

PREDIKSI PANEN PERIKANAN DENGAN ALGORITMA *GATED*
RECURRENT UNIT YANG DIOPTIMASIKAN DENGAN
ALGORITMA GENETIKA

Diajukan sebagai syarat untuk
menyelesaikan pendidikan program strata-1
pada jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Adelwin Herman
NIM. 09021281924056

Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PREDIKSI PANEN PERIKANAN DENGAN ALGORITMA *GATED* *RECURRENT UNIT* YANG DIOPTIMASIKAN DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Oleh:

Adelwin Herman
NIM. 09021281924056

Palembang, 5 januari 2024

Pembimbing I

Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

Pembimbing II

Annisa Darmawahyuni, M.Kom.
NIP. 199006302023212044

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Kamis, tanggal 11 Januari 2024 telah dilaksanakan sidang skripsi oleh jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

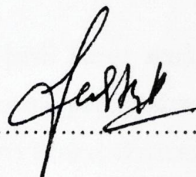
Nama : Adelwin Herman

NIM : 09021281924056

Judul : Prediksi Panen Perikanan dengan Algoritma *Gated Recurrent Unit* yang Di-optimasikan dengan Algoritma Genetika

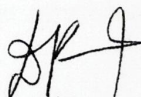
1. Ketua Penguji

Desty Rodiah, M. T.
NIP 198912212020122011



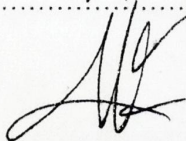
2. Penguji

Dian Palupi Rini, M. Kom., Ph. D.
NIP 197802232006042002



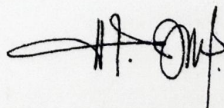
3. Pembimbing 1

Alvi Syahrini Utami, M. Kom.
NIP 197812222006042003



4. Pembimbing 2

Annisa Darmawahyuni, M. Kom.
NIP 199006302023212044



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Adelwin Herman

NIM : 09021281924056

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Prediksi Panen Perikanan dengan Algoritma *Gated Recurrent Unit* yang Dioptimalkan dengan Algoritma Genetika

Hasil pengecekan *software* iThenticate / Turnitin: 1%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik Universitas Sriwijaya sesuai ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa paksaan siapapun.

Palembang, 3 januari 2024



Adelwin Herman
NIM 09021281924056

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Aku tujukan skripsi ini untuk siapapun termasuk:

1. Civitas academica Universitas Sriwijaya siapapun tanpa terkecuali;
2. Kalangan umum yang bertanya, “buat apa bermatematika itu?” atau yang lainnya;
3. Merasa matematikanya kurang tapi harus berjuang atau memang mau sepertiku;
4. Anak SMP, SMA, SMK, dan non STEM (misal biologi, ekonomi, sosiologi, dll);
5. Siapapun yang telah atau tengah belajar ML namun mencari paradigma lain;
6. “Yang kepengen skripsi cepat dan ngambil jalan tikus”.

Aku berpesan kepada siapapun yang membaca skripsi ini:

1. **Kalau punya hati, buka jalan;** kalau ga mau sengsara, jangan menyengsarakan orang, *fire your empathy and/or sympathy at least a bit.*
2. **Jangan anggap remeh matematika,** di manapun dan kapanpun ada matematika; **matematika itu indah,** kuasanya ilmu komputer. **Jangan takut bermatematika** dalam berilmu komputer, tak semuanya susah; kuat fundamental penting, ini cukup. Dulu aku takut dengan matematika tapi ke matematika komputasi pake modal nekat, berhasil, **coba saja dulu** toh, siapa tau kamu bernasib sepertiku.
3. **Lain jalan tak selalu sesat selama ada titik temunya, ada seribu satu jalan menuju Roma. Carilah yang tak dapat dibantah dan dapat diturunkan menjadi beberapa prinsip lain, pegang karena itu berharga bahkan menjadi kebenaran mutlak.**
4. **Berilmu untuk kebaikan (aku melarang skripsi ini dipakai untuk kejahatan).**
5. Hati hati kalau memberi ilmu, **jangan lompat,** silahkan saja kadang andalkan prinsip lama ke prinsip baru, **pelanlah; ambil yang penting, kemampuan manusia itu terbatas** dan variatif.
6. Belajar AI/DS jangan menunggu waktu sempurna matematikanya, **nyicil saja.** Yang kuno tak masalah, **ada guna bisa jadi.** AI/DS itu **bukan susah tapi menjebak dan mesti pelan pelan,** tak apa sementara waktu nyari pelarian sebelum ke jalan umum, *some over none for this case is still better than all or nothing.*
7. **Emas dalam lumpur itu masih bernilai daripada emas yang selalu dipindahtangankan.**
8. Andaikata aku ada salah, **mohon maaf sebesar besarnya, dan kumaafkan kesalahan kalian. Damai itu indah.**

**FISHERY HARVEST PREDICTION USING GENETIC ALGORITHM
OPTIMIZED OF GATED RECURRENT UNIT**

BY

ADELWIN HERMAN

09021281924056

ABSTRACT

Indonesia is a maritime country with most of the population living near on water areas and water products are a common commodity that is often consumed cheaply and food is therefore one of the primary human needs, so fishery harvest predictions are needed in order to control prices, prepare seeds, so that sales remain stable, consumption is not problematic, etc. The reason for choosing GRU for this prediction is that previously it was common to use classical methods that have been used in econometrics or time series analysis in general, and GRU has fewer operations than LSTM. Instead of training with an optimization algorithm that relies on backpropagation and gradients such as gradient descent, by using metaheuristic optimization in the form of a genetic algorithm on the grounds that the GA does not require gradient information and is expected to avoid local optima, the total average MSE obtained is 9.55%.

Keywords: Neuroevolution, Metaheuristic Numerical Optimization, Evolutionary Machine Learning, Econometric and Time Series Analysis, Soft Computing

**PREDIKSI PANEN PERIKANAN DENGAN ALGORITMA GATED
RECURRENT UNIT YANG DIOPTIMASIKAN DENGAN ALGORITMA
GENETIKA**

OLEH

ADELWIN HERMAN

09021281924056

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara maritim dengan sebagian penduduk tinggal di area perairan dan hasil perairan merupakan komoditi umum yang kerap kali dikonsumsi dengan murah dan lantasi pangan salah satu kebutuhan primer manusia, maka prediksi panen perikanan diperlukan agar dapat mengendalikan harga, persiapan bibit, agar penjualan tetap stabil, konsumsi tidak bermasalah, dlsb. Alasan memilih GRU untuk prediksi ini adalah bahwa sebelumnya sudah lazim apabila menggunakan cara-cara klasik yang pernah terungkit di ekonometrika atau analisis runtun waktu pada umumnya, dan GRU mempunyai operasi yang lebih sedikit daripada LSTM. Alih-alih melatih dengan algoritma optimasi yang mengandalkan *backpropagation* dan gradien seperti turunan gradien, dengan menggunakan optimasi metaheuristik berupa algoritma genetika dengan alasan bahwa GA tidak memerlukan informasi gradien dan diharapkan dapat menghindari dari lokal optima, rerata total MSE yang didapat adalah 9.55%.

Kata Kunci: Neuroevolusi, Optimasi Numerik Metaheuristik, Pembelajaran Mesin Evolusioner, Ekonometrika dan Analisis Runtun Waktu, Komputasi Lunak

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur yang tiada hentinya kepada Allah SWT. atas karunianya sehingga aplikasi dan laporan magang ini pada akhirnya dapat tercipta dengan cukup baik. Sekian sekian sekian.

Untuk selanjutnya penyusun mengucapkan banyak terima kasih sekaligus permohonan maaf kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian kerja praktik ini, yaitu:

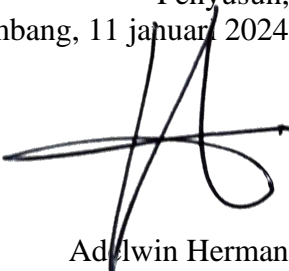
1. Dekan kita (2023 sampai sekarang), Bapak Prof. Dr. Erwin; juga mantan dekan sebelumnya (sebelum 2023), Almarhum Bapak Dr. Jaidan Jauhari, M.T..
2. Ketua Jurusan kita sekaligus dosen pembimbing saya juga untuk mata kuliah Matriks dan Vektor, yaitu Ibu Alvi Syahrini Utami M.Kom., saya mengucapkan banyak terima kasih kepada ibu ini selama beberapa bulan ini, dan sekaligus saya memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila saya telah mengganggu kegiatan ibu oleh karena seringnya saya berkonsultasi mengenai magang.
3. Dosen pembimbing saya sekaligus dosen untuk mata kuliah Etika Profesi dan Pembelajaran Mesin, Ibu Annisa Darmawahyuni, M.Kom..
4. Dosen penguji saya dan untuk mata kuliah Jaringan Syaraf Tiruan, Ibu Dian Palupi Rini, M. Kom., Ph. D.. Sangat disikapi serius, penulis sangat berhutang budi kepada dia karena tanpa dia maka tidak mungkin sejujur skripsi ini ditulis.
5. Beberapa dosen dan pegawai di Informatika yang sebelumnya pernah mengajar saya termasuk di antaranya (secara khusus) adalah sebagai berikut:
 1. Bapak Muhammad Ali Buchari M.T. (Algoritma dan Pemrograman 1) dan Bapak Muhammad Qurhanul Rizqie S.Kom. M.T. (Algoritma dan Pemrograman 1 (Praktikum) dan Pemrograman Web 1 + Praktikum).
 2. Bapak Danny Matthew Saputra M.Cs. dan Bapak Rifkie Primartha (Penambangan Data).
 3. Dan lainnya, termasuk Bapak Kanda Januar Miraswan M.T. (Algoritma dan Pemrograman 3 + Praktikum, Struktur Data + Praktikum, Pemrograman Berorientasi Objek + Praktikum, dan Logika Samar), Ibu Desty Rodiah M.T. (Algoritma dan Pemrograman 2 dan Manajemen Proyek Perangkat Lunak), Bapak Julian Supardi M.T. (Rekayasa Perangkat Lunak dan Pengolahan Citra, Wakil Dekan 1 (Kemahasiswaan)), Bapak Muhammad Naufal Rachmatullah M.T. (Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak Berorientasi Objek dan Teknik Kompilasi), Ibu Yunita M.Cs. (Pemrograman Web 2 + Praktikum, Teori Bahasa dan Otomata, Sistem Pendukung Keputusan dan Sistem Pakar) Bapak Dr. Abdiansah (Kecerdasan Buatan, Metodologi Penelitian, dan Pemrosesan Bahasa Alami), dll.

4. Admin, terima kasih juga, maaf kalau saya sudah merepotkan.
6. Orang tua, pihak dan para pegawai di Dinas Perikanan Sumsel.
7. Beberapa situs web yang mungkin tidak dapat saya sebutkan satu per satu, namun ada beberapa yang sering membantu seperti W3Schools, Dokumentasi PHP, Stack Overflow, dll. Barangkali saya sudah keok kalau tidak ada koneksi internet dan mesin pencari.
8. Diri sendiri dan juga beberapa mahasiswa Fasilkom Unsri entah kenalan atau teman;
9. Kepada para dosen yang telah menerbitkan buku-buku, diktat-diktat, dlsb dalam bidang Ilmu Komputer dan Ekonomi seperti Bapak Dr. Suyanto juga ketiga dan kedua rekannya, Bapak Jong Jek Siang, Bapak Romi Satria Wahono (walau sekedar kontributor), Bapak Rinaldi Munir, Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, Bapak Yaya dan Bapak Teguh, Bapak Saludin Muis, Ibu Rosa A. S. dan Bapak M. Shalahuddin, Bapak Munawar, dlsb.

Jika dalam skripsi dan penelitian ini ada salah dan kurang sebagaimana manusia lain yang tak luput dari dua hal itu, peneliti memohon maaf yang sebesar-besarnya. Peneliti sangat berharap ada yang mau menggarap skripsi dengan model seperti ini atau mengembangkan hal semacam ini.

Kepada audiens, selamat membaca, semoga ada manfaat bagi kita semua.
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penyusun,
Palembang, 11 januar 2024



Adlwin Herman
NIM. 09021281924056

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ALGORITMA	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I: PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan.....	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah.....	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-2
1.5 Manfaat Penelitian:	I-2
1.6 Batasan Masalah	I-3
1.7 Sistematika Penulisan	I-4
1.8 Kesimpulan	I-4
BAB II: KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Dasar Teori.....	II-1
2.2.1 Optimasi Probabilistik, Metaheuristik, dan Global dengan Algoritma Genetika	II-1
2.2.2 Pembelajaran Mesin Mendalam Terarah untuk Kasus Analisis Runtun Waktu (Prediksi) dengan Jaringan Syaraf Rekuren <i>Gated Recurrent Unit</i>	II-4
2.2.3 Teknik Pencarian Bobot Jaringan Syaraf Tiruan dan Neuroevolusi Sebagai Cabang dari Pembelajaran Mesin Evolusioner dan Komputasi Lunak	II-12
2.2.4 Metode Iteratif Sebagai Pengembangan Perangkat Lunak	II-16
2.3 Penelitian Lain yang Relevan	II-17
2.3.1 AGA-GRU: <i>An Optimized GRU Neural Network Model Based on Adaptive Genetic Algorithm</i> (Chenyao Bai, 2020) dan AGA-LSTM: <i>An Optimized LSTM Neural Network Model Based on Adaptive Genetic Algorithm</i> (Bai, 2020).....	II-17
2.3.2 GGA-MLP: <i>A Greedy Genetic Algorithm to Optimize Weights and Biases in Multilayer Perceptron</i> (Bansal dkk, 2022).....	II-17
2.3.3 <i>Gated Recurrent Unit with Genetic Algorithm for Product Demand Forecasting in Supply Chain Management</i> (Noh dkk, 2020)	II-19
2.3.4 <i>Sunspot Number Prediction Using Gated Recurrent Unit (GRU) Algorithm</i> (Arfianti dkk, 2021)	II-20
2.3.5 <i>A Genetic Algorithm Optimized Multi-layer Perceptron for Software Defect Prediction</i> (Jayaraj dan Raman, 2016)	II-20
2.3.6 <i>An Improved Intrusion Detection Algorithm Based on GA and SVM</i> (Tao dkk, 2018).....	II-20

2.3.7	<i>Multiple Layer Perceptron Training Using Genetic Algorithm</i> (Seiffert, 2001)	II-21
2.3.8	<i>Neuroevolution of a Modular Memory-Augmented Neural Network for Deep Memory Problem</i> (Khadka dkk, 2019)	II-21
2.3.9	<i>Simple Evolutionary Optimization Can Rival Stochastic Gradient Descent in Neural Networks</i> (Gregory Morse dan Kenneth Owen Stanley, 2016)	II-22
2.3.10	<i>Spiking neural network training using evolutionary algorithms</i> (Nicos G. Pavlidis dkk, 2005)	II-22
2.3.11	<i>Speech Synthesis Using Neural Networks Trained by an Evolutionary Algorithm</i> (Prof. Dr. Trandafir Moisa dkk, 2001)	II-23
2.4	Kesimpulan	II-23
BAB III:	METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.3	Tahapan Penelitian	III-6
3.3.1	Kerangka Kerja	III-8
3.3.2	Kriteria Pengujian	III-14
3.3.3	Alat Pengujian Penelitian	III-15
3.3.4	Pengujian Penelitian	III-15
3.3.5	Format Data Pengujian dan Analisis Penelitian	III-15
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-16
3.5	Manajemen Proyek Penelitian	III-17
3.5.1	Sumber Daya	III-17
3.5.2	Penggunaan Metode Iteratif dalam Pengembangan Perangkat Lunak dan Penelitian	III-17
3.6	Kesimpulan	III-19
BAB IV:	PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Metode Iteratif	IV-1
4.2.1	Analisis dan Perancangan	IV-1
4.2.2	Penulisan Kode	IV-13
4.2.3	Evaluasi Pemakaian Program dan GUI Paska Pengujian 4.2.2.2	IV-18
4.3	Kesimpulan	IV-19
BAB V:	HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN	V-1
5.1	Hasil dan Analisis Penelitian	V-1
5.2	Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Penelitian	V-1
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-6
5.4	Kesimpulan	V-19
BAB VI:	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1	Kesimpulan	VI-1
6.2	Saran	VI-1
DAFTAR PUSTAKA		xvii
LAMPIRAN		xxv
Lampiran 1:	GANTT Chart dan WBS	xxv
Lampiran 2:	Data Hasil Prapemrosesan Manual	xvi
Lampiran 3:	Hasil Prediksi	xvii
Lampiran 4:	Kode Program	xviii

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Hasil Akurasi (Bansal dkk, 2022)	II-18
Tabel III.1 Ringkasan Data Panen	III-1
Tabel III.2 Variabel Contoh Perhitungan	III-13
Tabel III.3 Format Data Pengujian Penelitian	III-15
Tabel IV.1 Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-1
Tabel IV.2 Penjelasan Kelas	IV-3
Tabel IV.3 Aktor	IV-7
Tabel IV.4 <i>Use Case</i>	IV-7
Tabel IV.5 Skenario Pakai	IV-8
Tabel IV.6 Skenario Plot	IV-9
Tabel IV.7 Skenario Prediksi	IV-9
Tabel IV.8 Tabel Rencana Pengujian Pemakaian Program (Bagian GUI) ...	IV-18
Tabel IV.9 Tabel Hasil Pengujian Pemakaian Program (Bagian GUI)	IV-19
Tabel V.1 Hasil Pencarian Hiperparameter Setelah Selesai Pelatihan	V-2
Tabel V.2 Hasil untuk Konfigurasi Ke 18 yang Dimodifikasi	V-4
Tabel V.3 Hasil Penelitian	V-8
Tabel V.4 Galat	V-19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Arsitektur RNN Secara Umum.....	II-10
Gambar II.2 Arsitektur Many to Many Jenis Seq2Seq dalam Masalah Pemrosesan Bahasa Alami (Zhang dkk)	II-11
Gambar II.3 RNN Bertumpuk (Lambert, 2014)	II-11
Gambar II.4 Ilustrasi Metode Iteratif oleh Rosa dan Shalahuddin.....	II-16
Gambar III.1 Runtun Waktu Toman, Bawal Air Tawar, dan Baung Putih	III-3
Gambar III.2 Runtun Waktu Udang Windu dan Gurame	III-4
Gambar III.3 Runtun Waktu Mas, Udang Vaname, Nila, Patin, dan Lele	III-5
Gambar III.4 Diagram Tahapan Penelitian	III-8
Gambar III.5 Diagram Arsitektur Sistem	III-9
Gambar III.6 Diagram Algoritma Genetika.....	III-10
Gambar III.7 Diagram Propagasi Maju GRU (Bagian Antarmuka)	III-11
Gambar III.8 Diagram Propagasi Maju GRU (Bagian Enkoder)	III-11
Gambar III.9 Diagram Propagasi Maju GRU (Bagian Dekoder)	III-12
Gambar IV.1 Diagram Kelas yang Telah Diringkas	IV-6
Gambar IV.2 Use Case.....	IV-8
Gambar IV.3 Aktivitas Pakai	IV-10
Gambar IV.4 Aktivitas <i>Plot</i>	IV-10
Gambar IV.5 Aktivitas Prediksi	IV-11
Gambar IV.6 Sekuens Pakai.....	IV-11
Gambar IV.7 Sekuens <i>Plot</i>	IV-12
Gambar IV.8 Sekuens Prediksi	IV-12
Gambar IV.9 Memakai Model yang Tersimpan	IV-17
Gambar IV.10 Menu Pakai.....	IV-17
Gambar IV.11 <i>Plot</i> Model yang Terpilih	IV-18
Gambar IV.12 Masukan Prediksi	IV-18
Gambar IV.13 Keluaran Prediksi	IV-18
Gambar V.1 Kemajuan Pelatihan pada Konfigurasi ke 18.....	V-4
Gambar V.2 Plot untuk Toman	V-9
Gambar V.3 Plot untuk Bawal.....	V-10
Gambar V.4 Plot untuk Baung Putih	V-11
Gambar V.5 Plot untuk Udang Windu	V-12
Gambar V.6 Plot untuk Gurame	V-13
Gambar V.7 Plot untuk Mas	V-14
Gambar V.8 Plot untuk Udang Vaname	V-15
Gambar V.9 Plot untuk Nila	V-16

Gambar V.10 Plot untuk Patin.....	V-17
Gambar V.11 Plot untuk Lele.....	V-18

DAFTAR ALGORITMA

	Halaman
Algoritma II.1 Algoritma Genetika dan Evolusioner Secara Umum	II-2
Algoritma II.2 Propagasi Maju GRU Menurut Masukan dan Keluarannya.....	II-8

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1: Tabel GANTT <i>Chart</i> dan WBS.....	xxv
Lampiran 2: Data Hasil Prapemrosesan Manual.....	xxvi
Lampiran 3: Data Hasil Prediksi	xxvii
Lampiran 4: Kode Program.....	xxviii

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah/ruang lingkup, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan, sebelum memasuki bab yang selanjutnya, yaitu kajian literatur.

1.2 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara maritim dengan sebagian penduduk tinggal di perairan dan hasil perairan merupakan komoditi umum yang kerap kali dikonsumsi dengan murah dan lantas pangan salah satu kebutuhan primer manusia, maka prediksi panen perikanan diperlukan agar dapat mengendalikan harga, persiapan bibit, agar penjualan tetap stabil, konsumsi tidak bermasalah, dlsb. Contoh yang sudah melakukan prediksi panen perikanan seperti (Suprpto, 2023) untuk lele dengan *Support Vector Machine* (SVM).

Gated Recurrent Unit (GRU) dipilih dalam prediksi kali ini, karena cara lain seperti *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) sering dipakai, dan GRU mirip *Long Short Term Memory* (LSTM) namun lebih sedikit operasinya sehingga cepat dan hemat bahkan dapat mengungguli LSTM berdasarkan jurnal (Noh dkk, 2020) dan (Arfianti dkk, 2021). Cara melatih GRU memakai Algoritma Genetika (GA, *Genetic Algorithm*, algen) (salah satu metaheuristik) daripada turunan gradien atau sejenisnya karena tidak melibatkan

gradien fungsi tujuan, populer (ada belasan ribu sitasi menurut (Suyanto dkk, 2020)), dapat menghindari lokal optima (Seiffert, 2001), kokoh (Richa dan Gaganpreet, 2013), juga pertimbangan dari (Tao dkk, 2018), (Bansai dkk, 2022), dan (Jayaraj dan Raman, 2016); menurut dua penelitian kembar (Bai, 2020) dan (Bai, 2020), GRU yang bobotnya dicari dengan GA yang dikendalikan sistem pakar logika samar dapat menghasilkan model yang lebih tergeneralisir.

Akan dipaparkan penelitian prediksi panen perikanan dengan GRU yang dioptimalkan dengan algoritma genetika dengan harapan beberapa manfaat dapat diperoleh seperti pengambilan keputusan (pengendalian harga, sekedar perkiraan panen saja, manajemen budidaya, atau lainnya).

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana implementasi GRU - GA agar dapat digunakan untuk prediksi panen perikanan?
2. Berapa besar *Mean Squared Error* (MSE) yang dihasilkan GRU - GA?
3. Apa hasil prediksi yang diperoleh?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuannya adalah

1. Mengetahui hasil prediksi panen perikanan dengan GRU - GA.
2. Menganalisis hasil galat yang dikeluarkan paska pelatihan.

1.5 Manfaat Penelitian:

Manfaat penelitian sebagaimana pada tujuan penelitian, yaitu:

1. Aplikasi yang tercipta dapat digunakan untuk prediksi panen perikanan sehingga keputusan dalam hal perikanan seperti yang disebutkan sebelumnya dapat tercapai.
2. Lalu, menambah referensi pada bidang komputasi lunak dan pembelajaran mesin evolusioner sub cabang neuroevolusi yang mana ini adalah jarang.

1.6 Batasan Masalah

1. GA digunakan untuk mencari bobot GRU;
2. Data yang didapat hanya dalam rentang tahun 2019 - 2022 yang telah dilakukan prapemrosesan, namun data 2022 belum rampung. Jika dianalisis grafiknya, tidak nampak suatu pola khusus terutama musiman di semua spesies sehingga hasil hitungannya mungkin tidak terlalu diharapkan;
3. Melibatkan pustaka instan khusus, yang berperan utama dan penting:
 - a. PyMOO (metaheuristik, terdapat GA) untuk mencari bobot;
 - b. Keras (pembelajaran mendalam) dengan *optimizer* diganti PyMOO, pencipta PyGAD (Ahmed Fawzy Gad) di LinkedIn dan salah satu kontributor utama EvoTorch (Nihat Engin Toklu) di Slack mengatakan bahwa *optimizer* tak dilibatkan (murni algoritma genetika / evolusioner) (Toklu mengatakan dapat dilibatkan pula algoritma gradien misal estimasi adaptif momen namun hanya estimasi (bukan gradien sejati)) (kedua pustaka tak dipakai).
4. Program dibuat terbatas untuk penelitian, bahkan hanya secara univariat;
5. Menggunakan metode iteratif dalam pembuatan perangkat lunak;

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, masalah, tujuan, manfaat, dan batasan dari penelitian ini; juga alasan mengapa kombinasi algoritma yang jarang ini terpilih.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Berisi definisi dan teori detail mengenai kedua algoritma AI yang akan dipakai dan penelitian lain yang relevan maupun yang hampir relevan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metodologi penelitian dan pengembangan perangkat lunak beserta manajemennya.

1.8 Kesimpulan

Akan dipaparkan penelitian prediksi panen perikanan dengan GRU yang dioptimalkan dengan GA dengan harapan beberapa manfaat dapat diperoleh termasuk juga untuk pengambilan keputusan. GRU dipilih karena bobotnya lebih sedikit dibanding LSTM sedangkan GA dipilih dalam pencarian bobot terbaik karena tak melibatkan matematika tingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfianti, Unix Izyah, Novitasari, Dian Candra Rini, Widodo, Nanang, Hafiyusholeh, Moh., dan Utami, Wika Dianita. 2021. *Sunspot Number Prediction Using Gated Recurrent Unit (GRU) Algorithm*. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)* 15 (2): 141-152.
- Bai, Chenyao. 2020. *AGA-GRU: An Optimized GRU Neural Network Model Based on Adaptive Genetic Algorithm*. *Journal of Physics: Conference Series* 1651 (1): 012146.
- Bai, Chenyao. 2020. *AGA-LSTM: An Optimized LSTM Neural Network Model Based on Adaptive Genetic Algorithm*. *Journal of Physics: Conference Series* 1570 (1): 012011.
- Bansal, Priti, Lamba, Risabh, Jain, Vaibhav, Jain, Tanmay, Shokeen, Sanchit, Kumar, Sumit, Singh, Pradeep Kumar, dan Khan, Baseem. 2022. *GGA-MLP: A Greedy Genetic Algorithm to Optimize Weights and Biases in Multilayer Perceptron*. Dalam Yuvaraja Teekaraman. *Contrast Media & Molecular Imaging* 2020 (4): 1 - 14.
- Blank, Julian dan Deb, Kalyanmoy. 2020. *pymoo: Multi-Objective Optimization in Python*. *IEEE Access* 8: 89497 - 89509.
- Cho, Kyunghyun, van Merriënboer, Bart, Bahdanau, Dzmitry, Bougares, Fethi, Schwenk, Holger, Bengio, Yoshua. 2014. *Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine*

- Translation*. Oleh Association for Computational Linguistics pada arXiv - Universitas Cornell (2014), <https://arxiv.org/abs/1406.1078>.
- Deb, Kalyanmoy dan Agrawal, Samir. 1999. *Understanding Interactions Among Genetic Algorithm Parameters*. Dalam Morgan Kauffman. *Foundations of Genetic Algorithms 5* (5): 265 - 286.
- de Vel, O., Hubczenko, D., Kim, J., Montague, P., Xiang, Y., Phung, D., Zhang, J., Murray, T., Le, T., Wen, S., Liu, S., Nguyen, V., Lin, G., Nguyen, K., Le, T., Nguyen, T., Nock, R., and Qu, L. 2019. *Deep Learning for Cyber Vulnerability Discovery: NGTF Project Scoping Study*. Divisi Peperangan Siber dan Elektronik, Pemerintahan Australia, Departemen Pertahanan, Sains dan Teknologi, Edinburgh, Australia Selatan, Australia.
- Diana. 2018. *Metode & Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*. Penerbit Deepublish, Yogyakarta, Indonesia.
- Eko, Yuli. 2009. *Ekonomi untuk Kelas X SMA dan MA*. Penerbit CV Mitra Media Pustaka, Indonesia.
- Gad, Ahmed Fawzy. 2021. *PyGAD: An Intuitive Genetic Algorithm Python Library*. arXiv - Universitas Cornell (2021), <https://arxiv.org/abs/2106.06158>.
- Galván, Edgar dan Mooney, Peter. 2020. *Neuroevolution in Deep Neural Networks: Current Trends and Future Challenges*. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence* 2 (6): 476 - 493.
- Gregory, Morse dan Stanley, Kenneth O. 2016. *Simple Evolutionary Optimization Can Rival Stochastic Gradient Descent in Neural Networks*. *Proceedings*

- of the Genetic and Evolutionary Computation Conference 2016 (GECCO '16)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2016. Hal. 477 – 484.
- Heryadi, Yaya dan Sonata, Ilvico. 2022. Dasar-dasar *Graph Machine Learning* dan Implementasinya Menggunakan Bahasa Python. Penerbit Gava Media, Yogyakarta, Indonesia
- Heryadi, Yaya dan Wahyono, Teguh. 2021. Dasar-dasar *Deep Learning* dan Implementasinya. Penerbit Gava Media, Yogyakarta, Indonesia.
- Holland, John Henry. 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, Amerika Serikat.
- Jayaraj, V. dan Raman, N. Saravana. 2016. *A Genetic Algorithm Optimized Multi-layer Perceptron for Software Defect Prediction*. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science* 4 (2): 132 - 141.
- Khadka, Shauharda, Chung, Jen Jen, dan Tumer Kagan. 2019. *Neuroevolution of a Modular Memory-Augmented Neural Network for Deep Memory Problem*. *Evolutionary computation* 27 (4): 639-664.
- Köpüklü, Okan, Babae, Maryam, Hörmann, Stefan, Rigoll, Gerhard. 2019. *Convolutional Neural Networks with Layer Reuse*. arXiv - Universitas Cornell (2019), <https://arxiv.org/abs/1901.09615>.

- Lambert, John. 2014. *Stacked RNNs for Encoder-Decoder Networks: Accurate Machine Understanding of Images*. Departemen Ilmu Komputer, Universitas Stanford.
- Mahajan, Richa dan Kaur, Gaganpreet. 2013. *Neural Networks using Genetic Algorithms. International Journal of Computer Applications (0975-8887) Volume 77 (14): 6 - 11.*
- Moisa, Trandafir, Ontanu, Dan, dan Dediu, Adrian Horia. 2001. *Speech Synthesis Using Neural Networks Trained by an Evolutionary Algorithm*. Dalam Alexandrov, Vassil N. dkk. *Computational Science - ICCS 2001*. San Francisco, CA, USA, 28 - 30 Mei 2001. Hal. 419 - 428.
- Muis, Saludin. 2017. *Jaringan Syaraf Tiruan: Sistem Kecerdasan Tiruan dengan Kemampuan Belajar dan Adaptasi*. Teknosain, Sleman, Indonesia.
- Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Munir, Rinaldi. 2015. *Metode Numerik (Revisi Keempat)*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Munir, Rinaldi. 2019. *Kriptografi (Edisi Kedua)*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Munawar. 2018. *Analisis Perancangan Sistem Berorientasi Objek dengan UML (Unified Modeling Language) (Halaman 61)*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Noh, Jiseong, Park, Hyun-Ji, Kim, Jong, dan Hwang, Seung-June. 2020. *Gated Recurrent Unit with Genetic Algorithm for Product Demand Forecasting in Supply Chain Management. Mathematics 8 (4): 565.*

- Pavlidis, Nicos G., Tasoulis, O.K., Plagianakos, Vassilis, Nikiforidis, George, dan Vrahatis, Michael. 2005. *Spiking neural network training using evolutionary algorithms*. IEEE International Joint Conference 2005 (IJCNN '05). 2005 IEEE International Joint Conference on Neural Networks. Montreal, QC, Kanada, 31 Juli - 4 Agustus 2005. Vol. 4 Hal. 2190 - 2194.
- Primartha, Rifkie. 2018. Belajar *Machine Learning* (Teori Dan Praktik). Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Primartha, Rifkie dan Wahono, Romi Satria. 2021. *Algoritma Machine Learning*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Purnama, Bedy. 2019. Pengantar *Machine Learning: Konsep dan Praktikum dengan Contoh Latihan Berbasis R dan Python*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Rao, Ravipudi Venkata. 2020. *Rao algorithms: Three metaphor-less simple algorithms for solving optimization problems*. *International Journal of Industrial Engineering Computations*: 107 - 130.
- Rao, Ravipudi Venkata. 2016. *Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems*. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 7 (1): 19-34.
- Rao, Ravipudi Venkata, Rai, Dhiraj, Ramkumar, Janakarajan, Balic, J.. 2016. *A new multi-objective Jaya algorithm for optimization of modern machining*

- processes. Advances in Production Engineering & Management* 11 (4): 271-286.
- Robandi, Imam. 2019. *Artificial Intelligence: Mengupas Rekayasa Kecerdasan Tiruan*. Penerbit Andi, Yogyakarta, Indonesia.
- S., Rosa A. dan Shalahuddin, M.. 2019. *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek (Edisi Kedua) (Halaman 18, 26, dan 38)*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Seiffert, Udo. 2001. *Multiple Layer Perceptron Training Using Genetic Algorithm. 9th European Symposium of Artificial Neural Network 2001 (ESANN'2001)*. Bruges, Belgia, 25 - 27 April 2001. Hal. 160 - 164.
- Shuai, Minwei dan Tian, Huixin. 2019. *Long Short Term Memory based on Differential Evolution in Passenger Flow Forecasting. Journal of Simulation* 7 (1).
- Such, Felipe Petroski, Madhavan, Vashisht, Conti, Edoardo, Lehman, Joel, Stanley, Kenneth O., dan Clune, Jeff. 2017. *Deep Neuroevolution: Genetic Algorithms Are a Competitive Alternative for Training Deep Neural Networks for Reinforcement Learning*. Oleh Uber AI Labs pada arXiv - Universitas Cornell (2018), <https://arxiv.org/abs/1712.06567>.
- Suprpto. Claudia Millennia. 2023. *Prediksi Hasil Panen Budidaya Ikan Lele Dari Mitra Panen Menggunakan Algoritma Support Vector Regression (Studi Kasus : PT. Adma Digital Solusi)*. Skripsi, UPN Veteran Jawa Timur.
- Suyanto. 2008. *Evolutionary Computation: Komputasi Berbasis "Evolusi" dan "Genetika"*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.

- Suyanto. 2008. *Soft Computing: Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Suyanto. 2014. *Artificial Intelligence: Searching - Reasoning - Planning - Learning*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Suyanto. 2017. *Swarm Intelligence: Komputasi Modern untuk Optimasi dan Big Data Mining*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Suyanto, Arifianto, Anditya, Rismala, Rita, dan Sunyoto, Andi. 2020. *Evolutionary Machine Learning: Pembelajaran Mesin Otonom Berbasis Komputasi Evolusioner*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Suyanto, Ramadhani, Nur Kurniawan, dan Mandala, Satria. 2019. *Deep Learning: Modernisasi Machine Learning untuk Big Data*. Penerbit Informatika, Bandung, Indonesia.
- Tao, Peiying, Sun, Zhe, dan Sun, Zhixin. 2018. *An Improved Intrusion Detection Algorithm Based on GA and SVM*. *IEEE Access* 6: 13624-13631.
- Toklu, Nihat Engin, Atkinson, Timothy, Micka, Vojtěch, Liskowski, Paweł, dan Srivastava, Rupesh Kumar. 2023. *EvoTorch: Scalable Evolutionary Computation in Python*. arXiv - Universitas Cornell (2023), <https://arxiv.org/abs/2302.12600>.
- Whitelam, Stephen, Selin, Viktor, Park, Sang-Won, dan Tamblyn, Isaac. 2020. *Correspondence between neuroevolution and gradient descent*. arXiv - Universitas Cornell (2020), <https://arxiv.org/abs/2008.06643>.

Zhang, Aston, Lipton, Zachary C., Li, Mu, dan Smola, Alexander J.. 2023. *Dive Into Deep Learning*. Buku cetak elektronik, diunduh di <http://www.d2l.ai> pada 24 Juni 2023.