

**PEMODELAN REGRESI NON LINEAR PADA PREDIKSI JUMLAH
PENUMPANG KAPAL LAUT DENGAN ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus : Rute Pelabuhan Sri Bintan Pura Jagoh)**

Weny Utari¹, Martaleli Bettiza², Alena Uperiati³

wenyutari4@gmail.com

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Abstract

Ships are a form of transportation for humans that are used as transportation for archipelagic countries to cross the ocean from one island to another. The number of ship passengers that cannot be estimated every day, creates problems that have a huge impact on shipping management, especially in terms of shortages of vessels and overloading of passengers. For this reason, a model is needed to predict the number of passengers on ships in the future in order to prevent these problems. Therefore, we need a program that can estimate how much the number of ship passengers will increase in the future. In this study, the problem will be modeled using non-linear regression equation modeling consisting of the independent variable (X) and the dependent variable (Y). The regression coefficient is obtained using the concept of a genetic algorithm. In the process using extended intermediate crossover and random mutation, the selection process uses the elitism selection model. The final result is a prediction using Non Linear Regression Modeling with a total RMSE 6.093223783 and MAPE 4917.706862, the best PopSize is 20, the combination of crossover and mutation levels is 0,6: 0,4, and the best number of generations is 150.

Keywords: Non Linear Regression, Genetic Algorithm, Prediction, Population

I. Pendahuluan

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dengan menggunakan wahana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi ini digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari Suryawan et al., (2016). Kapal sebagai salah satu transportasi bagi manusia, dimana kapal ini menjadi transportasi utama negara kepulauan untuk menyebrangi lautan dari satu pulau ke pulau lainnya hingga sampai ke tujuan. Dengan seiringnya waktu jumlah penumpang kapal akan terus meningkat. Terutama di akhir pekan atau hari – hari tertentu seperti di hari raya dan libur tahun baru. Jumlah penumpang yang turun-naik pada pelabuhan Sri Bintan Pura mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahun dengan rata-rata pertumbuhan mencapai 12,50%. Pada tahun 2016 jumlah penumpang yang turun dan naik melalui Pelabuhan Sri Bintan Pura sebesar 1.755.073 penumpang baik perjalanan domestik dan internasional Realisasi Data Trafik Pelabuhan Sri Bintan Pura, PT.Pelindo I, (2016). Jumlah penumpang yang sulit diprediksi menimbulkan beberapa permasalahan yang sering terjadi, seperti kekurangan armada kapal dan kelebihan muatan penumpang. Pemodelan Regresi Non Linear dan Algoritma Genetika dipilih oleh peneliti untuk memprediksi jumlah penumpang kapal di Pelabuhan Sri Bintan Pura – Jagoh karena sifat Regresi Non Linear yang bisa memprediksi berdasarkan data yang ada menggunakan koefisien regresi yang mempunyai korelasi dengan data yang menjadi variabel independent. Disinilah fungsi Algoritma Genetika untuk mengoptimasi nilai koefisien regresi tersebut untuk menjadi angka yang bisa meningkatkan akurasi prediksi dari Pemodelan Regresi Non Linear (Yusnandar, 2004).

Dari permasalahan – permasalahan yang terjadi pada transportasi laut khususnya angkutan penumpang, penulis akan mencoba melakukan penelitian mengenai Pemodelan Regresi Non Linear Pada Prediksi Jumlah penumpang kapal laut di Pelabuhan Sri Bintang Pura – Jagoh menggunakan Algoritma Genetika. Diharapkan solusi yang dihasilkan dari penelitian dapat membantu mengatasi permasalahan – permasalahan tersebut.

II. Metode Penelitian

2.1 Regresi Non Linear

Regresi merupakan salah satu percobaan statistika yang memiliki dua jenis pilihan model yaitu linear dan non linear dalam parameternya. Model linear memiliki dua sifat yaitu regresi sederhana dan berganda dengan kurva yang di hasilkan membentuk garis lurus, sedangkan model non linear dalam parameternya bersifat kuadratik dan kubik dengan kurva yang di hasilkan membentuk garis lengkung. Regresi non linear model kuadratik merupakan hubungan antara dua peubah yang terdiri dari variabel terikat (dependen, Y) dan variabel bebas (independen, X) sehingga akan di peroleh suatu kurva dengan garis lengkung (Yusnandar, 2004).

Perlu diingat bahwa rumus regresi non linear yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan berikut.

$$y = a + b_1(x_1) + b_2(x_2) + b_3(x_3) + b_4(x_4) + b_5(x_1^2) + b_6(x_2^2) + b_7(x_3^2) + b_8(x_4^2) \quad (1)$$

Dimana :

y = Variabel terikat (nilai variabel yang akan diprediksi)

a = Konstanta

b₁, b₂, b₃, b₄, b₅, b₆, b₇, b₈ = Nilai koefisien regresi

X₁, X₂, X₃, X₄, X₁², X₂², X₃², X₄² = Variabel bebas

2.2 Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah metode pencarian yang meniru perumpamaan evolusi biologis alami untuk menentukan kromosom atau individu berkualitas tinggi dalam suatu populasi. Proses pemilihan individu dari suatu populasi dievaluasi berdasarkan fungsi fitness. Kromosom berbentuk string tersebut merupakan calon pada setiap siklus operasi yang disebut generasi (Saputro, 2015).

Menurut Nindya et al., (2016) terdapat 5 fase dalam penyelesaian masalah dengan Algoritma Genetika yaitu sebagai berikut:

1. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi dilakukan untuk membangkitkan himpunan solusi baru secara acak/random yang terdiri atas sejumlah string atau gene atau disebut dengan chromosome dan ditempatkan pada penampungan yang disebut populasi. Setiap individu Dalam tahap ini harus ditentukan ukuran populasi (popSize).

2. Fungsi fitness

Fungsi fitness di gunakan untuk mengukur kebaikan solusi yang dibawah oleh suatu individu. Individu terbaik dengan nilai fitness yang tinggi cenderung menghasilkan solusi yang terbaik.

Fungsi fitness yang di gunakan untuk masalah pemodelan regresi non linear di tunjukkan pada persamaan berikut :

$$\text{fitness} = 1/(1+\text{RMSE}) \quad (2)$$

3. Crossover

Pada proses ini metode crossover yang di pilih menggunakan metode extended intermediate crossover yaitu proses pemilihan dua induk secara acak dari populasi yang telah dibentuk dan menghasilkan offspring (anak) dari kedua induk tersebut (Mahmudy et al., 2013).

Untuk melakukan crossover menggunakan persamaan berikut:

$$C1 = P1 + \alpha (P2 - P1) \text{ dan } C2 = P2 + \alpha (P1 - P2) \quad (3)$$

Dimana :

C1 = individu anak pertama

C2 = individu anak kedua

P1 = individu induk pertama

P2 = individu induk kedua

α = nilai acak dengan interval antara 0 sampai dengan 1

4. Mutasi

Proses mutasi yang di gunakan adalah random mutasi yaitu sebuah proses acak dengan cara menambah atau mengurangi nilai gen terpilih dengan bilangan random yang lebih kecil (mahmudy, 2013).

Untuk melakukan mutasi menggunakan persamaan berikut :

$$x_i = x_i + r(\text{max}_i - \text{min}_i) \quad (4)$$

Dimana :

X_i = Kromosom pada indeks ke i

r = nilai acak dengan interval antara -1 sampai dengan 1

max_i = Nilai tertinggi dari data input

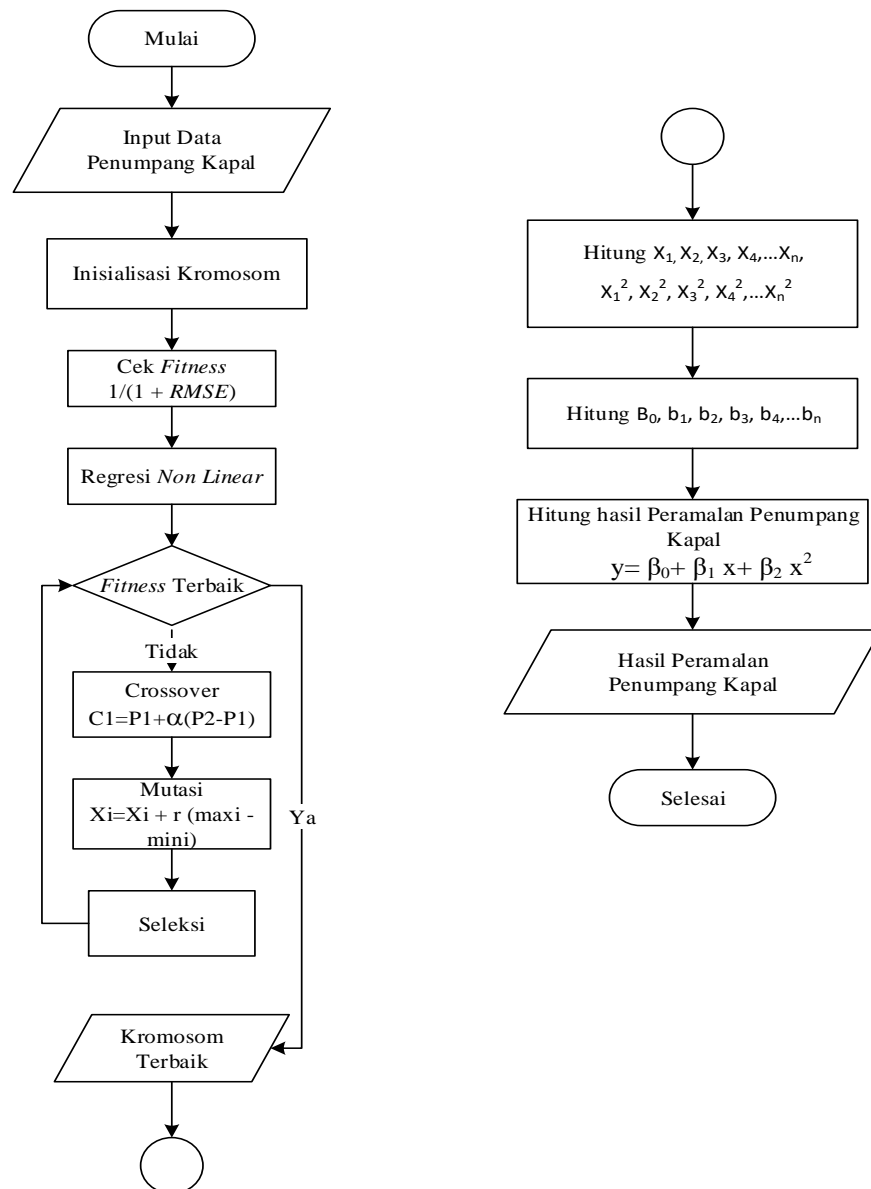
min_i = Nilai terendah dari data input

5. Seleksi

Pada penelitian ini metode yang di gunakan adalah elitism selection yaitu memilih individu berdasarkan fitness terbaik dengan mengurutkan individu-individu dari nilai fitness tertinggi sampai terendah. Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan semua kromosom parent dan offspring dalam satu penampungan. Kemudian di pilih kromosom dengan fitness terbaik untuk masuk ke generasi selanjutnya.

2.3 Flowchart Algoritma Genetika – Regresi Non Linear

Perancangan Flowchart Algoritma Genetika – Regresi Non Linear digunakan untuk menggambarkan proses – proses atau tahapan – tahapan untuk mendapatkan hasil prediksi menggunakan Algoritma Genetika – Regresi Non Linear. Flowchart Algoritma Genetika – Regresi Non Linear dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 *Flowchart* Algoritma Genetika – Regresi *Non Linier*

2.4 Alur Penyelesaian Algoritma Genetika - Regresi Non Linier

Langkah – langkah proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Simpan nilai minimal dan nilai maksimal dari data input untuk digunakan nantinya pada proses mutasi. Mengacu pada tabel jumlah penumpang kapal maka di ketahui nilai minimal adalah nilai pada data ke delapan dengan nilai 3450. Sedangkan nilai maksimal terdapat pada data ke delapanbelas dengan nilai 7969.
2. Selanjutnya adalah proses inisialisasi kromosom, pseudocode untuk proses inisialisasi menggunakan formula excel sbb :
 $= \text{rand}(0);$
 Inisialisasi kromosom awal individu dengan nilai random kemudian hitung nilai fitness dari setiap kromosom random tersebut. jika nilai fitness ini lebih baik dari nilai fitness umum maka ambil kromosom acak ini sebagai kromosom terbaik.

3. Proses pertama dalam tahap inialisasi adalah melakukan inialisasi nilai kromosom individu secara acak. Perlu diingat bahwa rumus regresi non linear yang digunakan adalah persamaan (1).
4. Proses kedua dalam tahap inialisasi adalah menghitung nilai fitness. Untuk mengetahui nilai fitness maka harus diketahui nilai error terlebih dahulu dengan cara membandingkan data y sebenarnya dengan data y yang didapatkan menggunakan rumus regresi non linear.
5. Proses ketiga dalam tahap inialisasi adalah mencari nilai fitness terbaik dan menyimpan individu dengan kromosom terbaik sebagai jawaban solusi sementara.
6. Proses inialisasi sudah selesai. Selanjutnya adalah memasuki perhitungan utama dari algoritma genetika. Terdapat dua buah proses utama yang terjadi pada tahapan ini yaitu proses crossover dan proses mutasi, dan setelah itu terdapat proses tambahan yaitu proses seleksi untuk mempersiapkan populasi pada generasi berikutnya. Ketiga proses ini akan dilakukan sebanyak jumlah generasi sambil mencatat nilai koefisien terbaik.
7. Pada saat proses crossover, tentukan jumlah individu yang akan dikawin silang. Nilai jumlah individu didapatkan dari perkalian antara parameter probabilitas crossover dengan ukuran populasi. Akan tetapi proses crossover membutuhkan 2 buah induk dalam 1 kali proses, sehingga jumlah proses yang dilakukan adalah setengah dari nilai tersebut. Dalam kasus diatas, jumlah individu adalah $0.6 * 10 = 6$ buah dan jumlah proses crossover yang perlu dilakukan adalah $6/2 = 3$ kali. Selanjutnya adalah menentukan indeks individu acak yang akan dikawin silang. Di asumsikan individu acak terpilih adalah 10, 6, 9, 5, 4 dan 8. Sehingga proses crossover dilakukan antara 10 dan 6, 9 dan 5 terakhir 4 dan 8. Individu terpilih ini akan dinamakan sebagai "induk" pada proses crossover.
8. Proses mutasi sama halnya dengan proses crossover. Dimana kita harus menentukan jumlah individu yang akan terkena mutasi. Nilai jumlah individu didapatkan dari perkalian antara parameter probabilitas mutasi dengan ukuran populasi. Dalam kasus diatas, jumlah individu adalah $0.4 * 10 = 4$ buah, mengingat proses mutasi menggunakan menggunakan 1 buah induk saja maka jumlah proses mutasi yang perlu dilakukan adalah sama seperti jumlah individu yang didapatkan sebelumnya, yaitu 4 kali.
9. Selanjutnya adalah proses seleksi untuk mendapatkan populasi terbaik yang akan digunakan pada perulangan berikutnya. Kumpulkan semua individu induk dan individu anak yang dicari dengan proses crossover dan mutasi.
10. Inti perhitungan dari algoritma genetika sudah dijelaskan pada point ke 7 sampai dengan 9 yaitu proses crossover, mutasi dan seleksi. Selanjutnya adalah melakukan perulangan proses crossover, mutasi dan seleksi untuk membentuk generasi selanjutnya dengan menggunakan populasi yang didapatkan pada generasi sebelumnya. Hal tersebut akan dilakukan sebanyak parameter dari jumlah generasi dan simpan nilai fitness dan kromosom terbaik yang didapat.
11. Root Mean Square Error (*RMSE*)

$$RMSE = \sqrt{\frac{(Y_i - Y_{ri})^2}{n}}$$

Dimana:

n = jumlah data
Y_i = nilai sebenarnya
Y'_i = nilai hasil prediksi

12. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \left| \frac{y_i - y'_i}{y_i} \right| \times 100/n$$

Dimana :

Y_i = nilai sebenarnya
Y'_i = nilai hasil prediksi
n = Jumlah data

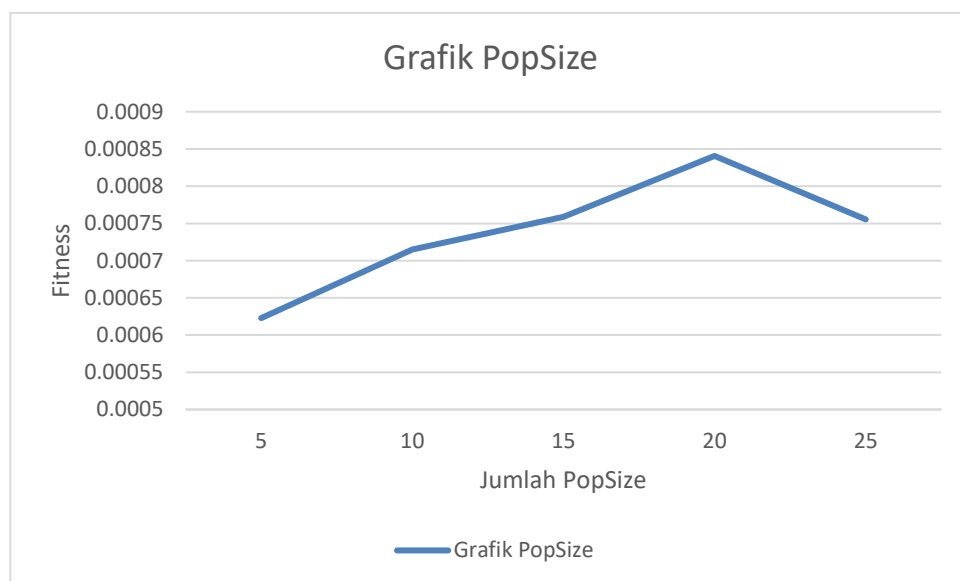
III. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan metode Algoritma Genetika untuk mencari nilai koefisien regresi yang akan di gunakan pada Pemodelan Regresi Non Linear untuk memprediksi jumlah penumpang kapal rute pelabuhan sri bintang pura-jagoh.

Penelitian ini menggunakan 36 buah data jumlah peumpang kapal pada tahun 2017 sampai dengan 2019 yang di gunakan pada proses optimasi koefisien regresi hingga di dapatkan nilai koefisien regresi dengan nilai fitness terbaik pada proses Algoritma Genetika.

a. Pengujian dan Analisa Ukuran Populasi

Pada uji coba ukuran populasi, jumlah generasi yang dipakai adalah 150 dengan banyak populasi kelipatan 5, dimulai dari 5 popSize sampai dengan 45 PopSize. Nilai crossover rate yang digunakan adalah 0,6 dan mutation rate yang digunakan adalah 0,4.

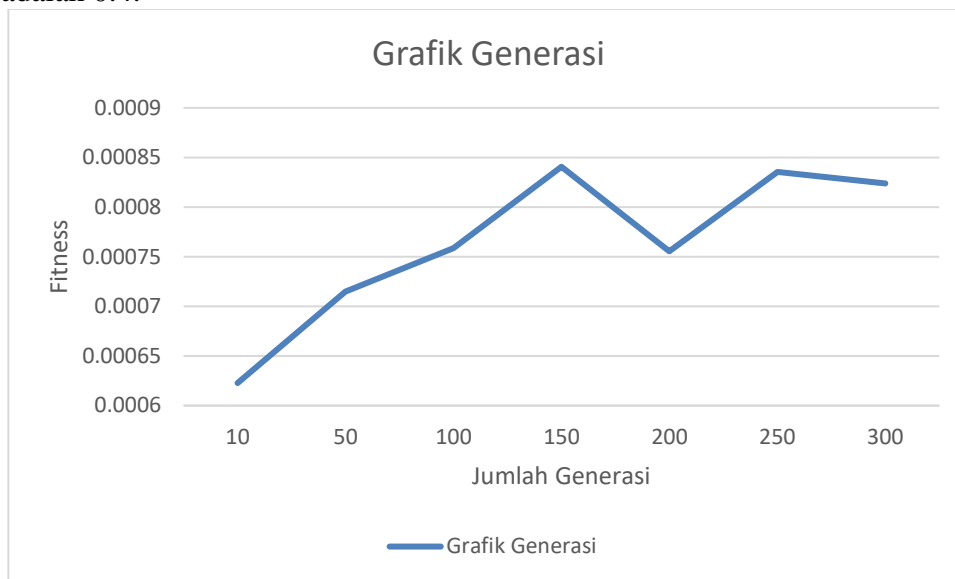


Gambar 2 Grafik *PopSize*

Pada Gambar 2 hasil uji coba untuk ukuran populasi terhadap hasil fitness mengalami kenaikan di titik PopSize ke 20 dengan nilai fitness 0.000840664975. Dengan penambahan popSize sebanyak 5 pada percobaan selanjutnya nilai fitness cenderung turun dan tidak pernah menyentuh titik tertinggi ketika ukuran PopSize ke 20. Oleh karena itu didapatkan popSize terbaik pada uji coba ukuran popSize ini adalah 20 popSize.

b. Pengujian dan Analisa Ukuran Generasi

Pada uji coba ukuran generasi terhadap perubahan nilai fitness. Banyak generasi yang akan dilakukan dengan kelipatan 50 mulai dari 10 generasi sampai 300 generasi. Sebelumnya telah dilakukan uji coba ukuran popSize dengan hasil terbaik yaitu 20 populasi yang akan di gunakan pada pengujian ini. Nilai crossover rate yang digunakan yaitu 0.6 sedangkan mutation rate yang digunakan adalah 0.4.

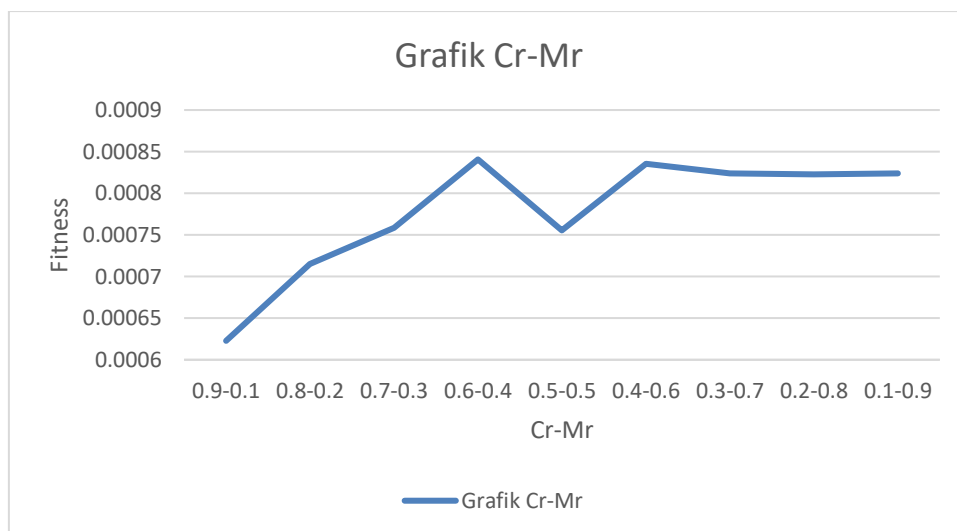


Gambar 3 Grafik Generasi

Hasil pengujian pada setiap generasi pada Gambar 4.2 dapat diketahui pada grafik tersebut bahwa jumlah generasi dapat mempengaruhi nilai fitness. Pada generasi 10 di hasilkan nilai fitness terendah karna keterbatasan Jumlah generasi, tetapi nilai fitness mencapai puncaknya pada generasi ke 150 yaitu dengan nilai fitness terbaik yaitu 0.000840664975. Dapat dilihat lagi pada grafik tersebut nilai fitness mencapai puncaknya pada generasi ke 150 dan tidak ada lagi perubahan pada generasi-generasi selanjutnya sehingga generasi terbaik adalah 150.

c. Pengujian dan Analisa Kombinasi Cr : Mr

Selanjutnya di lakukan pengujian pada kombinasi crossover rate dan mutation rate. Ukuran populasi menggunakan hasil pengujian popSize sebelumnya yaitu 20 populasi. Jumlah generasi yang di gunakan merupakan hasil dari pengujian generasi dengan hasil terbaik yaitu 150 generasi.



Gambar 4 Grafik Kombinasi Cr : Mr

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kombinasi crossover rate dan mutation rate memiliki nilai terendah pada kombinasi crossover rate sama dengan 0,9 dan mutation rate sama dengan 0,1 yaitu 0.000622744616. Sedangkan nilai fitness tertinggi berada saat kombinasi crossover rate sama dengan 0,6 dan mutation rate sama dengan 0,4 dengan nilai fitness yaitu 0.000840664975.

d. Pengujian dan Analisa Hasil Prediksi

Pada pengujian ini peneliti akan menggunakan nilai koefisien regresi yang di peroleh menggunakan proses Algoritma Genetika yaitu A=0.73235, B1=0.529446, B2=0.302107, B3= -0.052265, B4=0.221955, B5=0.000001, B6=0.000003, B7=0.000005, B8=0.000001 dan menggunakan nilai popSize, kombinasi Crossover rate dan Mutation rate, dan jumlah generasi terbaik yang akan di dapatkan dari pengujian sebelumnya yaitu dengan jumlah populasi bernilai 20, kombinasi Crossover rate dan Mutation rate yaitu 0,6 : 0,4 dan jumlah generasi yaitu bernilai 150 generasi.

Koefisien Regresi terbaik yang di dihasilkan oleh Algoritma Genetika adalah :

$$Y = 0.73235 + 0.529446 X1 + 0.302107 X2 + -0.052265 X3 + 0.221955 X4 + 0.000001 X1^2 + 0.000003 X2^2 + 0.000005 X3^2 + 0.000001 X4^2$$

Dengan hasil prediksi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil Prediksi dan *RMSE* Pemodelan Regresi *Non Linear*

Bulan	Tahun	Data Aktual	Hasil Prediksi
Mei	2017	4238	4371.34
Juni	2017	6814	4224.55
Juli	2017	6333	5774.17
Agustus	2017	3450	6367.08
September	2017	3829	4683.11
Oktober	2017	3807	4545.37
November	2017	3710	4553.64
Desember	2017	6126	3811.98
Januari	2018	4718	5160.98
Februari	2018	4463	5194.1
Maret	2018	4728	4560.4
April	2018	5158	5185.34
Mei	2018	5355	5171.24
Juni	2018	7969	5355.79
Juli	2018	6424	6883.79
Agustus	2018	4616	7032.91
september	2018	4067	5620.58
Oktober	2018	4419	5328.03
November	2018	4903	4963.64
Desember	2018	5824	4914.65
Januari	2019	4718	5433.51
Februari	2019	4397	5223.67
Maret	2019	4568	4801.46
April	2019	5323	5006.68
Mei	2019	4884	5208.01
Juni	2019	6846	5143.76
Juli	2019	5131	6087.88
Agustus	2019	4723	5998.48

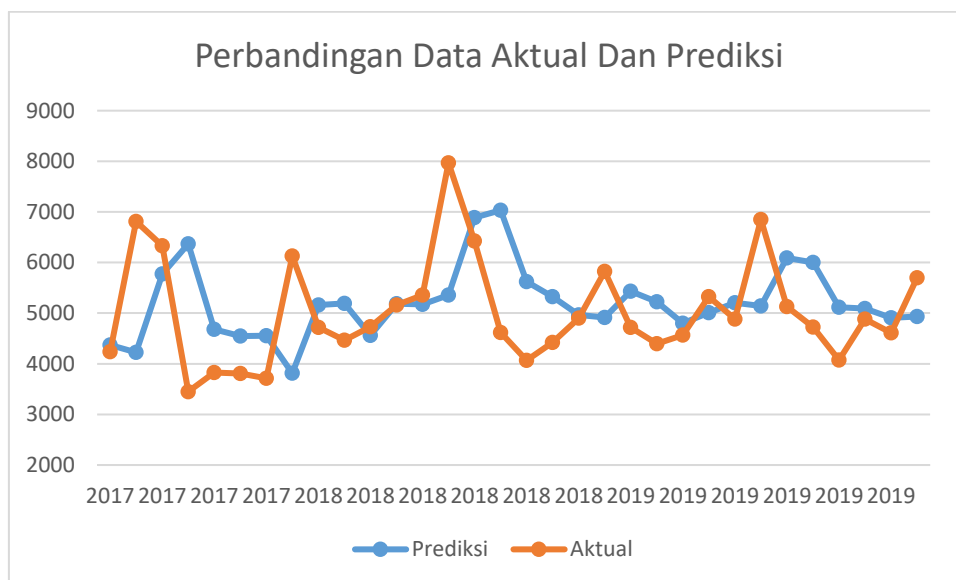
Tabel 1 Lanjutan

September	2019	4070	5115.98
Oktober	2019	4884	5088.56
November	2019	4612	4906.09
Desember	2019	5701	4935.59
		<i>RMSE</i>	1241.655053

Tabel 2 Hasil Prediksi dan *MAPE* Pemodelan Regresi Non Linear

Bulan	Tahun	Data Aktual	Hasil Prediksi
Mei	2017	4238	4371.34
Juni	2017	6814	4224.55
Juli	2017	6333	5774.17
Agustus	2017	3450	6367.08
September	2017	3829	4683.11
Oktober	2017	3807	4545.37
November	2017	3710	4553.64
Desember	2017	6126	3811.98
Januari	2018	4718	5160.98
Februari	2018	4463	5194.1
Maret	2018	4728	4560.4
April	2018	5158	5185.34
Mei	2018	5355	5171.24
Juni	2018	7969	5355.79
Juli	2018	6424	6883.79
Agustus	2018	4616	7032.91
september	2018	4067	5620.58
Oktober	2018	4419	5328.03
November	2018	4903	4963.64
Desember	2018	5824	4914.65
Januari	2019	4718	5433.51
Februari	2019	4397	5223.67
Maret	2019	4568	4801.46
April	2019	5323	5006.68
Mei	2019	4884	5208.01
Juni	2019	6846	5143.76
Juli	2019	5131	6087.88
Agustus	2019	4723	5998.48
September	2019	4070	5115.98
Oktober	2019	4884	5088.56
November	2019	4612	4906.09
Desember	2019	5701	4935.59
		<i>MAPE</i>	4917.706862

Dari penjabaran tabel diatas yaitu tabel 4.1 dan 4.2 di dapatkan hasil prediksi jumlah penumpang kapal dengan selisih data senilai 30084.72965 dengan nilai RMSE sebesar 1241.655053 dan nilai MAPE sebesar 4917.706862 (50%) dan nilai fitness 0.000840665. Perbandingan hasil prediksi jumlah penumpang kapal menggunakan pemodelan regresi non linear yang dihasilkan oleh algoritma genetika dengan data aktual jumlah penumpang kapal fery rute pelabuhan Sri Bintang Pura – Jagoh dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Perbandingan Data Aktual dan Prediksi

Dari gambar di atas dapat di simpulkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan dari nilai hasil prediksi jumlah penumpang kapal yang di hasilkan dengan menggunakan koefisien regresi dari hasil optimasi Algoritma Genetika.

VI. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian dengan menggunakan optimasi algoritma genetika didapatkan hasil berupa persamaan regresi non linear dengan nilai fitness terbaik yaitu Persamaan Regresi: $Y = 0.73235 + 0.529446 X_1 + 0.302107 X_2 + -0.052265 X_3 + 0.221955 X_4 + 0.000001 X_{12} + 0.000003 X_{22} + 0.000005 X_{32} + 0.000001 X_{42}$ dengan nilai fitness 0.000840665.
- Hasil proses pengujian menggunakan pemodelan regresi non linear yang di optimasi dengan Algoritma Genetika, didapatkan prediksi dengan nilai RMSE yaitu 1241.655053 dan nilai MAPE yaitu 4917.706862 (50%), yang bisa di simpulkan bahwa hasil prediksi tidak optimal.

V. Daftar Pustaka

- Eva, Y. (2015). Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X SISTEM PENDUKUNG Keputusan pemilihan Mobil Dengan Metoda *Simple Multy Attribute Rating* (Smart) Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X. *Jurnal Momentum*, Vol.17, No.1, 55–59.
- Hani'ah, U. (2015). Implementasi Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Peramalan Pemakaian Air di Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Moedal Semarang, *Scientific Journal of Informatics*, <http://journal.unnes.ac.id>, 24 Februari 2020.
- Herdianto, (2013). Metode Prediksi, http://digilib.mercubuana.ac.id / manager/ n file_skripsi/Isi2200481714326.pdf (diakses 10 Maret 2020)
- Holland, John H. (1975). "Genetic Algorithms-John H. Holland." Computer programs that "evolve" in ways that resemble natural selection can solve complex problems even their creators do not fully understand : 1–4.

- Indriana, A., dan Sari E.R. (2017). Penyelesaian Model Nonlinear Menggunakan Separable Programming Dengan Algoritma Genetika Pada Produksi Tempe. *FMIPA UNY*, Vol.6, 1–12.
- Kurniawan, D. (2008). Regresi linier. *R Development Core Team*. Language and Environment for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>
- Marciukaitis, M., Zutautaitė, I., Martišauskas, L., Joksas, B., Gecevičius, G., Sfetso, S. (2017). Non-linear regression Model for Wind Turbine Power Curve, *Renewable Energy*, doi: 10.1016/j.renene.2017.06.039, Vol.113, 732–741.
- Mayang, Galuh. 2019. Optimasi Interval Fuzzy Time Series Chen dengan Algoritma Genetika untuk Prediksi Jumlah Penumpang Kapal Laut, Skripsi. Tanjungpinang: Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Nindya, V., Hasan, P., Mahmudy, W. F., dan Sarwani, M. Z. (2016). Pemodelan Regresi Non Linear Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Prediksi Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. *Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer JTIK*, Vol.3, 59–65. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201631170>.
- Permatasari, A. I., dan Mahmudy, W. F. (2015). Pemodelan Regresi Linear dalam Konsumsi Kwh Listrik di Kota Batu Menggunakan Algoritma Genetika. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, Vol.5, No.14, 1–9.
- Saputro, H. A., Mahmudy, W. F., dan Dewi, C. (2015). Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, Vol.5, No.12.
- Stojanovic, B., Milivojevic, M., Ivanovic, M., Milivojevic, N., dan Divac, D. (2013). Advances in Engineering Software Adaptive system for dam behavior modeling based on linear regression and genetic algorithms. *Advances in Engineering Software*, Vol.65, 182–184.
- Suryawan, M. A., Pasrahmay, O. H., dan Sanmas, A. S. (2016). *E-Learning* Pengenalan Alat Transportasi Dalam Bahasa Inggris Sebagai Media Pembelajaran Siswa SD. *Jurnal Informatika ISSN Online 2528-0090*, Vol.5, No.1.
- Yusnandar, M. E. (2004). Aplikasi Analisis Regresi Non Linear Model Kuadratik Terhadap Produksi Susu Kambing Peranakan Etawah (Pe) Selama 90 Hari Pertama Laktasi. *Informatika Pertanian*, 13(Desember 2004), 736–743.

VI. Ucapan Terimakasih

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Maritim Raja Ali Haji.

penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Allah subhanaallah ta'ala karena rahmat dan hidayah-nya-lah penulis bisa melangkah sejauh ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan berharap yang terbaik bagi penulis. Kemudian untuk abang dan adik-adik penulis yang menjadi penyemangat penulis sejauh ini.
3. Ibu Nurul Hayaty, S.T., M.Cs. Selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika UMRAH.
4. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc. Sebagai pembimbing pertama yang senantiasa memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
5. Ibu Alena Uperiati, S.T., M.Cs. Sebagai pembimbing kedua penulis yang juga senantiasa memberikan arahan dan masukan.
6. Dosen penguji yang telah memberikan saran, kritikan dan masukan yang sangat diperlukan dalam penelitian ini.
7. Para dosen dan staff Teknik Informatika UMRAH.
8. Sahabat penulis, Dewi Fitrianiingsih, Pinka Ayu Pratiwi, Siti Julaiha, Marfuah dan semua ciwi-ciwi girls basecamp sebagai teman seperjuangan serta teman-teman TI angkatan 2016.

