



## PEMODELAN NETWORK FLOW ANALYSIS SISTEM DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA - METODE NEWTON

L Habibi <sup>a,\*</sup>, S Notodarmojo <sup>b</sup>, K Adji Sidarto <sup>c</sup>, D Despa <sup>d</sup>, R Widayawati <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Badan Riset dan Inovasi Daerah Kabupaten Lampung Selatan, Jl. Mustafa Kemal 26, Kalianda 35513

<sup>b</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

<sup>c</sup> Program Studi Matematika, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

<sup>d</sup> Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

### INFORMASI ARTIKEL

### ABSTRAK

#### Riwayat artikel:

Diterbitkan : 24 Januari 2023

#### Kata kunci:

Algoritma Genetika,  
Metode Newton,  
Sistem Distribusi Air,  
Sistem Persamaan Tak Linear

Sistem distribusi air merupakan suatu sistem jaringan perpipaan yang sangat kompleks. Kompleksitas jaringan perpipaan ini menimbulkan masalah dalam hal distribusi debit dan tekanan, yang berkaitan dengan kriteria hidrolis yang harus terpenuhi dalam sistem pengaliran air. Untuk menyelesaikan masalah tersebut perlu dibangun suatu model sistem persamaan yang menggambarkan model jaringan distribusi air. Pada penelitian ini, model pada kondisi tunak dibangun dari persamaan node (H) dengan menggabungkan persamaan kontinuitas dan kekekalan energi. Sebagai persamaan hidrolisnya, pemodelan ini menggunakan persamaan Hazen-Williams. Model sistem yang dibangun merupakan suatu sistem persamaan tak linear. Oleh karena itu, suatu teknik iterasi, seperti metode Newton, dapat diaplikasikan untuk memperoleh solusi dari sistem persamaan tersebut. Metode ini memiliki konvergensi yang sangat baik. Akan tetapi, metode ini membutuhkan tebakan awal yang bagus untuk mengkonvergenkan penyelesaiannya. Biasanya, hal ini bukanlah pekerjaan yang mudah. Pada penelitian ini akan digunakan suatu teknik dengan memanfaatkan Algoritma Genetika untuk mengatasi permasalahan tebakan awal tersebut. Pada dasarnya, Algoritma Genetika akan digunakan untuk memperoleh data tebakan awal debit dan tekanan yang akan digunakan oleh metode Newton. Dengan mengkombinasikan Algoritma Genetika dan metode Newton maka penyelesaian sistem model distribusi air menjadi lebih powerful.

## 1. Pendahuluan

Pada penelitian ini, permasalahan yang dibahas adalah masalah *network flow analysis*. Dalam suatu sistem jaringan pipa distribusi air yang sudah terpasang (panjang, diameter, dan kekasaran pipa diketahui), maka akan terdapat variabel hidrolika yang berperan penting dalam menunjukkan terpenuhinya permintaan konsumen (*flow assurance*), yaitu variabel debit dan head (tekanan). Permasalahan jaringan pipa dikatakan dapat terpecahkan jika debit di setiap pipa dan head di tiap node telah diketahui dengan tingkat akurasi yang memadai.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu program sederhana untuk memecahkan masalah *network flow analysis* sistem distribusi air pada kondisi *steady state* dengan mengimplementasikan teknik Algoritma Genetika sebagai *preprocessor* metode Newton. Sedangkan, ruang lingkup penelitian ini meliputi: pembuatan model jaringan perpipaan distribusi air (*steady state simulation*), penyelesaian model dengan mengkombinasikan Algoritma Genetika dan metode Newton, dan analisis hasil penyelesaian model yang diperoleh, dibandingkan dengan hasil penyelesaian model menggunakan metode lain yang sudah umum digunakan, yaitu EPANET 2.0.

## 2. Metodologi

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah *network flow analysis* suatu sistem distribusi air. Kompleksitas dari suatu jaringan perpipaan menimbulkan masalah dalam distribusi debit di setiap pipa dan tekanan di setiap node. Hal ini terkait dengan kriteria hidrolis yang harus terpenuhi dalam suatu sistem distribusi air. Selanjutnya, dalam penelitian ini dibangun suatu model jaringan perpipaan distribusi air pada kondisi *steady state* berdasarkan persamaan hidrolisnya, yaitu menggunakan persamaan Hazen-Williams dan persamaan kontinuitas. Model jaringan distribusi air yang dihasilkan berupa suatu model sistem persamaan tak linear.

Model yang dibangun kemudian diselesaikan dengan menggunakan metode Newton. Metode tersebut merupakan metode numerik yang sangat baik untuk menyelesaikan persamaan tak linear karena konvergensinya kuadratis (Nasution dkk., 2001). Namun, metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan tebakan awal (*initial guess*) yang bagus agar metodenya konvergen (Sidarto dkk., 2005). Oleh karena itu, untuk mengatasinya akan digunakan metode Algoritma Genetika dalam memperoleh data tebakan awal (debit dan tekanan) yang selanjutnya digunakan oleh metode Newton tersebut.

Penyelesaian model sistem jaringan distribusi air dilakukan dengan membuat suatu program komputer berbahasa Matlab. Sedangkan untuk simulasi model dilakukan dengan menggunakan data sederhana yang diperoleh dari literatur. Hasil simulasi model selanjutnya divalidasi dengan program *network flow analysis* yang umum digunakan, yaitu EPANET 2.0.

### 2.1 Model jaringan pipa

Jaringan pipa distribusi air terdiri atas sejumlah pipa yang menghubungkan N titik simpul/node. Pada model jaringan yang akan dibangun digunakan persamaan node (H), yaitu metode kesetimbangan pada tiap-tiap node (Walski, 1984). Model ini menggabungkan persamaan energi untuk tiap pipa dan persamaan kontinuitas, sehingga akan diperoleh suatu persamaan kontinuitas pada tiap-tiap node. Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut: Dalam suatu segmen pipa yang menghubungkan dua node i dan j, memiliki panjang  $L_{ij}$  (m) dan diameter pipa  $D_{ij}$  (m), maka untuk model aliran yang menggunakan persamaan

Hazen William (satuan SI) dapat ditulis (Darmasetiawan, 2004), (Latheef dan Vargheese, 1977):

$$Q_{ij} = S_{ij} \frac{0,2785 \cdot C \cdot D_{ij}^{2,63} \cdot (|H_i - H_j|)^{0,54}}{L^{0,54}} \quad (1)$$

dimana  $Q_{ij}$  menyatakan besarnya laju aliran air pada segmen pipa yang menghubungkan node i dan j. C adalah koefisien kekasaran pipa Hazen-Williams.  $S_{ij}$  menyatakan arah dari aliran, dapat dirumuskan:

$$S_{ij} = \frac{(H_i - H_j)}{|H_i - H_j|} = \pm 1 \quad (2)$$

Apabila  $S_{ij} = +1$  maka air mengalir dari node i ke j, dan apabila  $S_{ij} = -1$  maka air mengalir dari node j ke i.

Karena head (H) di tiap node menyatakan *hydraulic grade line* (HGL), yang terdiri dari komponen head tekanan ( $P/\gamma$ ) dan head elevasi ( $Z$ ), maka persamaan di atas dapat ditulis kembali menjadi:

$$Q_{ij} = S_{ij} \cdot 0,2785 \cdot C \cdot D_{ij}^{2,63} \left( \frac{1}{L_{ij}} \left( \frac{P_i - P_j}{\gamma} + Z_i - Z_j \right) \right)^{0,54} \quad (3)$$

( $\gamma$ ) adalah berat spesifik atau berat jenis. Berat spesifik air pada tekanan dan temperatur standar adalah 62.4 lb/ft<sup>3</sup> atau 9806 N/m<sup>3</sup> (Walski dkk, 2003).

Dengan menerapkan persamaan kontinuitas pada tiap node, contoh untuk sebuah node m yang bertetangga dengan node j dan k, maka diperoleh (Sidarto, 2006), (Sidarto dkk, 2005):

$$f_m = Q_{jm} + Q_{mk} + Q_{Nm} = 0 \quad (4)$$

dimana  $Q_{Nm}$  adalah debit yang keluar atau masuk ke dalam jaringan distribusi melalui node m. Untuk jaringan perpipaan yang memiliki N node maka terdapat n persamaan serupa dengan persamaan di atas. Dengan menggabungkan persamaan (3) dan (4), maka akan diperoleh suatu sistem persamaan tak linear untuk keadaan tunak pada jaringan distribusi air. Sistem persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut (Lindfield & Penny, 2000), (Sidarto, 2006), (Sidarto dkk, 2005):

$$\begin{aligned} \mathbf{f}(\mathbf{x}) &= \mathbf{0} \\ \text{dengan } \mathbf{f} &= (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_N(\mathbf{x}))^T \\ \mathbf{x} &= (x_1, x_2, \dots, x_N)^T \end{aligned} \quad (5)$$

Jika nilai tiap peubah bebas pada sistem persamaan tersebut adalah sedemikian rupa sehingga nilainya masing-masing menjadi (atau dekat) nol, maka sistem jaringan pipa distribusi tersebut berada dalam keseimbangan.

Sistem persamaan yang dibangun memuat peubah yang terdiri dari tekanan pada tiap node ( $P_i$ ), elevasi pada masing-masing node ( $Z_i$ ), debit air yang keluar/masuk ke dalam jaringan melalui node ( $Q_{Ni}$ ), diameter pipa ( $D_{ij}$ ), panjang segmen pipa ( $L_{ij}$ ), dan koefisien kekasaran segmen pipa ( $C_{ij}$ ). Pada jaringan pipa distribusi yang sudah terpasang maka diameter, panjang, dan koefisien kekasaran segmen pipa, serta ketinggian elevasi tiap node besarnya sudah tertentu. Oleh karenanya, jika terdapat sejumlah N node, maka sistem persamaan akan memiliki 2N peubah ( $P_i$  dan  $Q_{Ni}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ). Dengan demikian

dimungkinkan untuk menggunakan  $N$  persamaan yang dimiliki untuk menghitung nilai  $N$  peubah dari  $2N$  yang dimiliki.  $N$  peubah yang nilainya dihitung ini dikenal sebagai peubah bebas (*state variables*), sedangkan sisanya yang juga sebanyak  $N$  diberi nilai tertentu (*decision variables*) sehingga sistem persamaan tersebut dapat diselesaikan. Sistem ini sudah dalam bentuk sistem persamaan tak linear dengan  $N$  persamaan dan  $N$  peubah. Selanjutnya, paling tidak satu dari  $QNi$  berupa peubah bebas dan satu dari  $Pi$  nilainya diketahui sebagai tekanan referensi untuk sistem jaringan tersebut (Sidarto, 2006), (Sidarto dkk, 2005).

## 2.2 Penyelesaian model

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, model sistem yang terbangun merupakan suatu sistem persamaan tak linear dengan  $N$  persamaan dan  $N$  peubah. Oleh karena itu, untuk memperoleh solusi sistem persamaan tersebut dibutuhkan suatu teknik numerik tertentu. Metode penyelesaian numerik yang akan digunakan pada pemodelan ini adalah metode Newton dengan pertimbangan bahwa metode ini memiliki tingkat konvergensi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan metode numerik yang lain. Akan tetapi, metode Newton ini membutuhkan tebakan awal yang bagus untuk mencapai kekonvergenan. Salah satu teknik yang baik untuk memperoleh tebakan awal yang baik adalah dengan menggunakan Algoritma Genetika (Aggarwal, 2000), (Goldberg, 1989). Gambar 1 memperlihatkan diagram alir pemodelan menggunakan Algoritma Genetika dan metode Newton.

Algoritma Genetika merupakan suatu teknik pencarian (*searching method*) secara stokastik yang idenya diperoleh dari proses evolusi di alam. Algoritma ini meniru mekanisme kerja seleksi alam dan genetika dalam menyelesaikan masalah. Dengan kata lain, Algoritma Genetika merupakan suatu proses evolusi buatan terhadap sekumpulan titik (individu) yang merupakan kandidat solusi dari suatu masalah, yang terjadi di dalam komputer dan berlangsung secara iteratif (dalam beberapa generasi) (Goldberg, 1989).

Prinsip Algoritma Genetika adalah mengkode solusi suatu problem pada sebuah kromosom seperti struktur data dan memanfaatkan operator rekombinasi pada struktur data tersebut sehingga dapat mempertahankan informasi penting yang berkaitan dengan penyelesaian problem. Langkah dasar dalam Algoritma Genetika adalah (Aggarwal, 2000):

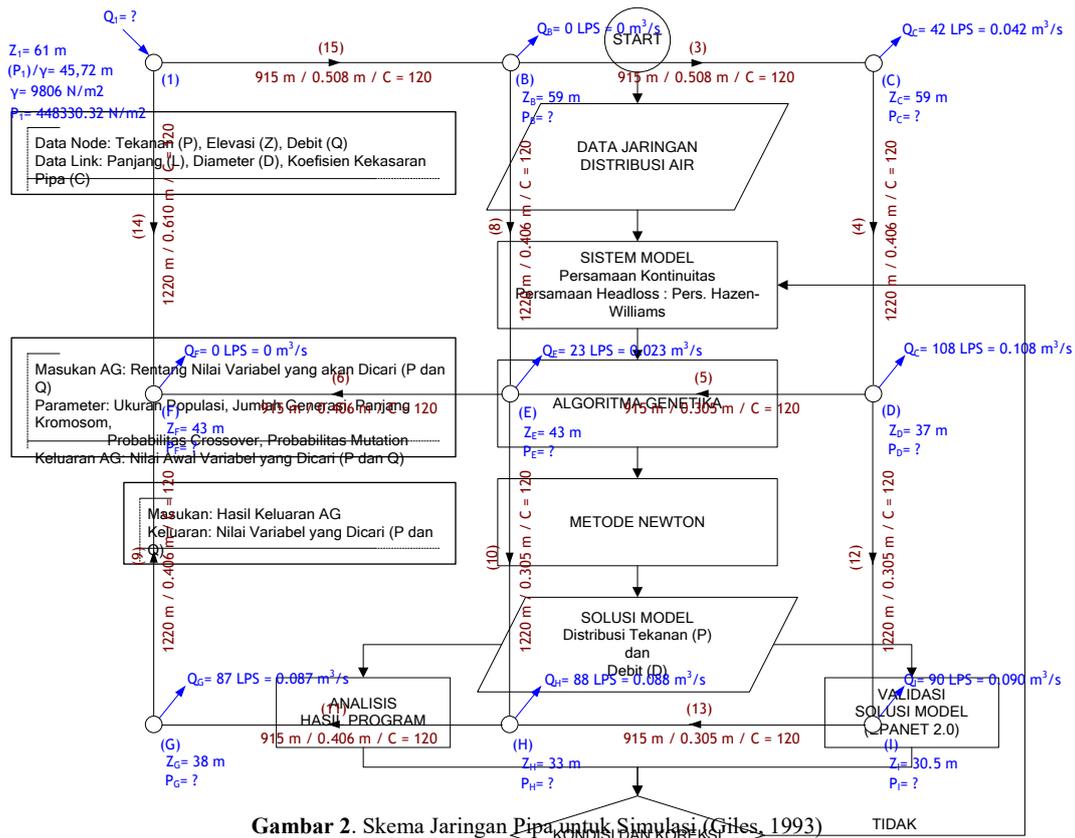
1. Menciptakan secara random suatu populasi awal kromosom,
2. Menghitung fitness dari seluruh anggota populasi dan menyeleksi individu untuk proses reproduksi. Individu dengan fitness yang tinggi akan memiliki probabilitas reproduksi yang tinggi pula, dan
3. Menerapkan operator genetika (persilangan dan mutasi) pada individu terpilih untuk menciptakan individu baru dan yang menjadi generasi selanjutnya.

Pada dasarnya, Algoritma Genetika digunakan dalam masalah optimisasi. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan sistem persamaan tak linear dari jaringan perpipaan, masalah menentukan akar persamaan diubah menjadi bentuk masalah optimisasi (Sidarto, 2006), (Sidarto dkk, 2005):

*Fitness function:*

$$F(x) = \text{norm}(f(x)) = \|f(x)\| \quad (6)$$

$$\text{dengan } \|f(x)\| = \sqrt{f_1^2(x) + f_2^2(x) + \dots + f_n^2(x)}$$



Gambar 2. Skema Jaringan Pipa untuk Simulasi (Giles, 1993)

Tabel 1. Data Masukan Simulasi Jaringan Pipa

Node				Link					
Node ID	Flow (m3/s)	Elevasi (m)	Tekanan (N/m²)	Link ID	Dari	Ke	Panjang pipa (m)	Diameter (m)	Koef C
B	0	59	?	3	B	C	915	0.508	100
C	-0.042	59	?	4	C	D	1220	0.406	100
F	0	43	?	5	D	E	915	0.305	100
E	-0.023	43	?	6	E	F	915	0.406	100
D	-0.108	37	?	8	B	E	1220	0.406	100
G	-0.087	38	?	9	G	F	1220	0.406	100
H	-0.088	33	?	10	E	H	1220	0.305	100
I	-0.09	30.5	?	11	H	G	915	0.406	100
1	?	61	448330.32	12	D	I	1220	0.305	100
				13	I	H	915	0.305	100
				14	1	F	1220	0.61	100
				15	1	B	915	0.508	100

Sumber: Hasil Analisis, 2008

Sehingga didekat akar dari  $f(x) = 0$  diharapkan nilai fitness akan dekat dengan nol; dan akan merupakan suatu bilangan positif yang cukup besar bila  $x$  jauh dari akar. Dengan demikian masalah mencari akar  $f(x) = 0$  mula-mula dibawa menjadi masalah mencari  $x$  yang meminimumkan fungsi  $F(x)$ .

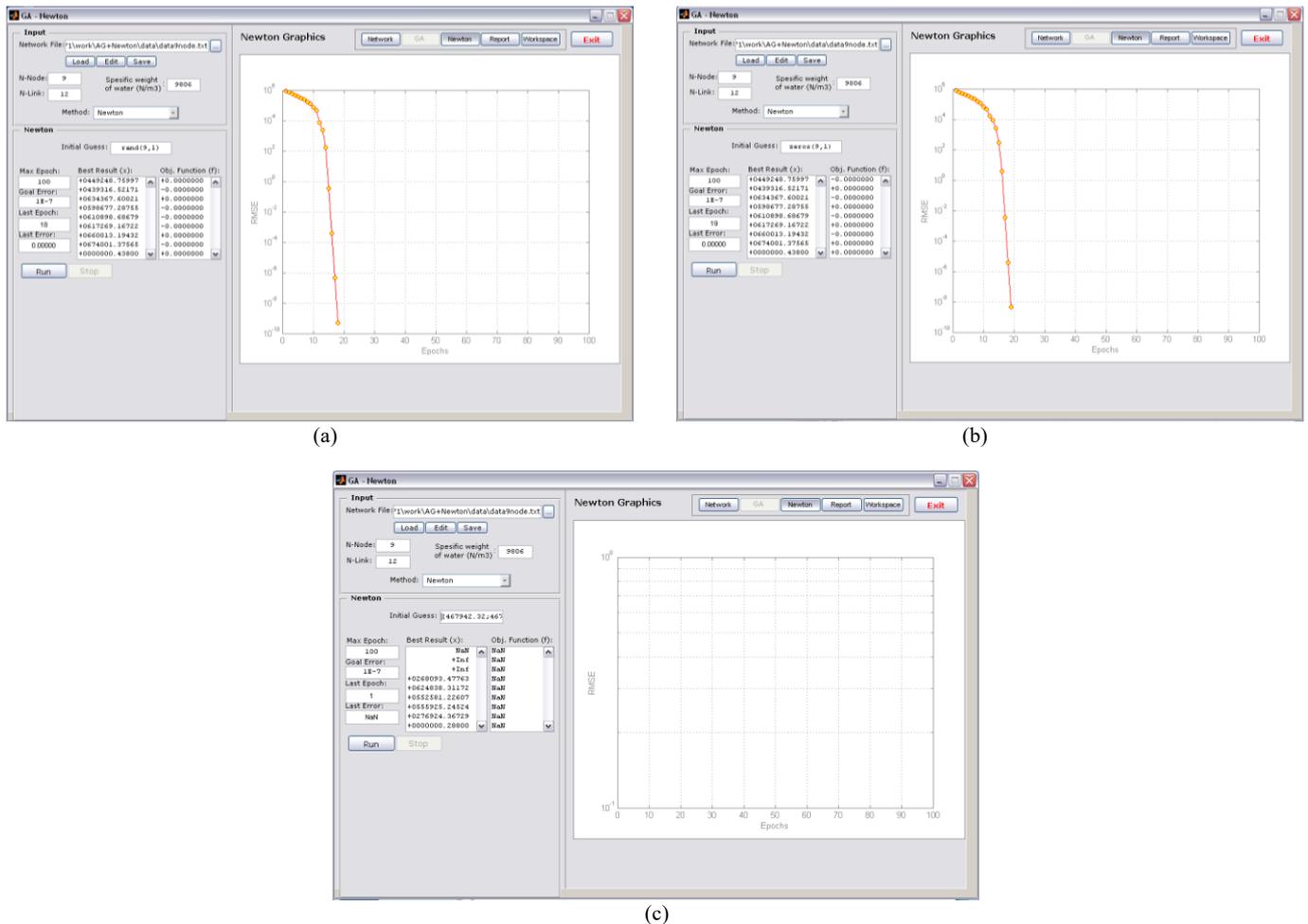
Hasil dari Algoritma Genetika selanjutnya digunakan oleh metode Newton untuk mencari solusi eksak dari sistem model yang dibangun. Dengan memanfaatkan hasil dari Algoritma Genetika maka kelemahan metode Newton, yaitu membutuhkan tebakan awal yang baik akan tertutupi.

### 3. Hasil dan pembahasan

Untuk memperlihatkan peran Algoritma Genetika sebagai preprocessor metode Newton, maka dilakukan simulasi dengan skenario sebagai berikut:

1. Analisis jaringan menggunakan metode Newton dengan nilai tebakan awal bilangan acak.
2. Analisis jaringan menggunakan Algoritma Genetika sebagai penentu nilai tebakan awal metode Newton.

Analisis jaringan dilakukan dengan melakukan simulasi terhadap suatu skema sederhana jaringan pipa. Gambar 2 memperlihatkan



(a)

(b)

(c)

**Gambar 3.** Kekonvergenan metode Newton dengan tebakan awal sebagai berikut:

- (a) tebakan awal bilangan acak 0 sampai 1;
- (b) tebakan awal bilangan sama, yaitu 0; dan
- (c) tebakan awal bilangan acak lain

sebuah sistem jaringan pipa distribusi air yang mendistribusikan air dari node nomor 1 kepada 8 node lainnya.

Masalah yang ingin diselesaikan dalam analisis jaringan adalah menentukan distribusi tekanan pada tiap node, kecuali node nomor 1 dan nilai debit harus diberikan pada node nomor 1 sehingga sistem berada dalam keadaan kesetimbangan. Data untuk tiap segmen pipa, seperti panjang, diameter, dan koefisien kekasaran pipa, tekanan di node nomor 1, serta debit yang harus dialirkan oleh 8 node lainnya, dapat dilihat pada Tabel 1.

**3.1 Analisis Jaringan dengan Tebakan Awal Bilangan Acak**

Simulasi analisis jaringan dengan tebakan awal bilangan acak dilakukan dengan mencoba beberapa variasi bilangan acak. Dalam penelitian ini, variasi bilangan acak ditentukan berdasarkan pertimbangan kemudahan pemrograman dan kemungkinan terjadinya kondisi-kondisi divergen. Kemudahan pemrograman yang dimaksud adalah berkaitan dengan kemudahan memasukkan data dalam program. Berdasarkan hal tersebut, variasi tebakan awal yang diambil adalah:

1. Bilangan acak antara 0 sampai 1
2. Bilangan acak dengan nilai sama, misalnya 0
3. Bilangan acak lain yang memungkinkan terjadinya kondisi divergen

Bilangan acak yang digunakan dalam simulasi program dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Data Masukan Tebakan Awal

Variabel	Tebakan Awal 1 rand(9,1)	Tebakan Awal 2 zeros(9,1)	Tebakan Awal 3
P <sub>B</sub>	0.9501	0	467942.32
P <sub>C</sub>	0.2311	0	467942.32
P <sub>D</sub>	0.6068	0	683674.32
P <sub>E</sub>	0.486	0	624838.32
P <sub>F</sub>	0.8913	0	624838.32
P <sub>G</sub>	0.7621	0	624896.7
P <sub>H</sub>	0.4565	0	557342
P <sub>I</sub>	0.0185	0	747413.32
Q <sub>1</sub>	0.8214	0	0.5

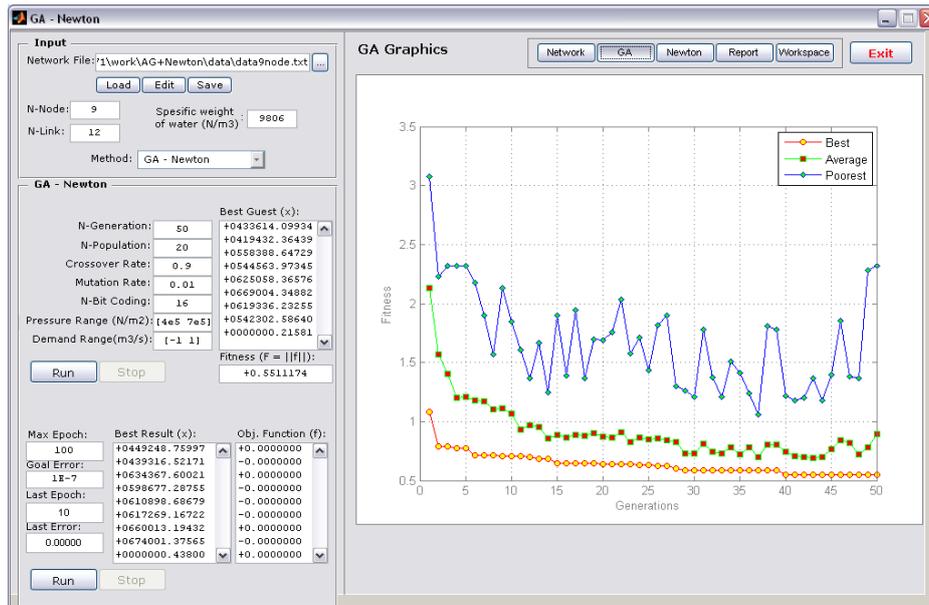
Sumber: Data diolah, 2008

Hasil simulasi dari ketiga variasi tebakan awal di atas dapat dilihat pada Gambar 3.

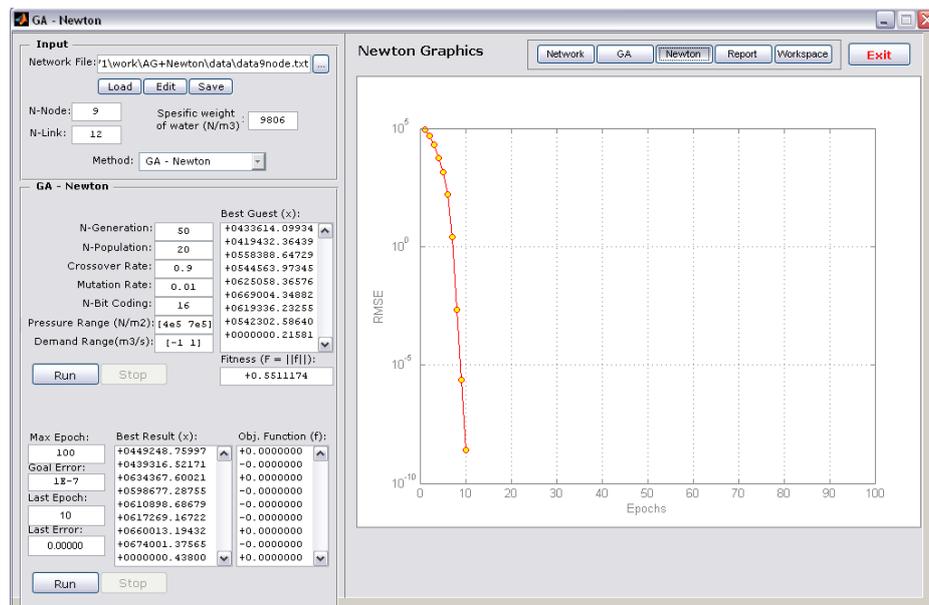
Dari ketiga gambar tersebut, terlihat bahwa tebakan awal memiliki peranan yang sangat penting terhadap penyelesaian metode Newton. Pada Gambar 3.(a), dengan tebakan awal berupa bilangan antara 0 sampai 1, jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk tercapainya konvergen dengan maksimum error  $10^{-7}$  adalah 18 iterasi. Sedangkan pada Gambar 3 (b), dengan tebakan awal berupa bilangan 0, jumlah iterasi yang dibutuhkan adalah 19 iterasi. Berbeda dengan tebakan sebelumnya, pada Gambar 3 (c), terlihat bahwa hasil yang diperoleh adalah divergen. Hal ini menunjukkan bahwa kelemahan metode Newton berada pada nilai tebakan awal yang harus diberikan.

### *3.2 Analisis Jaringan dengan Tebakan Awal Hasil Algoritma Genetika*

Berbeda dengan simulasi sebelumnya, dimana nilai tebakan awal metode Newton telah ditentukan secara acak, maka pada simulasi analisis jaringan yang berikutnya ini dilakukan penentuan nilai tebakan awal metode Newton menggunakan metode optimasi Algoritma Genetika. Hasil dari metode Algoritma Genetika selanjutnya dijadikan sebagai tebakan awal untuk penyelesaian menggunakan metode Newton. Adapun hasil simulasi Algoritma Genetika dan metode Newton dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Proses simulasi Algoritma Genetika



Gambar 5. Proses simulasi Newton

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan Algoritma Genetika dapat diperoleh nilai tebakan awal yang cukup dekat dengan solusi eksaknya. Hal tersebut berdasarkan nilai fungsi fitness yang dicapai yaitu 0.5511174 (diharapkan semakin dekat 0).

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan tebakan awal ini menyebabkan jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Newton untuk mencapai konvergen (maksimum error  $10^{-7}$ ) menjadi lebih sedikit, yaitu sebanyak 10 iterasi.

Dalam proses menjalankan program, proses Algoritma Genetika memang membutuhkan waktu yang relatif lebih lama, jika dibandingkan dengan langsung menggunakan masukan tebakan awal. Namun, dalam hal menghindari terjadinya kondisi divergen pada penyelesaian metode Newton, yang berarti tidak diperoleh solusi eksaknya, maka permasalahan lamanya proses tidak begitu menjadi masalah penting.

### 3.3 Validasi Hasil Simulasi

Hasil penyelesaian model/simulasi menggunakan metode Newton selanjutnya divalidasi untuk menguji model matematis yang dibangun. Validasi yang dilakukan yaitu dengan membandingkan solusi model dengan solusi serupa yang telah dipublikasikan dan diverifikasi dengan hasil eksperimen yang berkualitas. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh dengan metode Newton dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari perhitungan menggunakan *software* EPANET 2.0.

Metode yang dipakai pada *software* EPANET 2.0 dalam menyelesaikan persamaan kontinuitas dan headloss adalah dengan menggunakan pendekatan hibridisasi node dan loop (*hybrid node-loop approach*). Todini dan Pilati (1987) dan Salgado et al. (1988) dalam Roosman (2000) menyebut metode ini sebagai "Metode Gradien". *Software* EPANET 2.0 merupakan suatu *software open source*, dikembangkan oleh

United State Environmental Protection Agency (U.S. EPA), yang umum digunakan dalam bidang Teknik Lingkungan untuk menganalisis suatu jaringan pipa distribusi air. Hal ini dimaksudkan untuk melihat keakuratan dari penyelesaian sistem model menggunakan metode Newton.

**Tabel 3.** Hasil Metode Newton dan Validasi dengan EPANET 2.0

Variabel	Node	EPANET 2.0		Metode Newton	% beda
		Head (m)		Head (m)	
P <sub>B</sub>	B	104.81		104.81366	0.0035
P <sub>C</sub>	C	103.8		103.80079	0.0008
P <sub>D</sub>	F	105.3		105.29846	0.0015
P <sub>E</sub>	E	104.05		104.05214	0.0021
P <sub>F</sub>	D	101.7		101.69178	0.0081
P <sub>G</sub>	G	100.95		100.94811	0.0019
P <sub>H</sub>	H	100.31		100.30708	0.0029
P <sub>I</sub>	I	99.24		99.23357	0.0065
Variabel	Node	Demand (LPS)	Demand (m <sup>3</sup> /s)	Flow (m <sup>3</sup> /s)	% beda
Q <sub>I</sub>	I	438	0.438	0.438	0.0000

Sumber: Hasil Analisis, 2008

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa sistem model yang dibangun dan penyelesaiannya, yang mengkombinasikan Algoritma Genetika sebagai *preprocessor* dan metode Newton sebagai *solver*, menunjukkan validitas yang sangat baik.

Dengan mengkombinasikan Algoritma Genetika untuk memperoleh tebakan awal bagi akar sistem persamaan tak linear yang dihadapi dan metode Newton untuk mencari nilai akarnya maka proses penyelesaian model jaringan pipa distribusi air akan menjadi lebih lebih efektif dan efisien.

#### 4. Kesimpulan

Metode Newton merupakan metode numerik yang cukup baik untuk digunakan dalam memodelkan sistem distribusi air, terutama dalam hal masalah dalam distribusi debit dan tekanan. Metode ini memiliki tingkat konvergensi yang cukup baik dibandingkan dengan metode-metode numerik lain yang umum digunakan. Namun, metode Newton memiliki kelemahan dalam hal masalah penentuan nilai solusi awal yang baik. Dengan mengkombinasikan Algoritma Genetika dan metode Newton maka penyelesaian sistem model distribusi air menjadi lebih *powerfull*.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh rekan-rekan dari KK Matematika Industri dan Keuangan ITB dan Tim RC Oppinet ITB yang telah berkontribusi membantu dalam hal pembelajaran algoritma genetika sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

#### Daftar pustaka

Aggarwal, V., (2000) Solving Transcendental Equations Using Genetic Algorithm, <http://www.geocities.com/mumukhsu/gatrans.html>.

- Darmasetiawan, Martin. (2004) *Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum*, Ekamitra Engineering. Jakarta.
- Giles, R, V., Soemitro, I, H, W. (1993). *Mekanika Fluida & Hidraulika: Seri buku Schaum Teori dan Soal-soal (Edisi Kedua (SI Metrik))*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Goldberg, D.E. (1989) *Genetic Algorithm*, Addison Wesley Inc. Reading, Massachusetts.
- Latheef, P.K. Abdul., Vargheese, P.I. (1977) *Hydraulics*, Khanna Publishers, Delhi.
- Lindfield, George R., Penny, John E.T. (2000) *Numerical Methods Using Matlab 2nd edition*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Nasution, Amrinsyah., Zakaria, Hasballah. (2001) *Metode Numerik dalam Ilmu Rekayasa Sipil*, Penerbit ITB, Bandung.
- Rossman, L. A. (2000), *EPANET 2 Users Manual*. Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH45268.
- Sidarto, K.A. (2006), Sisi Pemodelan Matematika pada Jaringan Pipa Distribusi Gas Alam. *Prosiding Konferensi Nasional Matematika XIII*, Semarang, 24 – 27 Juli, 607 – 613.
- Sidarto, K. A., Mucharam, L., Riza, L.S., Mubassiran, Rohani, N., Soplan, S. (2005) Implementation of Genetic Algorithm to Improve Convergente of Newton's Method in Predicting Pressure Distribution in Complex Gas Pipeline Network System Case Study: Off-take Station ST-WLHR Indonesia, *Prosiding Seminar Nasional 'Soft Computing, Intelligent Systems and Information Technology 2005'*, Surabaya, 28-29 July, 944 – 949.
- Walski, T. M. (1984) *Analysis of Water Distribution Systems*, Van Nostrand Reinhold. New York.
- Walski, T. M., Chase, Donald V., Savic, Dragan A., Grayman, Walter., Beckwith, Stephen., Koelle, Edmundo. (2003) *Advanced Water Distribution Modeling and Management*, Haestad Press. New York.