

Matematika juga merupakan cabang ilmu pengetahuan yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai hitungan dasar. Selain itu, matematika juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam berbagai disiplin ilmu dengan model matematika maupun penalaran matematika.

Matriks merupakan salah satu cabang dari ilmu aljabar yang memiliki peran sangat penting dalam matematika. Pentingnya peranan matriks ini dapat dilihat dari begitu banyaknya penggunaan matriks dalam berbagai bidang antara lain aljabar, statistika, metode numerik, persamaan diferensial dan lain-lain. Salah satu pengaplikasian matriks dapat diterapkan dalam ilmu biologi, yaitu tentang masalah genetika.

Perkembangan ilmu pengetahuan genetika menghasilkan informasi yang lebih rinci mengenai makhluk hidup melalui DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA adalah sebuah materi pembentuk kehidupan yang memuat banyak informasi biologis. DNA terdiri terdiri dari empat buah basa penyusunan yaitu: T (*thymine),* C (cytosine), A (adenine), G (guanin). Model DNA pertama kali dikenalkan oleh Watson dan Crick pada 1953. Walaupun hanya terdiri dari empat macam, namun kombinasi keempatnya dapat menghasilkan kombinasi yang sangat kompleks dalam memuat informasi genetik makhluk hidup. Dalam mengatur informasi yang kompleks dalam makhluk hidup tersebut dibutuhkan sebuah teknologi. Teknologi tersebut dipelajari dalam sebuah bidang ilmu baru yang disebut bioinformatika. Bioinformatika adalah sebuah ilmu yang mempelajari mengenai aplikasi berbasis teknologi komputer untuk mengatur informasi biologi. Bioinformatika saat ini dalam proses tahap awal menggabungkan atau mengintegrasikan banyak aspek dan ilmu dalam berbagai macam bidang seperti biologi, kedokteran, ilmu komputer, teknik industri, kimia, fisika dan matematika. Salah satu permasalahan bioinformatika adalah prediksi struktur protein dan klasifikasinya.

Penelitian sebelumnya menggunakan Jaringan Matriks *(matrix network)* untuk menciptakan struktur data baru dalam efisiensi perhitungan jaringan genetika. Maka peneliti tertarik untuk mengkaji teori-teori dasar yang berkaitan dengan karakteristik dari Jaringan Matriks *(matrix network)* dan penerapan dari Jaringan Matriks *(matrix network)* dalam genetika.

Jaringan Matriks *(matrix network)* adalah himpunan dari **M-Matriks** dan R-Matriks yang didefinisikan dengan aturan: diberikan $\boldsymbol{M}$ adalah M-Matriks tertinggi dan $\boldsymbol{N}$ adalah banyaknya kolom pada jaringan matriks, $\boldsymbol{Matrix\,Network}\,(\boldsymbol{M},\boldsymbol{N})$ adalah semua himpunan dari M-Matriks, $\boldsymbol{M}(\boldsymbol{m},\boldsymbol{n})$ dengan $\boldsymbol{m} \leqq \boldsymbol{M}$ sebagai jumlahan elemen elemen pada baris M-Matriks, $\boldsymbol{n} = \boldsymbol{N}$ sebagai banyaknya kolom pada M-Matriks, dan R-Matriks dari M-Matriks pada level tertinggi. Dituliskan dengan struktur $[\boldsymbol{M-Matriks}|\boldsymbol{R-Matriks}]$.

Definisi 1. M-Vektor dengan n elemen adalah vektor dimana **m** menyatakan jumlahan elemen tiap baris dan **n** adalah banyaknya elemen, dan elemen tersebut adalah bilangan asli. **M-Vektor** dengan **n** elemen ditulis **V(m,n).**

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 2. M-Set (**S(m,n)**) adalah himpunan semua kemungkinan dari M-Vektor yang mempunyai bentuk yang sama dengan (**V(m,n)**).

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 3. M-Matriks (**M(m,n)**) adalah matriks yang disusun oleh semua vektor M-Set' (**S(m,n)**), dengan komponen pertama dari besar ke kecil: setiap baris dari M-matriks adalah vektor dari M-Set.

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 4. Fungsi $F : M_{mxn}(R) \to M_{mxn}(R)$ didefinisikan sebagai $F(X)$ dengan menambahkan koefisien kolom pertama dengan satu, $\forall\ matriks\ X \in M_{mxn}(R)$.

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 5. Fungsi $Z : M_{mxn}(R) \rightarrow M_{mx(n+1)}(R)$ didefinisikan sebagai $Z(X)$ dengan menyisipkan sebuah kolom nol dimana semua elemennya adalah 0, ke X sebagai kolom pertama pada X, $\forall\ matriks\ X \in M_{mxn}(R)$.

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 6. Fungsi $C: \frac{M_{mxn}(R)}{M_{pxn}(R)} \rightarrow M_{(m+p)xn}(R)$ didefinisikan sebagai $C\left(\frac{X}{Y}\right)$ dengan menggabungkan X dan Y secara vertikal ke dalam matriks baru,$\forall\ matriks\ X, Y \in M_{mxn}(R)$ dengan jumlah kolom yang sama.

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 7. Diberikan dua buah matriks dengan banyak kolom yang sama. Misal **M(a,n)** dan **M(b,n)**; jika $(\boldsymbol{b} > \boldsymbol{a})$, maka **M(b,n)** berada di level yang lebih tinggi dibanding **M(a,n),** dan jarak antara dua M-Matriks adalah $\boldsymbol{b} - \boldsymbol{a}$. Jika jaraknya adalah 1 maka kedua matriks tersebut dinamakan **saling bertetangga.**

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 8. Diberikan M1 adalah $M(a, n)$ dan M2 adalah $M(b, n)$. Jarak M1 dan M2 adalah **d,** dengan M2 lebih tinggi levelnya dibanding M1. Didefinisikan perhitungan jumlah $(+)$ sebagai $\boldsymbol{M1} + \boldsymbol{d} = \boldsymbol{M2}.$

(Cong & Akutsu., 2015)

Definisi 9. Untuk sepasang tetangga M-Matrix dengan **n** kolom (**M1, M2 dan** $\boldsymbol{M1} + \boldsymbol{d} = \boldsymbol{M2}$), didefinisikan R-Matrix dimana komponen elemen $a_{i,j}$ dapat di bentuk dengan perhitungan berikut ini: (1) Untuk baris ke-i dari M1, dinotasikan $r_1(i)$, dikenai operasi $+1$ pada elemen ke-$j$nya, diperoleh vektor baru $c_1(i, j)$. (2) Menentukan baris ke-k dari M2, $r_2(k)$ yang sama dengan vektor $c_1(i, j)$. (3) Menentukan nilai dari komponen elemen $\boldsymbol{a_{i,j}} = \boldsymbol{k}$, sebagai nilai dari $\boldsymbol{k}$.

(Cong & Akutsu, 2015)

Definisi 10. Sebuah graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E), dengan V adalah himpunan tak kosong dari simpul-simpul (*vertices*) pada G. Sedangkan E adalah himpunan rusuk (*edge*) pada G yang menghubungkan sepasang simpul. Himpunan simpul pada G dinotasikan sebagai V, dan himpunan rusuk pada G dinotasikan sebagai E. Jadi $G = (V, E)$

(Harju, 2012)

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian studi pustaka. Studi pustaka merupakan metode penelitian yang mengupas berbagai teori yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian. Oleh karena itu, studi pustaka digunakan sebagai dasar pemecahan masalah yang penulis angkat dalam penulisan skripsi ini. Langkah-langkah dalam metode ini adalah (1) Identifikasi Masalah. (2) Perumusan Masalah. (3) Metode Penelitian (4) Analisis dan Pemecahan Masalah (5) Penarikan Kesimpulan.

Dalam tahap kajian pustaka dilakukan pengumpulan teori-teori dasar yang berkaitan dengan jaringan matriks. Selanjutnya mencari karakteristik yang berkaitan dengan jaringan matriks. Kajian ini digunakan untuk landasan pembahasan penelitian.

Pemilihan dan perumusan masalah diperlukan untuk membatasi permasalahan dan diperoleh bahan kajian yang jelas. Sehingga akan lebih mudah untuk menentukan langkah dalam memecahkan masalah tersebut.

Dalam proses memperoleh jawaban dari rumusan masalah dilakukan pembentukan jaringan matriks, menentukan karakteristik yang dimiliki oleh jaringan matriks dan penerapan jaringan matriks dalam genetika.

Sebelumnya, pada jurnal rujukan, pembentukan jaringan matriks sudah terbentuk dan perlu diperjelas penulisannya dalam matematika.

Hasil dari penelitian ini dituangkan dalam bentuk simpulan akhir. Simpulan ini dijadikan sebagai kajian akhir dan merupakan hasil akhir dari penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Matriks *(Matrix Network)* didefinisikan berdasarkan pengertian M-Vektor, M-Matriks, R-Matriks, dan Perhitungan Penjumlahan. (Jeffrey, 2010)

Definisi 11. Jaringan Matriks (*matrix network*) adalah himpunan dari M-Matriks dan R-Matriks yang didefinisikan dengan aturan sebagai berikut.

Misalkan **M** adalah M-Matriks tertinggi dan **N** adalah banyaknya kolom pada jaringan matriks. Jaringan Matriks - **Matriks Network (M,N)** adalah himpunan semua M-Matriks **M(m,n)** dengan $\boldsymbol{m} \leqq \boldsymbol{M}, \boldsymbol{n} = \boldsymbol{N},$ dan R-Matriks dari M-Matriks yang berada pada urutan tertinggi. Struktur tersebut dituliskan sebagai $[\boldsymbol{M} - \boldsymbol{Matriks}|\boldsymbol{R} - \boldsymbol{Matriks}]$.

(Cong & Akutsu, 2015)

Contoh 11.

Misal :
Himpunan $M-Matriks\ (4,2)$:
$M-matriks\ (0,2)$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}, M-matriks\ (1,2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$M-Matriks\ (2,2)$

$$= \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, M-Matriks\ (3,2) = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix},$$

$$M-Matriks\ (4,2) = \begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 3 & 1 \\ 2 & 2 \\ 1 & 3 \\ 0 & 4 \end{bmatrix},$$

$$\mathrm{R-Matriks}\ (4,2) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}$$

$Matriks\ Network\ (4,2)$:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 3 & 1 \\ 2 & 2 \\ 1 & 3 \\ 0 & 4 \end{bmatrix} \Bigg\| \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}$$

Contoh 11.

Misal:
Himpunan $M-Matriks\ (2,3)$:
$M-matriks\ (0,3)$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, M-matriks\ (1,3) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$M-Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix},$$

$$R-Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \\ 4 & 5 & 6 \\ 5 & 6 & 7 \\ 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

$Matriks\ Network\ (2,3)$:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \Bigg\| \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 6 \\ 4 & 7 & 8 \\ 5 & 8 & 9 \\ 6 & 9 & 10 \end{bmatrix}$$

Definisi 12.

Pada sebuah Jaringan Matriks (*Matrix Network),* M-Matriks dengan tingkat yang lebih tinggi secara tidak langsung mengandung semua informasi pada M-Matriks dengan tingkat yang lebih rendah. Dengan M-Matriks yang tingkatnya lebih tinggi, M-Matrix yang tingkatnya lebih rendah dapat dihitung langsung dengan mengurangi nilai jaraknya pada kolom pertama dari M-matriks dengan tingkat yang lebih tinggi dan menghapus baris yang berisi bilangan negatif.

Langkah-langkah: 1) menentukan nilai M-Matriks tertinggi. 2) menentukan jarak M-Matriks tertinggi dengan M-Matriks yang lebih rendah. 3) mengurangi M-Matriks tertinggi dengan nilai jaraknya pada kolom pertama. 4) menghilangkan baris yang mengandung bilangan negatif

(Cong & Akutsu, 2015)

Contoh 12.

Misal $M-Matriks\ (2,3)$
M-Matriks (0,3)

a) Jarak antara $M-Matriks\ (0,3)$ dengan $M-Matriks\ (2,3)$ adalah $b-a=2-0=2$.

b)
$$M-Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & 2 & 0 \\ -2 & 1 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

c) Jadi $M-Matriks\ (0,3) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$.

Contoh 12.

M-Matriks (1,3)

a) Jarak antara $M-Matriks\ (1,3)$ dengan $M-Matriks\ (2,3)$ adalah $b-a=2-1=1$.

b)
$$M-Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ -1 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

c) Jadi $M - Matriks\ (1,3) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Definisi 13.

Pada sebuah Jaringan Matriks (*Matrix Network),*R-Matrices dari M-Matrices dengan tingkat yang lebih tinggi lebih panjang dibandingkan dengan R-Matrices dari M-Matrices dengan tingkat yang lebih rendah. R-Matriks yang ukurannya lebih panjang akan berisi semua semua informasi dari R-Matriks yang ukurannya lebih pendek, tanpa perhitungan tambahan. Namun, pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* kita hanya menyimpan R-Matrices terpanjang untuk mewakili semua hubungan pada saling tetangga di M-Matrices.

(Cong & Akutsu, 2015)

Contoh 13.

Misal :

Himpunan M-Matriks (4,2)

$M - Matriks\ (0,2) = [0,0]$,

$R - Matriks\ (0,2) = [1 \quad 2]$,

$M - matriks\ (1,2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks(1,2) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$,

$M - Matriks\ (2,2) = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks\ (2,2) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$,

$M - Matriks\ (3,2) = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks\ (3,2) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}$

$M - Matriks\ (4,2) = \begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 3 & 1 \\ 2 & 2 \\ 1 & 3 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks\ (4,2) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa R-Matriks (4,2) lebih panjang dibanding R-Matriks yang lain karena jumlah barisnya lebih banyak, oleh karena itu R-Matriks (4,2) dijadikan sebagai perwakilan R-Matriks pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* (4,2).

Contoh 13.

Misal:

Himpunan M-Matriks (2,3)

$M - Matriks\ (0,3) = [0 \quad 0 \quad 0], R - Matriks\ (0,3) = [1 \quad 2 \quad 3]$,

$M - Matriks\ (1,3) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks\ (1,3) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 6 \end{bmatrix}$

$M - Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$,

$R - Matriks\ (2,3) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 6 \\ 4 & 7 & 8 \\ 5 & 8 & 9 \\ 6 & 9 & 10 \end{bmatrix}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa R-Matriks (2,3) lebih panjang dibanding R-Matriks yang lain karena jumlah barisnya lebih banyak, oleh karena itu R-Matriks (2,3) dijadikan sebagai perwakilan R-Matriks pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* (2,3).

Definisi 14.

Sebuah graf pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* adalah representasi grafis dari Jaringan Matriks *(Matrix Network).*

Diberikan Jaringan Matriks *(Matrix Network),* graf tersebut dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut: 1) Menggambarkan setiap baris dari M-Matriks sebagai sebuah titik. 2) Elemen-elemen baris ke$-i$ dari **M**-Matriks, dinotasikan dengan $r_m(i)$. Elemen-elemen baris ke$-i$ dari R-Matriks, dinotasikan dengan $r_r(i)$.

Setiap elemen pada kolom $r_m(i)$ dikenai operasi $M + 1$ yang mewakili nilai dari elemen-elemen $r_r(i)$, yang dihubungkan dengan garis warna sesuai kolom.

(Cong & Akutsu, 2015)

Contoh 14.

Sebuah $Matrix\ Network$ (3,3) di Gambar.1

$$\begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \end{array} \quad [0 \quad 0 \quad 0] \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} \quad \Bigg\| \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 6 \\ 4 & 7 & 8 \\ 5 & 8 & 9 \\ 6 & 9 & 10 \\ 7 & 11 & 12 \\ 8 & 12 & 13 \\ 9 & 13 & 14 \\ 10 & 14 & 15 \end{bmatrix}$$

a. Perhatikan $M - Matriks$ (0,3) berikut

$[0 \quad 0 \quad 0]$

1) Pada $M - Matriks$ (0,3) memiliki satu baris, sehingga satu baris tersebut dapat dinyatakan dengan satu titik

b. Perhatikan $M - Matriks$ (1,3) berikut

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

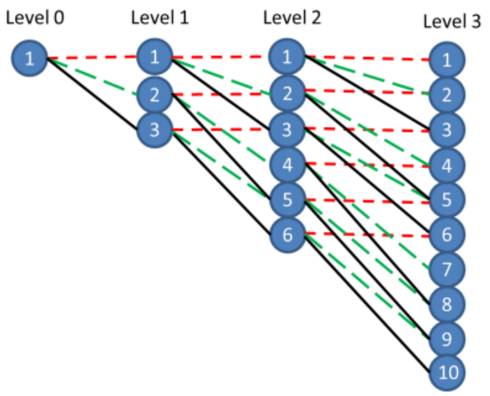
1) Pada $M - Matriks$ (1,3) diatas memiliki tiga baris, sehingga baris tersebut dapat dinyatakan dengan tiga titik.
2) Baris Pertama $M - Matriks$ (0,3), diperoleh dari
   a) Kolom pertama dari $M - Matriks$ (0,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris pertama pada $M - Matriks$ (1,3) berupa matriks $[1 \quad 0 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (0,3) dengan titik 1 pada $M - Matriks$ (1,3) menggunakan garis berwarna merah
3) Baris Kedua $M - Matriks$ (1,3)
   a) Kolom kedua dari $M - Matriks$ (0,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris kedua pada $M - Matriks$ (1,3) berupa matriks $[0 \quad 1 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (0,3) dengan titik 2 pada $M - Matriks$ (1,3) menggunakan garis berwarna hijau
4) Baris Ketiga $M - Matriks$ (1,3)
   a) Kolom ketiga dari $M - Matriks$ (0,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris ketiga pada $M - Matriks$ (1,3) berupa matriks $[0 \quad 0 \quad 1]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (0,3) dengan titik 3 pada $M - Matriks$ (1,3) menggunakan garis berwarna hitam

   Perhatikan $M - Matriks$ (2,3) berikut

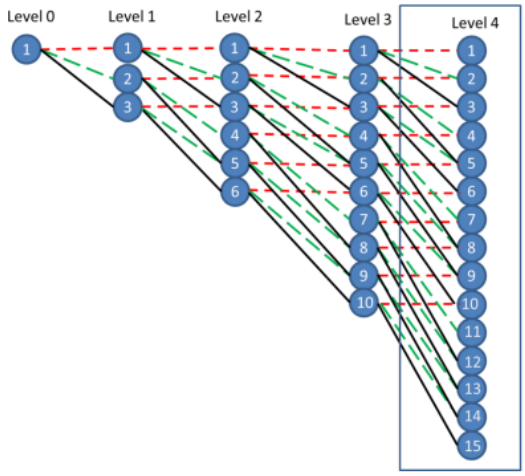
$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

1) Pada $M - Matriks$ (2,3) diatas memiliki enam baris, sehingga baris tersebut dapat dinyatakan dengan enam titik.
2) Baris Pertama $M - Matriks$ (1,3)
   a) Kolom pertama dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris pertama pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[2 \quad 0 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 1 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna merah
   b) Kolom kedua dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris kedua pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[1 \quad 1 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 2 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hijau
   c) Kolom ketiga dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris ketiga pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[1 \quad 0 \quad 1]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 1 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 3 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hitam
3) Baris Kedua $M - Matriks$ (1,3)
   a) Kolom pertama dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris kedua pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[1 \quad 1 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 2 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 2 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna merah
   b) Kolom kedua dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris keempat pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[0 \quad 2 \quad 0]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 2 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 4 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hijau
   c) Kolom ketiga dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris kelima pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[0 \quad 1 \quad 1]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 2 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 5 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hitam
4) Baris Ketiga $M - Matriks$ (1,3)
   a) Kolom pertama dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris ketiga pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[1 \quad 0 \quad 1]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 3 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 3 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna merah
   b) Kolom kedua dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris kelima pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[0 \quad 1 \quad 1]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 3 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 5 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hijau
   c) Kolom ketiga dari $M - Matriks$ (1,3) dikenai operasi $M + 1$, sehingga baris

keenam pada $M - Matriks$ (2,3) berupa matriks $[0 \quad 0 \quad 2]$, yang dapat dinyatakan dengan menghubungkan titik 3 pada $M - Matriks$ (1,3) dengan titik 6 pada $M - Matriks$ (2,3) menggunakan garis berwarna hitam. Dan seterusnya sampai pada himpunan M-Matriks tertinggi.



Gambar 1. Graf Jaringan Matriks (3,3)



Gambar 1. Buram dari Graf $\boldsymbol{Matrix\ Network}$ $(3,3)$

Level 4 tidak dimasukkan pada Gambar 1. Graf $Matrix\ Network$ (3,3) karena bukan termasuk himpunan M-Matrices (3,3).

Graf dari $Matrix\ Network$(3,3) di representasikan pada Gambar 1. Garis-garis dengan warna berbeda mewakili kolom yang berbeda dari R-Matriks. Dapat dilihat, dari kiri ke kanan, graf dari Jaringan Matriks *(Matrix Network)* diperpanjang dengan menambahkan lebih banyak titik mengikuti pola unik dari struktur geometrik biasa. Dalam Gambar1. Pola tersebut adalah jalur tiga arah berisi garis merah yang mewakili kolom pertama, garis hijau yang mewakili kolom kedua, dan garis hitam yang mewakili kolom ketiga.

Elemen – elemen pada baris pertama dari R-Matriks direpresentasikan dengan setiap titik 1 dihubungkan dengan titik 1 dengan garis warna merah, titik 2 dengan garis warna hijau, dan titik 3 dengan garis warna hitam, maka elemen dari R-Matriks baris pertama berisi $[1 \quad 2 \quad 3]$. Elemen elemen pada baris kedua dari R-Matriks direpresentasikan dengan setiap titik 2 dihubungkan dengan titik 2 dengan garis warna merah, titik 4 dengan garis warna hijau dan titik 5 dengan garis warna hitam, maka elemen dari R-Matriks baris kedua berisi $[2 \quad 4 \quad 5]$. Elemen – elemen pada baris ketiga dari R-Matriks direpresentasikan dengan setiap titik 3 dihubungkan dengan titik 3 dengan garis warna merah, titik 5 dengan garis warna hijau, dan titik 6 dengan garis warna hitam, maka elemen dari R-Matriks baris ketiga berisi $[3 \quad 5 \quad 6]$. Elemen-elemen pada baris keempat dari R-Matriks direpresentasikan dengan setiap titik 4 dihubungkan dengan titik 4 dengan garis warna merah, titik 7 dengan garis warna hijau, dan titik 8 dengan garis warna hitam, maka elemen dari R-Matriks baris keempat berisi $[4 \quad 7 \quad 8]$, dan seterusnya.

Contoh 15. Penerapan Jaringan Matriks

Penerapan Jaringan Matriks dalam genetika salah satunya untuk mendeskripsikan peluang mikrostatik dalam pembentukan protein virus penyerang bakteri (bakteriofag) pada saat ekspresi gen hingga bakteri tersebut mati. Hasil pendeskripsian tersebut dapat dilihat dalam metode *toggle switch* dan *phage lambda.* Contoh dalam kasus ini menggunakan metode *phage lambda* karena lebih mudah untuk menghasilkan jaringan matriksnya dibandingkan dengan metode *toggle switch.* Metode *phage lambda* menggambarkan bakteriofag (virus) menyerang bakteri melalui dua siklus tahapan tersebut yaitu tahap lisis dan lisogenik. Contohnya pada bakteri *Escherichia coli.* Bakteria *Escherichia coli (E.coli)* adalah bakteri yang biasanya hidup di dalam usus manusia dan hewan. Kebanyakan jenis *E.coli* hanya menyebabkan diare ringan, beberapa jenis tertentu seperti *E.coli O157:H7* dapat menyebabkan infeksi usus serius yang mengakibatkan diare, sakit perut, dan demam. (Rananda, 2012) Infeksi bakteri *E.coli* adalah infeksi yang dapat terjadi akibat air atau makanan yang terkontaminasi, terutama sayuran mentah dan daging yang tidak matang.

Contoh 16. Contoh Metode *Phage Lambda*

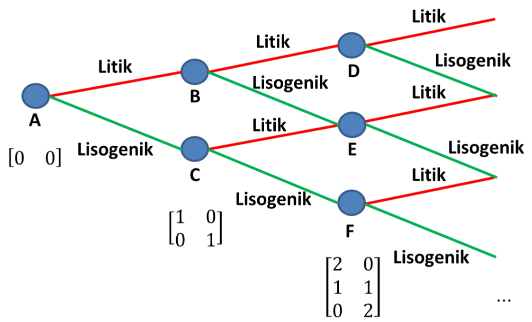
Enterobacteria phage λ (*Phage lambda, coliphage λ*) secara umum disebut dengan

Escherichia virus Lambda menggambarkan bakteriofag yaitu virus yang menyerang bakteri. (Santillan & Mackey, 2004) Bakteriofag memiliki dua macam cara untuk mereplikasikan dirinya, yaitu daur litik dan lisogenik. Replikasi tersebut baru dapat dilakukan ketika virus ini masuk ke dalam sel inangnya (bakteri). (Sari & Prayudaningsih, 2016) Bakteriofag termasuk ke dalam ordo Caudovirales. Salah satu contoh bakteriofag adalah *T4 virus* yang menyerang bakteri *Eschericia coli* (*E. coli*), pada umumnya yaitu bakteri yang hidup pada saluran pencernaan manusia. Perbedaan dengan virus ialah bahwa virus hidup dan berkembang biak dalam organisme yang multiseluler (mahluk hidup yang memiliki banyak sel), sedangkan bakteriofag hidup dan berkembang biak dalam organisme yang uniseluler (mahluk hidup yang terdiri dari satu sel tunggal). (Rananda, 2016)

Virus menginfeksi bakteria *Escherichia coli.* Bakteri terinfeksi bakteriofag. Bakteriofag membawa informasi genetik untuk penyalinan asam nukleat dan untuk menghasilkan selubung protein pelindung. Sel inang bakteri mengalami dua tahapan jenis infeksi virus, yaitu tahap litik dan lisogenik, sampai sel inang bakteri tersebut mati. Metode *phage lambda* atau bakteriofag tersebut dapat diterjemahkan dalam jaringan matriks dan graf jaringan matriks.

Diketahui: 1) Titik dalam graf jaringan matriks melambangkan gen (sel inang) bakteri dalam jaringan genetika. 2) Garis dalam graf jaringan matriks melambangkan transisi (infeksi virus) yang terjadi dalam jaringan genetika. 3) M-Matriks dalam jaringan matriks melambangkan kemungkinan terjadinya kerusakan protein (mikrostatik) bakteri karena virus. 4) R-Matriks dalam jaringan matriks melambangkan transisi antar mikrostatik dalam jaringan genetika.

Akan ditunjukkan Graf pada Jaringan Genetika menggunakan Jaringan Matriks dalam Gambar 2.



Dari Gambar 2. dapat di bentuk jaringan matriksnya sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \cdots \left\| \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \\ \cdots & \cdots \end{bmatrix} \right.$$

Titik A dalam graf di atas melambangkan gen dari bakteri yang sudah terinfeksi oleh virus penyerang bakteri (bakteriofag). Virus tersebut mengalami dua transisi dalam menyerang protein di dalam gen yaitu siklus litik dan lisogenik. Siklus litik digambarkan dengan garis warna merah dan siklus lisogenik digambarkan dengan garis warna hijau. Titik B dan Titik C adalah gen dengan protein yang sudah terinfeksi oleh bakteriofag. Titik B dan Titik C juga terinfeksi bakteriofag dan mengalami dua transisi yaitu siklus litik dengan garis warna merah dan siklus lisogenik dengan garis warna hijau. Titik D, Titik E, dan Titik F adalah gen dengan protein yang sudah terinfeksi bakteriofag dan juga akan mengalami dua transisi yaitu siklus litik dengan garis merah dan siklus lisogenik dengan garis hijau. Bakteriofag akan terus menginfeksi gen dari bakteri tersebut sampai semua protein di dalam gen tersebut rusak dan gen tersebut mati dan dapat digambarkan menjadi graf pada Gambar 2.

Jaringan genetika dapat dihitung menggunakan beberapa metode di dalam biologi salah satunya dengan percobaan Jaringan *Toggle Switch,* hasil dari penelitian sebelumnya memastikan bahwa algoritma enumerasi dapat berjalan dengan baik pada tingkat kinerja yang tinggi. Jaringan *Phage Lambda* secara signifikan lebih kompleks daripada Jaringan *Toggle Switch.* (Gardner, Cantor, & Collins, 2000) Jaringan Matriks di buat untuk mewakili jenis graf yang berisi pola geometrik reguler yang diperoleh dari peta mikrostatik dari jaringan pengatur genetik dan juga jaringan matriks lebih efisien untuk mengenumerasi mikrostatik. Algoritma menggunakan jaringan matriks diharapkan dapat berjalan pada tingkat kinerja yang lebih tinggi dibandingkan metode *Toggle Switch* dan metode *Phage Lambda.* Tidak seperti metode tradisonal dalam melakukan enumerasi untuk mensimulasikan reaksi, Jaringan Matriks memanfaatkan kedua nilai dari mikrostatik dan struktur geometri dari peta mikrostatik. (Cao & Liang, 2010). Langkah selanjutnya melakukan enumerasi mikrostatik dengan menggunakan sistem *The discrete Chemical Master Equation* (dCME) untuk menemukan peluang mikrostatik. Peluang mikrostatik inilah yang menunjukkan terjadian sekian kali transisi sampai bakteri tersebut mati. Peluang mikrostatik ini juga bisa mendeteksi seberapa besar kerusakan protein di dalam bakteri tersebut pada kurun waktu tertentu.

PENUTUP

Jaringan Matriks *(Matrix Network)* didefinisikan berdasarkan pengertian M-Vektor, M-Matriks, R-Matriks, dan Perhitungan Penjumlahan

Jaringan Matriks *(Matrix Network)* adalah himpunan dari M-Matriks dan R-Matriks yang didefinisikan dengan aturan, Misalkan **M** dan **N** bilangan asli**,** Jaringan Matriks - **Matriks Network (M,N)** adalah himpunan semua M-Matriks **M(m,n)** dengan $\boldsymbol{m \leqq M, n = N,}$ dan R-Matriks dari M-Matriks yang berada pada urutan tertinggi. Struktur tersebut dituliskan sebagai $[\boldsymbol{M - Matriks|R - Matriks}]$.

Karakteristik yang dimiliki Jaringan Matriks *(Matrix Network),* yaitu M-Matrices pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* pada sebuah Jaringan Matriks (*Matrix Network),* M-Matriks dengan tingkat yang lebih tinggi secara tidak langsung mengandung semua informasi pada M-Matriks dengan tingkat yang lebih rendah. R-Matriks pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* pada sebuah Jaringan Matriks (*Matrix Network),* R-Matriks yang ukurannya lebih panjang akan berisi semua semua informasi dari R-Matriks yang ukurannya lebih pendek, tanpa perhitungan tambahan. Namun, pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* kita hanya menyimpan R-Matrices terpanjang untuk mewakili semua hubungan pada saling tetangga di M-Matrices.

Graf pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* sebuah graf pada Jaringan Matriks *(Matrix Network)* adalah representasi grafis dari Jaringan Matriks *(Matrix Network).*

Salah satu penerapan Jaringan Matriks *(Matrix Network)* adalah mendeskripsikan peluang mikrostatik dalam pembentukan protein virus penyerang bakteri (bakteriofag) pada saat ekspresi gen yang menggunakan karakteristik dari Jaringan Matriks dan membentuk sebuah graf jaringan genetika. Peluang mikrostatik inilah yang menunjukkan terjadinya sekian kali transisi sampai bakteri tersebut mati. Peluang mikrostatik ini juga bisa mendeteksi seberapa besar kerusakan protein di dalam bakteri tersebut pada kurun waktu tertentu.

Saran yang dapat diberikan adalah penelitian dapat dilanjutkan dengan mengkaji tentang sifat-sifat yang berlaku pada jaringan matriks dan penerapan jaringan matriks lainnya selain dalam genetika.

DAFTAR PUSTAKA

Cao, Y. Lu, Liang, H.M.J. 2010. *Probability ladscape of heritable and robust epigenetic state of lysogeny in phage lambda.* Proc. National Academy of Sciences.Vol. 107, No.43. Hlm. 18445-18450

Cong, X. & Akutsu, T. 2015. Matrix Network: A New Data Structure for Efficient Enumeration of Microstates of a Genetic Regulatory Network. *Journal of Information Processing.* Vol.23. Hlm. 804-813

Gardner, T.S., Cantor, C.R and Collins, J.J. 2000. *Construction of genetic toggle switch in Eschercia coli.* Nature. Vol. 403, No. 6767. Hlm. 339-342

Harju, T. 2012. *Graph Theory*. Finland: Department of Mathematics University of Turku

Jeffrey, A. 2010. *Matrix Operation for Engineers and Scientists.* United Kingdom: Springer

Rananda, M.R. 2016; 5(3). *Identifikasi Bakteri Escherchia coli 0157:H7 dalam Daging Sapi yang Berasal dari Rumah Poton Hewan Lubuk Buaya.* Jurnal Kesehatan Andalas

Sari, R. & Prayudyaningsih, R. 2016. *Isolasi, Enumerasi dan Karakterisasi Bakteri Fiksatif Nitrogen Simbotik dari Hutan Lindung di Kawasan Pertambangan Nikel*. Makasar: Basic Science to Comprehensive Education

Santillan, M and Mackey, M.C. 2004. *Why the Lysogenic State of Phageλ Is So Stable: A Mathematical Modeling Approach.* Biophysical Journal. Vol. 86, No. 1. Hlm. 75-84