

Implementasi Regresi Linear Berganda Pada Prediksi Harga Ikan Menggunakan Algoritma Genetika

Syafina^{1,*}, Martaleli Bettiza^{2,*}, Nola Ritha³

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman,
Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{1,2}Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: mbettiza@umrah.ac.id

Abstract—Conditions such as wind speed, wave height, current velocity, and rainfall in the waters of Bintan are unstable every day. This situation causes fluctuations in fish prices at the market because fishermen struggle to catch fish during rain, strong winds, strong currents, and high waves. Therefore, this research is conducted to determine the predictive results through multiple linear regression modeling using a genetic algorithm. In this study, the linear regression equation modeling consists of independent variables (X) namely wind speed, wave height, current velocity, and rainfall, as well as the dependent variable (Y) which is fish price. Regression coefficients are obtained using the concept of a genetic algorithm. The process involves 2 crossover methods, namely one-cut-point crossover and extended intermediate crossover, along with 2 mutation methods, namely reciprocal exchange mutation and random mutation. The selection process in this research employs replacement selection model selection. The final result is in the form of predictions using Linear Regression Modeling with the best popsize being 100, 100 generations, and a combination of crossover rate and mutation rate at 0,8 : 0,2.

Keywords—multiple linear regression, genetic algorithm, prediction, fish prices.

Intisari—Kondisi seperti kecepatan angin, ketinggian gelombang, kecepatan arus, dan curah hujan di perairan Bintan bersifat tidak stabil setiap hari. Kondisi ini mengakibatkan harga ikan di pasar berubah-ubah karena nelayan kesulitan menangkap ikan pada saat terjadinya hujan, angin, arus kencang dan gelombang yang tinggi. Untuk itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil prediksi melalui pemodelan regresi linear berganda dengan menggunakan algoritma genetika. Pada penelitian ini, pemodelan persamaan regresi linear terdiri dari variabel bebas (X) yaitu kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus, dan curah hujan serta variabel terikat (Y) yaitu harga ikan. Koefisien regresi didapatkan dengan menggunakan konsep algoritma genetika. Prosesnya menggunakan 2 metode *crossover* yaitu *one-cut-point crossover* dan *extended intermediate crossover* dengan 2 metode mutasi yaitu *reciprocal exchange mutation* dan *random mutation*. Proses seleksi pada penelitian ini menggunakan seleksi model *replacement selection*. Hasil akhir berupa prediksi menggunakan Pemodelan Regresi Linear dengan *popsize* terbaik yaitu 100, jumlah generasi 100 dan kombinasi tingkat *crossover rate* dan *mutation rate* adalah 0,8: 0,2.

Kata kunci—regresi linear berganda, algoritma genetika, prediksi, harga ikan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk sebagai negara kepulauan terbesar di Asia Tenggara dan salah satu negara terbesar di dunia, memiliki luas wilayah sekitar 7,81 juta km². Dari jumlah tersebut, 2,01 juta km² merupakan daratan, 2,55 km² ditetapkan sebagai Zona Ekonomi Eksklusif, dan 3,25 juta km² merupakan wilayah laut

(Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2020). Wilayah Indonesia yang luas mencakup 17.499 pulau yang terbentang dari Sabang hingga Merauke. Pulau Bintan adalah bagian dari Provinsi Kepulauan Riau yang terdiri dari 3000 pulau kecil juga pulau besar dengan luas daratan 1.946,13 km², yang mencakup sekitar 2,21% dari

total luas wilayah 88.038,54 km²(Pemerintah Daerah Kabupaten Bintan, n.d.).

Mayoritas wilayah Pulau Bintan adalah wilayah perairan, yang menjadikan mata pencaharian utama penduduknya yang sebagian besar bermata pencaharian sebagai nelayan, dengan ikan sebagai makanan pokok. Salah satu hasil tangkapan yang digemari untuk dikonsumsi adalah ikan tongkol. Tongkol yang termasuk dalam famili Scombridae dan genus *Euthynnus* merupakan spesies pelagis yang biasanya hidup berkumpul atau berkelompok. Ikan ini dikenal dengan perilaku migrasinya, berpindah dari satu tempat ke tempat lain guna mencari sumber makanan yang melimpah dan aman dari predator. Namun, faktor-faktor seperti salinitas dan kecepatan arus juga dapat berpengaruh pada proses migrasi ikan tongkol (Manik & Handoco, 2021). Tidak hanya berdampak pada habitat ikan tetapi faktor tersebut juga berdampak pada mata pencaharian para nelayan setempat. Faktor-faktor lain seperti kecepatan angin, tinggi gelombang dan curah hujan juga berpengaruh terhadap produksi ikan (Yogiswara & Sutrisna, 2021). Hal tersebut dapat menjadikan penangkapan ikan menjadi tantangan bagi para nelayan.

Kondisi laut yang tidak menentu dapat mengakibatkan hasil tangkapan ikan tidak dapat diprediksi atau berkurang. Ketidakstabilan hasil tangkapan sangat mempengaruhi harga ikan di pasar. Harga cenderung lebih rendah ketika nelayan dapat dengan mudah melaut dan menangkap ikan dalam jumlah besar selama kondisi laut stabil. Sebaliknya, jika kondisi tidak mendukung sehingga nelayan kesulitan melaut, hasil tangkapan menjadi terbatas sehingga menyebabkan harga ikan menjadi lebih tinggi. Ketidakstabilan harga yang terjadi tersebut membuat diperlukan adanya prediksi waktu yang akan datang guna mengetahui harga ikan pada hari-hari berikutnya. Sehingga hasil dari prediksi tersebut dapat nantinya menjadi bahan pertimbangan dan persiapan dalam upaya untuk menjaga kestabilan harga dipasaran. Dengan uraian permasalahan yang ada, prediksi harga penjualan ikan dilakukan berdasarkan pengaruh kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan juga curah hujan.

Dalam penelitian ini, algoritma genetika digunakan untuk membentuk model persamaan

regresi dalam penentuan harga ikan. Analisis regresi ialah metode statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Regresi linear berganda memberikan keuntungan seperti generalisasi dan ekstraksi pola dari data tertentu, kemampuan untuk memperoleh pengetahuan meskipun ada ketidakpastian, dan komputasi paralel untuk proses yang lebih cepat (Gaol et al., 2019).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menggabungkan metode regresi linear untuk prediksi, dengan algoritma genetika yang mengoptimalkan variabel yang mempengaruhi hasil prediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien kromosom terbaik dari perhitungan algoritma genetika dapat digunakan untuk memprediksi produksi tandan buah segar kelapa sawit, dengan akurasi rata-rata sebesar 90,81% (Insani et al., 2019). Selain itu, penelitian menggunakan model regresi berbasis algoritma genetika untuk memprediksi tingkat inflasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model tersebut efektif dalam memprediksi inflasi dengan memperoleh MSE sebesar 0,1099 (Fatkur & Andraini, 2022).

Berdasarkan uraian di atas dengan melihat kemampuan algoritma genetika dalam menyelesaikan permasalahan optimasi, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai prediksi harga ikan tongkol di Bintan dengan judul “Implementasi Regresi Linear Berganda Pada Prediksi Harga Ikan Menggunakan Algoritma Genetika”.

II. LANDASAN TEORI

A. *Prediksi*

Prediksi merupakan suatu proses sistematis untuk meramalkan kemungkinan yang sangat mungkin terjadi di masa yang akan datang, berdasarkan pengetahuan dari masa lalu dan kondisi saat ini. Meskipun prediksi tidak memberikan jawaban pasti, upaya dilakukan untuk mendekati gambaran yang paling mungkin terjadi (Minarni & Aldyanto, 2016).

B. *Regresi Linear*

Regresi linear adalah metode statistik untuk memodelkan hubungan suatu variabel terikat dengan satu maupun lebih variabel bebas. Jika hanya terdapat satu variabel bebas maka disebut

regresi linear sederhana, sedangkan jika terdapat lebih dari satu variabel bebas disebut regresi linear berganda (Kurniawan, 2008).

C. Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda melibatkan hubungan linear antara beberapa variabel bebas (X_1, X_2, \dots, X_n) dan variabel terikat (Y). Ini merupakan alat analisis yang meramalkan bagaimana variabel bebas mempengaruhi variabel terikat, untuk menilai korelasi atau hubungan antara dua atau lebih variabel bebas dan variabel terikat. Model persamaan regresi linear berganda dapat dilihat pada persamaan berikut

$$Y = a + b_0X_1 + b_1X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

Keterangan :

- Y = Variabel terikat
- X_1, X_2, \dots, X_n = Variabel bebas
- a = Konstanta
- b_0, b_1, \dots, b_n = Koefisien regresi

D. Algoritma Genetika

Algoritma genetika termasuk cabang dari algoritma evolusi yang bertujuan untuk mencapai nilai optimal. Teknik pencarian algoritma genetika diterapkan dari evolusi alam dengan proses pemilihan organisme hidup dalam populasi (Mahmudy, 2013). Algoritma genetika menerapkan konsep genetika biologi dengan beberapa istilah, antara lain (Ginatra & Anandita, 2019).

1. Gen adalah dasar nilai pembentuk arti tertentu pada suatu kumpulan gen, biasa disebut kromosom.
2. Allel adalah nilai dari gen yang biasa berbentuk karakter, biner, float, maupun interger.
3. Kromosom adalah kumpulan gen yang memiliki nilai tertentu.
4. Individu adalah nilai yang menyatakan solusi dari masalah yang terjadi.
5. Populasi adalah sekumpulan individu pada suatu siklus yang akan diproses.
6. Generasi adalah hasil dari evolusi kromosom yang melalui proses iterasi.
7. Fungsi *fitness* adalah nilai individu, diambil nilai terbaik untuk dijadikan solusi paling baik.

E. Penerapan Algoritma Genetika

Penerapan algoritma genetika dilakukan dengan mengikuti langkah - langkah berikut.

1. Inialisasi, proses algoritma genetika yang dilakukan untuk menghasilkan serangkaian individu baru secara acak. Sebuah individu ini terdiri dari sejumlah gen yang disebut kromosom (Mahmudy, 2013).
2. Fungsi *Fitness*, merupakan fungsi penentu seberapa fit nilai dari individu. Semakin kecil nilai errornya maka semakin baik (Permatasari & Mahmudy, 2015). Nilai *fitness* pada sebuah individu dievaluasi dengan *mean square error* (MSE). Persamaan untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut (Rozikin & Solichin, 2017).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i) \quad (2)$$

Persamaan untuk menghitung nilai *fitness* adalah sebagai berikut.

$$fitness = \frac{1}{MSE} \quad (3)$$

3. *Crossover*, merupakan suatu metode pemberian informasi antar kromosom. Pada penelitian ini menggunakan metode *one-cut-point crossover* yang dilakukan dengan memilih dua individu induk dari suatu populasi, membuat titik potong random, dan menukar bagian kanan dari tiap induk untuk menghasilkan keturunan. Kemudian, metode lain dari *crossover* yang digunakan adalah *Extended intermediate crossover* dengan mengkombinasikan nilai gen dari kedua induk (Mahmudy, 2013). *Extended intermediate crossover* dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_1 = P_1 + \alpha(P_2 - P_1) \quad (4)$$

$$C_2 = P_2 + \alpha(P_1 - P_2) \quad (5)$$

Keterangan :

- C_1 = Individu anak pertama
- C_2 = Individu anak kedua
- P_1 = Individu induk pertama
- P_2 = Individu induk kedua
- α = Nilai acak dengan *range* [0,1]

4. Mutasi, merupakan perubahan gen pada kromosom sehingga meningkatkan keragaman struktur populasi. Penelitian ini menggunakan metode *reciprocal exchange*

mutation yang dilakukan dengan memilih salah satu induk kemudian memilih dua posisi gen secara random dan menukar nilai pada kedua lokasi tersebut. Kemudian, metode *random mutation* dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi nilai gen yang dipilih dengan bilangan random kecil (Mahmudy, 2013). *Random mutation* dihasilkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$x'_i = x_i + r(max_i - min_i) \quad (6)$$

Keterangan :

- x_i = Kromosom pada indeks i
- r = Nilai acak dengan *range* [-1,1]
- max_i = Nilai tertinggi data input
- min_i = Nilai terendah data input

5. Seleksi, yang dilakukan dengan pemilihan individu-individu dari populasi dan keturunannya agar tetap hidup pada generasi berikutnya. Peluang individu terpilih untuk tetap hidup semakin besar jika nilai kebugarannya semakin besar. Penelitian ini menggunakan seleksi dengan metode *replacement selection* yang selalu menjamin individu terbaik lolos namun tidak menutup kemungkinan individu *fitness* rendah juga lolos ke generasi berikutnya (Mahmudy, 2013).

F. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Merupakan indikator ketepatan relatif yang mengukur kesalahan mutlak dalam setiap periode, dihitung dengan membagi kesalahan mutlak peramalan antara peramalan dan pengamatan aktual pada setiap periode, kemudian diambil rata-ratanya (Sungkawa & Megasari, 2011). Secara matematis, mean absolute percentage error (MAPE) dapat dirumus sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y'_t - Y_t}{Y_t} \right| \quad (7)$$

Keterangan :

- n = Banyak data
- Y_t = Data observasi nyata pada waktu ke- t
- Y'_t = Data hasil peramalan pada waktu ke- t

III. METODE PENELITIAN

Metode ini membahas tentang pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan sebuah sistem yang bertujuan untuk melakukan analisis, perancangan, dan implementasi sistem.

A. Materi dan Bahan Penelitian

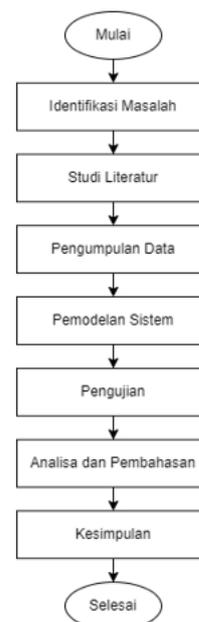
Materi dan bahan penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data harga ikan tongkol pada tahun 2022 dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kepulauan Riau serta data kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan curah hujan pada tahun 2022 yang diperoleh dari Kantor Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Tanjungpinang.

B. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari jurnal-jurnal online dengan sumber terpercaya, buku-buku dan situs internet terpercaya yang berkaitan dengan masalah yang diangkat. Lalu *survey* data dan mengajukan surat permohonan untuk meminta data di BMKG dan Disperindag Kepulauan Riau.

C. Prosedur Penelitian

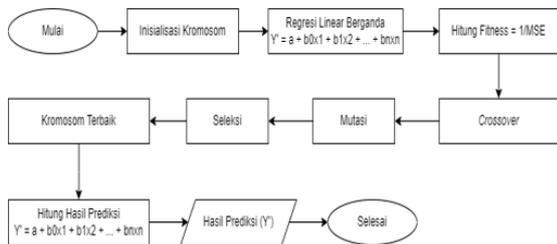
Merupakan tahapan dalam melakukan penelitian yang disusun secara sistematis untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian digambarkan dalam bentuk flowchart pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Prosedur Penelitian

D. Flowchart Proses Algoritma

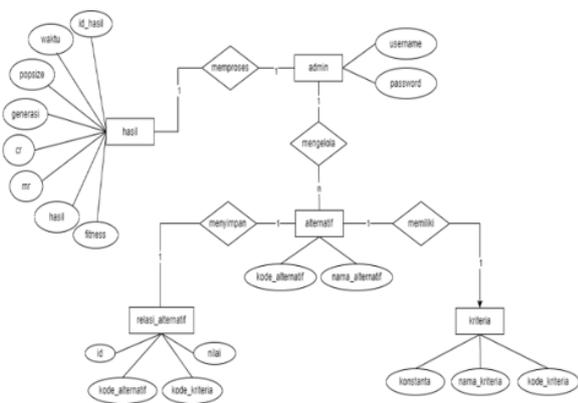
Flowchart algoritma genetika dan regresi linear berganda pada penelitian ini digambarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Algoritma Genetika – Regresi Linear Berganda

E. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) menggambarkan atribut-atribut yang dimiliki pada suatu sistem dan hubungan antara suatu data dengan data yang lain. Berikut merupakan gambar Entity Relationship Diagram (ERD) pada penelitian ini.



Gambar 3. Entity Relationship Diagram (ERD)

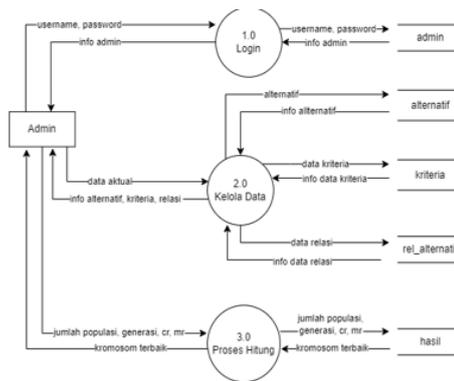
F. Data Flow Diagram (DFD)

Pada Data Flow Diagram (DFD) terbagi menjadi dua level, yaitu DFD level 0 atau diagram konteks dan DFD level 1. Pada gambar 4 merupakan DFD Level 0 adalah gambaran alur kerja sistem secara umum.



Gambar 4. Data Flow Diagram Level 0

DFD Level 1 adalah aliran data yang menggambarkan tahapan yang lebih kompleks dari DFD Level 0 yang ditunjukkan pada gambar 5.



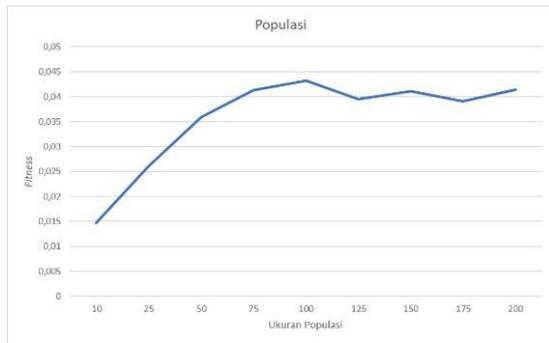
Gambar 5. Data Flow Diagram Level 1

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memberikan penjelasan lebih lanjut tentang masalah yang diangkat, perancangan sistem yang digunakan untuk menyelesaikan masalah, dan melakukan pengujian.

A. Pengujian dan Analisa Ukuran Populasi

Pada uji coba ukuran populasi, jumlah generasi yang dipakai adalah 100 dengan banyak populasi kelipatan 25, mulai dari 10 *popsiz*e sampai dengan 200 *popsiz*e. Nilai *crossover rate* yang digunakan adalah 0,6 dan *mutation rate* yang digunakan adalah 0,4. Setiap ukuran populasi dilakukan pengujian sebanyak 10 kali percobaan, sehingga dihasilkan nilai rata-rata *fitness* yang paling optimal.

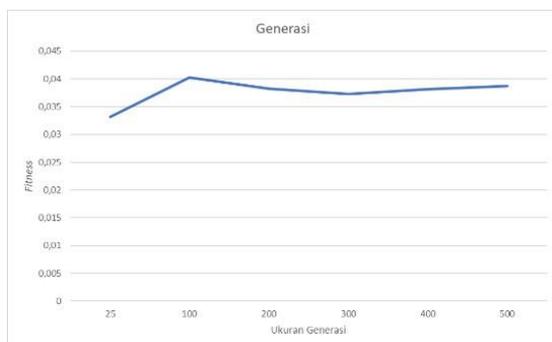


Gambar 6. Grafik Ukuran Populasi

Pada gambar 6 hasil uji coba untuk ukuran populasi terhadap hasil *fitness* cenderung mengalami kenaikan dan berada di puncak tertinggi pada titik ketika ukuran *popsize* sama dengan 100 dengan nilai *fitness* 0,04325. Dengan pertambahan *fitness* sebanyak 25 pada percobaan selanjutnya *fitness* cenderung turun dan tidak menyentuh titik tertinggi melebihi ketika ukuran *popsize* sama dengan 100. Oleh karena itu, didapatkan ukuran populasi terbaik pada uji coba ukuran populasi ini adalah 100 *popsize*.

B. Pengujian dan Analisa Ukuran Generasi

Pada uji coba ukuran generasi terhadap perubahan nilai *fitness* dilakukan menggunakan kelipatan 100 mulai dari 25 generasi sampai dengan 500 generasi. Sebelumnya telah dilakukan uji coba ukuran populasi dengan hasil terbaik pada 100 populasi. Oleh karena itu, pada pengujian ukuran generasi ini menggunakan 100 populasi dengan nilai *crossover rate* adalah 0,6 sedangkan nilai *mutation rate* yang digunakan adalah 0,4. Setiap ukuran generasi dilakukan pengujian sebanyak 10 kali percobaan, sehingga dihasilkan nilai rata-rata *fitness* yang paling optimal.

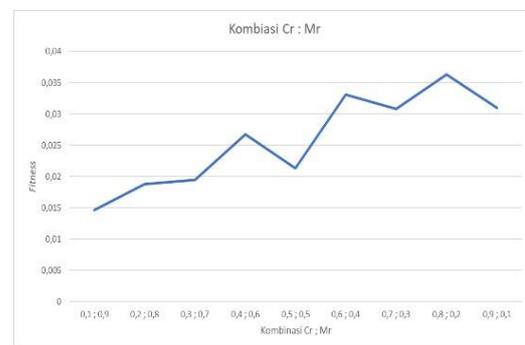


Gambar 7. Grafik Ukuran Generasi

Pada gambar 7 menunjukkan hasil pengujian pada setiap generasi yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa generasi 25 dihasilkan nilai *fitness* terendah karena jumlah generasi terbatas. Grafik menunjukkan nilai *fitness* mencapai puncak pada generasi ke 100 dengan nilai *fitness* 0,04024 dan hanya mengalami sedikit perubahan pada generasi selanjutnya yang menunjukkan bahwa pengujian dengan banyak generasi belum tentu hasilnya akan menjadi lebih baik.

C. Pengujian dan Analisa Kombinasi Cr : Mr

Pengujian selanjutnya adalah pengujian pada kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*. Ukuran populasi menggunakan hasil pengujian ukuran populasi yaitu 100 populasi. Jumlah generasi yang digunakan merupakan hasil dari pengujian generasi dengan hasil dari pengujian terbaik yaitu 100 generasi. Setiap kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dilakukan pengujian sebanyak 10 kali erobaan, sehingga dihasilkan nilai rata-rata *fitness* yang paling optimal.



Gambar 8. Grafik Kombinasi Cr : Mr

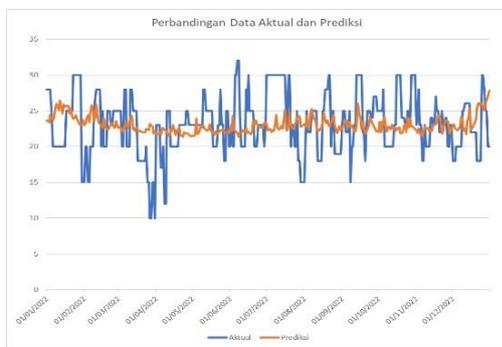
Pada gambar 8 ditampilkan bahwa kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* memiliki nilai *fitness* terendah pada kombinasi *crossover rate* sama dengan 0,1 dan *mutation rate* sama dengan 0,9 yaitu 0,01462. Nilai *fitness* tertinggi berada pada saat kombinasi *crossover rate* dari *mutation rate* sama dengan 0,8 : 0,2 dengan nilai *fitness* 0,03635. Oleh karena itu, pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* terbaik berada pada nilai *crossover rate* sama dengan 0,8 dan *mutation rate* sama dengan 0,2.

D. Pengujian dan Analisa Hasil Prediksi

Pada pengujian ini nilai koefisien regresi yang digunakan adalah nilai yang diperoleh menggunakan proses algoritma genetika yaitu dengan jumlah populasi bernilai 100, jumlah generasi bernilai 100 dan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* bernilai 0,8 : 0,2. Koefisien regresi terbaik dihasilkan oleh Algoritma Genetika adalah :

$$Y = 19,5368 + 0,1284X_1 + 3,2825X_2 + 0,0463X_3 + 0,0196X_4$$

Perbandingan hasil prediksi harga ikan menggunakan pemodelan koefisien regresi yang dihasilkan oleh algoritma genetika dengan data aktual harga ikan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Aktual dan Prediksi

Berdasarkan tabel hasil prediksi, dapat dilanjutkan dengan perhitungan MAPE yang dihitung dengan rumus pada persamaan 7.

$$MAPE = \frac{1}{365} \times 59,0251 \times 100\%$$

$$MAPE = 16,17\%$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat diambil, antara lain :

1. Algoritma genetika pada penelitian ini menentukan nilai koefisien yang digunakan pada model regresi linear dalam memprediksi harga ikan. Koefisien persamaan regresi didapatkan dari hasil *fitness* terbaik proses algoritma genetika.
2. Persamaan regresi linear berganda yang diperoleh adalah $Y = 19,5368 + 0,1284X_1 + 3,2825X_2 + 0,0463X_3 + 0,0196X_4$.

3. Hasil proses pengujian menggunakan metode ini mendapatkan hasil prediksi pada model terbaik dengan nilai MAPE sebesar 16,17%.

REFERENSI

- [1] Fatkur, M., & Andraini, L. (2022). Prediksi Inflasi Indonesia Menggunakan Model Regresi Berdasarkan Algoritma Genetika. *Jurnal Portal Data*, 2(10), 1–10. <http://portaldata.org/>
- [2] Gaol, I. L. L., Sinurat, S., & Siagian, E. R. (2019). Implementasi Data Mining Dengan Metode Regresi Linear Berganda Untuk Memprediksi Data Persediaan Buku Pada PT. Yudhistira Ghalia Indonesia Area Sumatera Utara. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 3(1). <https://doi.org/10.30865/komik.v3i1.1579>
- [3] Ginantra, N. L. W. S. R., & Anandita, I. B. G. (2019). Implementasi Algoritma Genetika Berbasis Web Pada Sistem Penjadwalan Mengajar Di SMK Dwijendra Denpasar. *Jurnal Teknologi Dan Komputer*, 5(1), 130–138. <https://jurnal.undhirabali.ac.id>
- [4] Insani, F., Harani, I., Sanjaya, S., & Yusra. (2019). Peramalan Produksi Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Dengan Regresi Linier Dan Algoritma Genetika (Studi Kasus : PT. Peputra Masterindo). *In Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi Dan Industri*, 262–269. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/>
- [5] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2020). *Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia*. <https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045-konservasi-perairan-sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan-dan-perikanan-indonesia>
- [6] Kurniawan. (2008). *Regresi Linear (Linear Regression)*. Vienna, Austria: R. Development Core Team.
- [7] Mahmudy, W. F. (2013). *Algoritma Evolusi*. Universitas Brawijaya. <https://wayanfm.lecture.ub.ac.id/research-publications/>.
- [8] Manik, R. R. D. S., & Handoco, E. (2021). *Variasi Suhu dan Klorofil-A Hubungannya Dengan Dinamika Penangkapan Ikan*

Kembung dan Tongkol Di Perairan Selat Malaka. Penerbit Widiania.
www.penerbitwidina.com

- [9] Minarni, & Aldyanto, F. (2016). Prediksi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Logika Fuzzy (Studi Kasus : Roti Malabar Bakery). *Jurnal TEKNOIF*, 4(2), 59–65. <https://teknoif.itp.ac.id/>
- [10] Pemerintah Daerah Kabupaten Bintan. (n.d.). *Geografis Kabupaten Bintan*. Retrieved November 7, 2023, from <https://bintankab.go.id/geografis>
- [11] Permatasari, A. I., & Mahmudy, W. F. (2015). Pemodelan regresi linear dalam konsumsi Kwh listrik di Kota Batu menggunakan algoritma genetika. *DORO Repos. J. Mhs. PTIIK Univ. Brawijaya*, 5(14), 1–9. <http://wayanfm.lecture.ub.ac.id/>
- [12] Rozikin, C., & Solichin, A. (2017). Implementasi Algoritma Genetika dan Regresi Linier Berganda Untuk Prediksi Persediaan Bahan Makanan Pada Restoran Cepat Saji. *Semin. Nas. Multidisiplin Ilmu*, 10–17. https://achmatim.net/_downloads/publika-si/ICT_02_003-0206FP-CE.pdf
- [13] Sungkawa, I., & Megasari, R. T. (2011). Penerapan Ukuran Ketepatan Nilai Ramalan Data Deret Waktu Dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT. Satriamandiri Citramulia. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 2(2), 636–645. <https://journal.binus.ac.id/>
- [14] Yogiswara, I. G. N. A., & Sutrisna, I. K. (2021). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Hasil Produksi Ikan Di Kabupaten Bandung. *E- Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 10(9), 3613–3643. <https://ojs.unud.ac.id/>
- [15] Yuliara, I. M. (2016). *Regresi Linear Berganda*. Denpasar : Universitas Udayana.