



INSYST

Journal of Intelligent System and Computation

p-ISSN: 2621-9220

e-ISSN: 2722-1962

Volume 4 Nomor 1, April 2022



Published By **Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM)**
Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya (ISTTS)
formerly **Sekolah Tinggi Teknik Surabaya (STTS)**



Managed By
Departement of Informatics
Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya (ISTTS)

INSYST

Journal of Intelligent System and Computation

Volume 04 Nomor 01 April 2022

Editor in Chief:

Dr. Yosi Kristian, S.Kom, M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Managing Editor:

Dr. Esther Irawati Setiawan, S.Kom., M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Hendrawan Armanto, S.Kom., M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Editorial Board:

Dr. Ir. Endang Setyati, M.T.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Ir. Edwin Pramana, M.App.Sc, Ph.D

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.T.

Institut Sepuluh November, Indonesia

Hindriyanto Dwi Purnomo, Ph.D.

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

Reddy Alexandro H., S.Kom., M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Dr. Diana Purwitasari, S.Kom., M.Sc.

Institut Sepuluh November, Indonesia

Dr. Joan Santoso, S.Kom., M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

INSYST

Journal of Intelligent System and Computation

Volume 04 Nomor 01 April 2022

Reviewer:

Teguh Wahyono, S.Kom., M.Cs.

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

Dr. Anang Kukuh Adisusilo, ST, MT.

Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya, Indonesia

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.

Institut Sepuluh November, Indonesia

Prof. Dr. Benny Tjahjono, M.Sc.

Coventry University, United Kingdom

Dr. Ir. Gunawan, M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

Dr. Umi Laili Yuhana S.Kom., M.Sc.

Institut Sepuluh November, Indonesia

Dr. Tita Karlita, S.Kom., M.Kom.

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

Dr. Ir. Rika Rokhana, M.T.

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.

Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

Dr. Yuni Yamasari, S.Kom., M.Kom.

Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Dr. Adri Gabriel Sooai, S.T., M.T.

Universitas Katolik Widya Mandira, Indonesia

Dr. Lukman Zaman PCSW, M.Kom.

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Indonesia

INSYST

Journal of Intelligent System and Computation

Volume 04 Nomor 01 April 2022

Daftar Isi

Penentuan Lokasi Wireless Device Berbasis 3d Access Point Location Based Iwan Chandra	01
Lampu Lalulintas Adaptif untuk Simpangan Padat Menggunakan Simple Additive Weight Andri Suhartono	07
Perancangan Multiplayer Serious Game Pengolahan Tanah Menggunakan Bajak Singkal Michael Lee Lee, Anang Kukuh Adisusilo, Noven Indra Prasetya	16
Aplikasi Informasi Penjualan Barang dengan Algoritma Apriori Wildan Muhammad Aminuddin, Ghulam Asrofi Buntoro, Fauzan Masykur	22
Library Algoritma Genetik dan Whale Optimization berbasis GPU Programming Bernard Niklas Satrijo, Hendrawan Armanto, Lukman Zaman PCSW, Pickerling Pickerling	32
Aspect based Sentiment Analysis Aduan Mahasiswa UMSIDA Dimasa Pandemi Menggunakan LSTM Bayu Anggara Putra, Yosi Kristian, Esther Irawati Setiawan, Joan Santoso	45
Analisis Pemanfaatan Animasi 3D Interaktif pada Pembelajaran Tulang Manusia Lisana Lisana	55

PENENTUAN LOKASI WIRELESS DEVICE BERBASIS 3D ACCESS POINT LOCATION BASED

Iwan Chandra¹

¹Departemen Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Iwan Chandra (e-mail: ichan@stts.edu).

ABSTRACT The development of the wireless networking has changed the way of human life. This wave can be used for communication media as the replacement of the cable. By analyzing the signal strength received from the access point. It is needed some model which can be used to predict the location from a wireless receiver device. In this research, will be developed a method to determine the location of a device in the indoor area. This research also made to complete the weakness of Global Positioning System which is only effectif in the outdoor area. This research will implement neural network concept by detecting the wireless signal around the receiver device. These signals will be sent to the server and then processed. The process is divided into two phase, learning process, and production process. In the learning phase, system will be generating a model which have the capability to adapt with the input and output combination given. By using the Parallel Resilient Back Propagation concept, the system can give the max accuray up to 89%.

KEYWORDS Location, Neural Network, RPROP, Wireless.

ABSTRAK Perkembangan penggunaan wireless saat ini telah mengubah cara hidup manusia. Dengan menganalisa gelombang yang diterima dari pemancar menuju sebuah perangkat tersebut. Untuk itu dibutuhkan sebuah model yang mampu memprediksi lokasi dari sebuah perangkat penerima. Pada penelitian ini, dikembangkan suatu metode untuk penentuan lokasi terhadap sebuah perangkat di dalam ruangan. Penelitian ini menerapkan konsep neural network dengan mendeteksi sinyal wireless yang ada di sekitar perangkat penerima. Sinyal-sinyal tersebut kemudian dikirimkan menuju server untuk kemudian diproses lebih lanjut. Proses terbagi menjadi dua, yaitu learning dan production. Pada tahap learning, sistem akan membentuk sebuah model yang akan mampu beradaptasi dengan kombinasi input dan output yang telah diberikan sebelumnya. Dengan memanfaatkan konsep Parallel Resilient Back Propagation, hasil akurasi yang diberikan pada penelitian ini mencapai 89%.

KATA KUNCI Lokasi, Wireless, Neural Network, RPROP

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya teknologi dan penggunaan teknologi wireless fidelity, memberikan dampak yang cukup signifikan bagi lingkungan, terlebih dengan terjadinya polusi gelombang wireless. Pada kenyataannya, polusi wireless tersebut dapat mengganggu konektivitas perangkat jaringan yang menggunakan wireless. Namun di sisi lain, polusi wireless tersebut, dapat digunakan untuk suatu kebutuhan yang berguna. Gelombang wireless yang ada, dapat dibedakan atau diidentifikasi dengan beberapa properti yang ada, yaitu SSID (Service Set Identifier), MAC Address dari radio pemancar (Access Point), dan RSSI (Received Signal Strength Indication). Properti gelombang tersebut sejauh ini hanya digunakan sebagai parameter oleh user untuk mencari access point mana yang terbaik. Di sisi yang lain, dengan mengadopsi konsep trilaterasi dari Global Positioning

System (GPS), properti tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi posisi perangkat penerima sinyal wireless tersebut.

Tujuan dari pengembangan penelitian ini adalah:

- Memahami konsep penentuan lokasi pada bidang 3 dimensi menggunakan gelombang wireless.
- Mampu membangun sebuah sistem pelacak perangkat wireless pada bidang 3 dimensi memanfaatkan gelombang wireless access point.
- Memahami konsep Multilayer Perceptron pada neural network.
- Mampu memanfaatkan konsep neural network dalam penyempurnaan penentuan lokasi di dalam ruangan.

Hipotesa dari penelitian ini: “Dengan memanfaatkan signal strength dari access point, dan dengan penerapan konsep neural network, dapat diketahui lokasi perangkat pengguna wireless di Sekolah Tinggi Teknik Surabaya hingga ketelitian ruang dengan tingkat akurasi mencapai 80%”.

Penelitian ini diharapkan mejadi sebuah media untuk melacak lokasi seseorang berdasarkan perangkat mobile yang dimiliki dalam area tertutup yang tingkat akurasinya lebih presisi sampai dengan posisi ruangan, dibandingkan dengan yang ditawarkan oleh Global Positioning System.

II. TEORI DASAR DAN TINJAUAN PUSTAKA

Untuk Frekuensi Radio pada penelitian ini, digunakan model perambatan Free Space Path Loss [7], di mana perbandingan sinyal yang diterima (RSS) dengan jarak dalam ruang terbuka.

Neural Network merupakan suatu konsep jaringan syaraf tiruan seperti yang terdapat pada tubuh manusia, di mana dibangun node-node (titik) yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Node-node tersebut terhubung melalui suatu hubungan dengan istilah weight. Ide dasarnya adalah mengadopsi cara kerja otak manusia, yang memiliki ciri-ciri parallel processing, proses elemen dalam jumlah besar serta fault tolerance.

A. An Indoor Wireless Positioning System Based On Wireless Local Area Network Infrastructure [10]

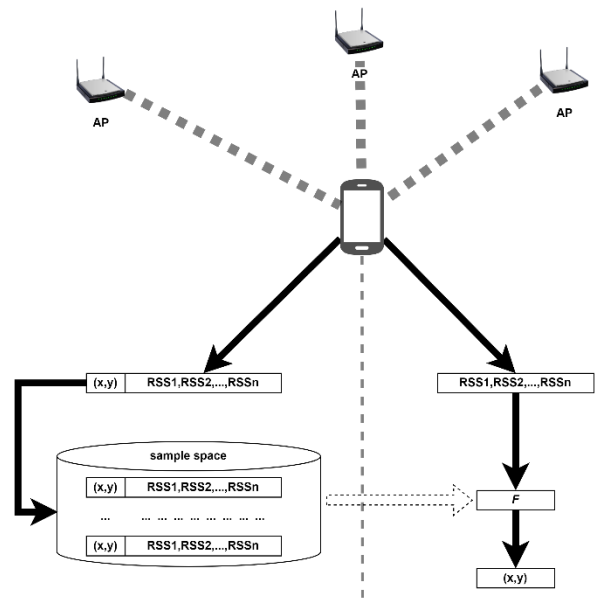
Uji coba dilakukan pada lantai empat Gedung Teknik Elektro University of New South Wales (UNSW). Denah pada lantai tersebut dapat dilihat pada gambar 1. Dengan dimensi 84 meter x 17.5 meter, yang mencakup sekitar 40 ruangan meliputi ruang kelas, laboratorium komputer, kantor, dan gudang penyimpanan.

Beberapa penelitian kecil yang dilakukan dalam penelitian ini, antara lain meliputi:

- a) Tingkat kestabilan dari sinyal radio 2.4 GHz
- b) Realibilitas dari sinyal radio 2.4GHz
- c) Verifikasi terhadap model empiris dan efek dari Geometry of Distribution (GOD)
- d) Pengurangan kuat sinyal akibat dinding.

B. Cluster Filtered KNN: A WLAN-Based Indoor Positioning Scheme [6]

Metode penentuan posisi dapat dilakukan dengan dua buah cara yang berbeda, yaitu propagation-based dan training-based (fingerprint-based). Dengan pemetaan geometry yang sebelumnya telah dilakukan terhadap posisi AP, yang harus dilakukan selanjutnya adalah mengubah RSS menjadi sebuah ukuran jarak, yang kemudian dengan menggunakan metode seperti trilateration, untuk mengkalkulasi dan memperkirakan lokasi dari sebuah user.

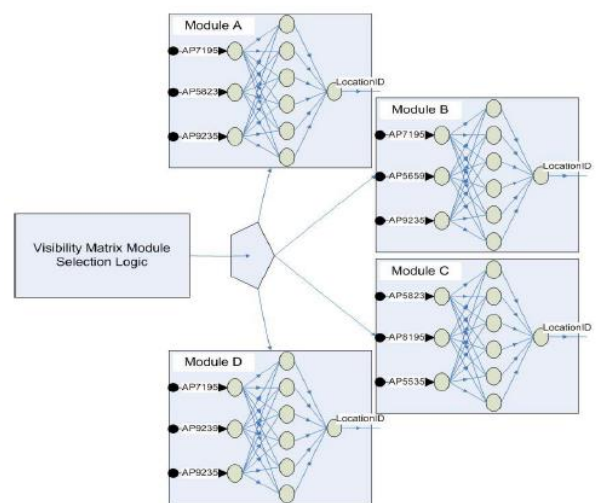


GAMBAR 1. Pendekatan Training-Based.

Performa CFK jauh di atas KNN dalam beberapa kasus. Penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan dengan mengaplikasikan Inverse Distance Weighting (IDW) dan Universal Kriging guna mengurangi beban dalam membangun sample space.

C. Modular Multilayer Perceptron for WLAN Based Localization [2]

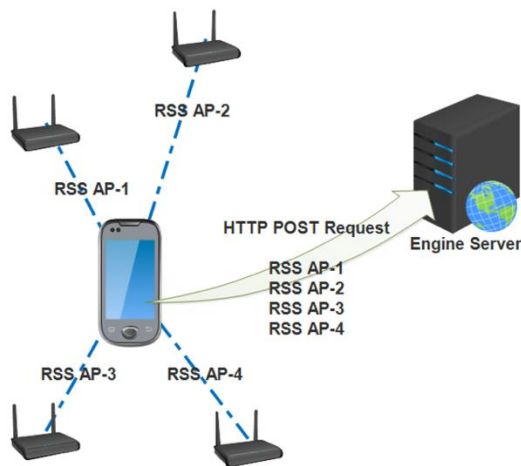
Dalam penelitian ini, digunakan model perambatan gelombang dengan model Non Line of Sight (NLOS), terkait dengan efek multi-path yang terjadi akibat geometri dari bangunan, penyerapan gelombang oleh tubuh manusia, perangkat di sekitar, dan sifat dinamis dari lingkungan.



GAMBAR 2. Arsitektur MMLP.

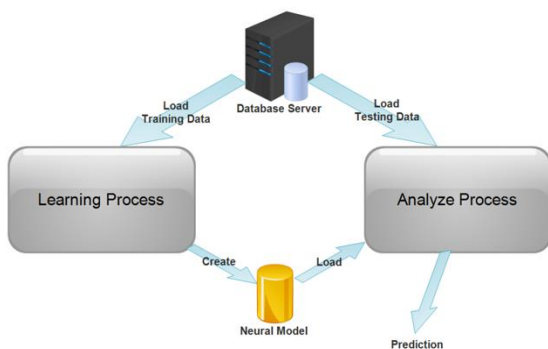
III. PENENTUAN LOKASI WIRELESS DEVICE BERBASIS 3D LOCATION BASED SERVICE

Setiap perangkat wireless, memiliki kemampuan untuk mendeteksi sinyal wireless yang diterima. Namun dengan keterbatasan yang dimiliki oleh access point, sebuah access point tidak bisa mendeteksi RSS antara dirinya dengan station yang terhubung dengan access point yang lainnya. Sehingga fungsi deteksi ini tidak bisa dilakukan langsung oleh access point, dan harus digantikan oleh sisi penerima. Oleh karena itu, diperlukan sebuah aplikasi mobile agent untuk mengirimkan data hasil scanning menuju ke server secara periodik, misalnya setiap 1 menit atau 5 menit. Pada setiap periodenya, station akan mengirimkan request HTTP POST menuju ke server.



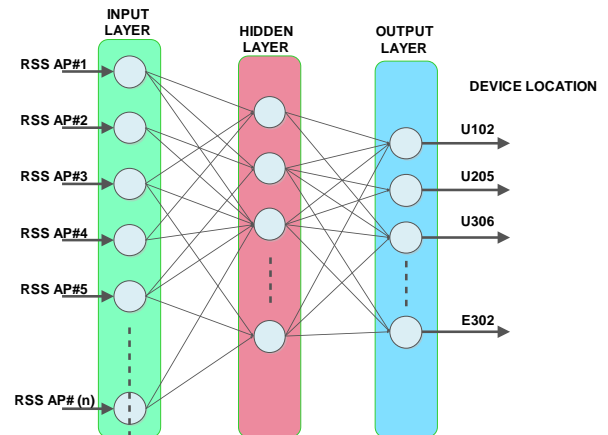
GAMBAR 3. Deteksi RSS oleh Mobile Agent.

Sistem penentu lokasi, harus mampu menentukan lokasi berdasarkan kombinasi dari nilai RSS yang diterima oleh station. Terdapat dua buah sub-sistem yang perlu dikembangkan dalam sistem ini. Sistem tersebut adalah learner system dan analyzer system.



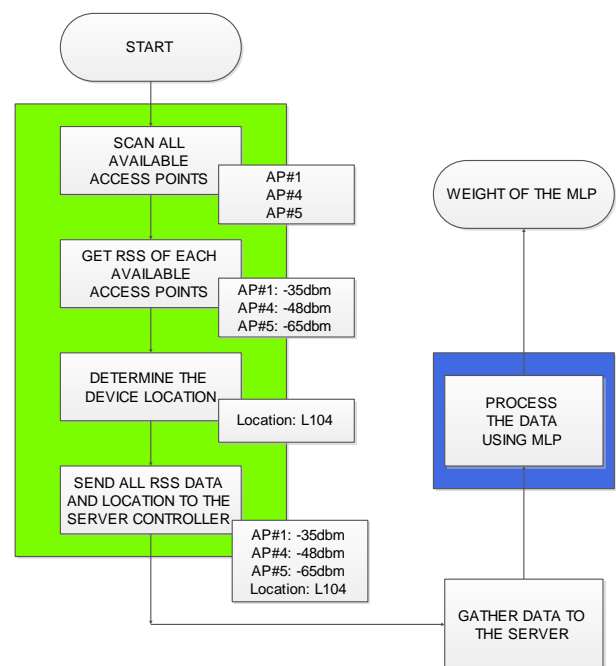
GAMBAR 4. Skema Kerja Sistem.

Penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan konsep neural network. Dengan mengimplementasikan Multilayer Perceptron [3]. Multilayer Perceptron merupakan neural network feedback buatan, yang memetakan sekumpulan input data menuju sekumpulan output yang sesuai. Sebuah multilayer perceptron terdiri dari beberapa layer, berisi beberapa node, dengan graf berarah di mana setiap layer terhubung menuju layer berikutnya.



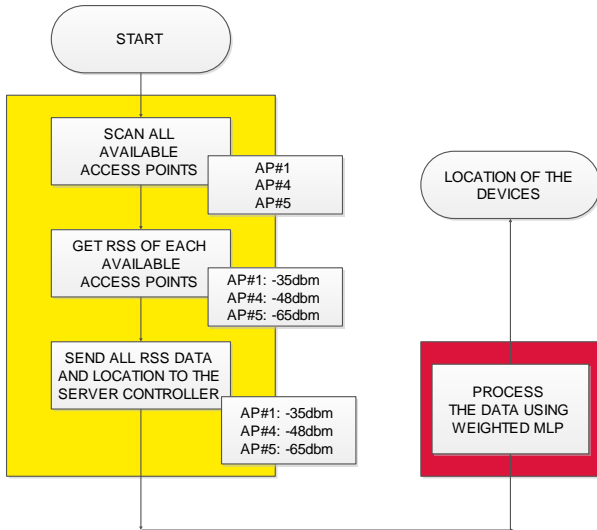
GAMBAR 5. Neural Network Learning.

Learner sistem diperlukan untuk menggali pattern dari kombinasi data RSS dari sebuah lokasi. Sehingga sebelum sistem dapat menentukan lokasi, sistem harus belajar terlebih dahulu, untuk membentuk pengetahuannya. Untuk membentuk pengetahuan ini, digunakan konsep neural network dengan menggunakan metode paralel resilient back propagation.



GAMBAR 6. Proses pada Tahap Training.

Aplikasi analyzer terletak pada server controller. Aplikasi ini bertugas untuk mengumpulkan data dari mobile agent, melakukan training terhadap data yang telah diperoleh, serta menentukan lokasi sebuah perangkat pada tahap testing. Aplikasi ini nantinya akan terintegrasi dengan web server untuk menjalankan fitur pencarian.



GAMBAR 7. Proses pada Tahap Testing.

IV. RESILIENT BACK PROPAGATION DAN FRAMEWORK PENUNJANG

Resilient backpropagation [8] yang lebih sering dikenal dengan istilah RPROP, merupakan sebuah algoritma supervised neural network berbasis multi layer perceptron. Prinsip utama dari RPROP adalah pelenyapan terhadap bobot yang memberikan pengaruh buruk terhadap turunan parsial pada tahap pembobotan. sehingga, hanya penanda dari turunan yang mengindikasikan perubahan update bobot saja yang akan digunakan.

Algoritma 1. RPROP

```

1:  $\forall i, j : \Delta_{ij}(t) = \Delta_0$ 
2:  $\forall i, j : \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) = 0$ 
3: Repeat
4:   Compute Gradient  $\frac{\partial E}{\partial \omega}$ (t)
5:   For all weights and biases{
6:     if  $(\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) * \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t) > 0)$  then {
7:        $\Delta_{ij}(t) = \text{minimum}(\Delta_{ij}(t-1) * \eta^+, \Delta_{max})$ 
8:        $\Delta \omega_{ij}(t) = -\text{sign}\left(\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t)\right) * \Delta_{ij}(t)$ 
9:        $\omega_{ij}(t+1) = \omega_{ij}(t) + \Delta \omega_{ij}(t)$ 
10:       $\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) = \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t)$ 
11:    }

```

```

12:     else if  $(\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) * \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t) < 0)$ 
13:       then {
14:          $\Delta_{ij}(t) = \text{maximum}(\Delta_{ij}(t-1) * \eta^-, \Delta_{min})$ 
15:          $\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) = 0$ 
16:       }
17:     else if  $(\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) * \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t) = 0)$ 
18:       then {
19:          $\Delta \omega_{ij}(t) = -\text{sign}\left(\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t)\right) * \Delta_{ij}(t)$ 
20:          $\omega_{ij}(t+1) = \omega_{ij}(t) + \Delta \omega_{ij}(t)$ 
21:          $\frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t-1) = \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}(t)$ 
22:       }
    }
    Until (Converged)

```

Untuk menunjang penelitian ini, digunakan framework Accord.NET [1] untuk melakukan fungsi RPROP. Accord.NET dikembangkan dalam bahasa C# dan memiliki fungsi yang cukup lengkap untuk aplikasi computer vision, pemrosesan sinyal, serta aplikasi statistik, bahkan untuk kebutuhan komersil. Beberapa library dari Accord.NET yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Accord.Math
- Accord.Neuro
- Accord.Statistics

V. ANALISA DAN DESAIN

Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus pada Gedung U dan Gedung E Sekolah Tinggi Teknik Surabaya, dengan jumlah total ruangan sebanyak 57 ruangan.

Input atau fitur yang digunakan dalam penelitian ini adalah AP yang terdeteksi pada sebuah lokasi. Setiap access point akan diidentifikasi dengan menggunakan BSSID atau MAC Address. BSSID yang digunakan hanyalah BSSID dari access point yang terdaftar pada sistem. Oleh karena itu, BSSID dari access point yang lainnya harus difilter. Penggunaan BSSID dianggap lebih valid daripada SSID karena nilai SSID bisa sama untuk BSSID yang berbeda.

TABEL I.
KOMBINASI NODE INPUT

AP MAC Address	Lokasi AP
0a:18:d6:a9:d8:de	U100
80:2a:a8:14:a2:01	U201
2a:a4:3c:bb:bc:68	U202
0a:18:d6:ad:4b:9a	U204
0a:18:d6:c9:02:17	U301
44:d9:e7:03:16:ac	U304
08:e8:4f:37:c9:80	U305
00:02:6f:d4:e7:54	U306
2a:a4:3c:65:c0:58	U400
0a:18:d6:91:38:40	U403

c2:9f:db:41:43:ce	E100
d4:ca:6d:d6:97:df	E102
0a:18:d6:c7:b3:cf	E300
2a:a4:3c:bb:c3:13	E401-A
0a:18:d6:93:06:86	E401-B
4c:5e:0c:f0:64:33	E401-R
80:2a:a8:14:a2:1d	E402

Data input yang dikumpulkan pada tahap training, akan dinormalisasi pada nilai 0 sampai dengan 1. Sedangkan untuk lokasi, yang data awalnya berupa string, akan dikonversi menjadi integer dengan pemetaan yang telah ditentukan sebelumnya.

$$N = \lfloor \text{dataraw} \rfloor / 100 \dots\dots\dots (1)$$

TABEL II
DATA SETELAH NORMALISASI

Lokasi	11
0a:18:d6:ad:4b:9a	0,36
10:bd:18:a7:15:b1	0,69
10:bd:18:a7:15:b2	0,69
58:0a:20:76:08:ee	0,81
44:d9:e7:03:16:ac	0,57
10:bd:18:a7:15:b0	0,69
80:2a:a8:14:a2:01	0,72
58:0a:20:76:08:e0	0,72
58:0a:20:76:08:ef	0,82
2a:a4:3c:0d:96:cf	0,71
0e:18:d6:ad:4b:9a	0,33
08:e8:4f:37:c9:80	0,75
58:0a:20:76:08:e1	0,72
00:02:6f:d4:e7:54	0,75
2a:a4:3c:bb:bc:68	0,68
10:bd:18:a7:15:bf	0,86
82:2a:a8:15:a2:01	0,88
5a:b6:54:91:b6:ef	0,92

VI. UJI COBA

Pada penelitian ini, dilakukan uji coba mulai dari tahap pengumpulan data hingga uji coba sistem keseluruhan. Pada tahap pengumpulan data, dua buah perangkat mobile yaitu Asus Zenfone C dan Xiaomi Redmi Note 3. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi sederhana yang dikembangkan dalam platform Android. Aplikasi tersebut mengumpulkan data RSSI dari semua sinyal yang terdeteksi, baik 5GHz maupun 2.4GHz. Data-data tersebut dikumpulkan ke dalam text file yang kemudian dipindahkan untuk diolah lebih lanjut pada komputer server.

Data yang dikumpulkan pada uji coba terakhir berjumlah 584 data. dari total 584 data yang dikumpulkan akan dibagi pada dua tabel yang berbeda, yaitu tabel training_data, dan tabel test_data. Dari empat data training, tiga record data diinputkan ke dalam training_data, dan satu record sisanya diinputkan ke dalam test_data. Sehingga perbandingan antara data training dan testing sebesar 3:1. Dilakukan beberapa kali iterasi guna menemukan nilai error rate dengan mencoba beberapa nilai hidden neuron.

Pada uji coba ini, diberlakukan sistem poin untuk penghitungan akurasi. Di mana jika data yang terdeteksi diprediksi pada ruangan yang bersebelahan, maka akan dianggap benar atau valid. Implementasi dari sistem penilaian ini dilakukan dengan menggunakan adjacency matrix. Diharapkan dengan menggunakan sistem penilaian akurasi ini, maka tingkat akurasi dari model dapat meningkat daripada sebelumnya.

TABEL III
HASIL UJI COBA BERBAGAI JUMLAH NEURON

Tes	Hidden Neuron	Error Rate	Akurasi
1	50	128,00	68,49%
2	50	122,00	67,80%
3	50	132,00	65%
4	75	152,00	71%
5	75	132,00	71,23%
6	75	140,00	68,48%
7	100	122,00	69,86%
8	100	160,00	66,43%
9	77	136,00	69,86%
10	77	110,00	73,97%
11	77	152,00	73,28%
12	80	136,00	71,23%

Dari hasil training tersebut, diperoleh hasil akurasi maksimal terhadap umpan data training yang sebelumnya digunakan, sebesar 73,28%. Dari hasil tersebut, kembali dilakukan analisa terhadap data yang digunakan dengan cara membandingkan hasil awal dan hasil estimasi program. Dari analisa yang dilakukan pada hasil estimasi yang meleset.

Dalam perbandingan dengan metode klasifikasi yang lain, seperti Logistic Regression, Support Vector Machine, dan k-Nearest Neighbor, performa Neural Network berada jauh di atas Support Vector Machine dan Logistic Regression, namun masih berada sedikit di bawah k-Nearest Neighbor.

TABEL IV
HASIL PERBANDINGAN DENGAN METODE LAIN

Metode	Accuracy	Sensitivity	Specificity	AUC
NN	0.87	0.85	0.99	0.99
Log	0.64	0.57	1	0.99
SVM	0.43	0.14	1	0.99
kNN	0.98	1	1	1

VII. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang didapatkan antara lain:
1. Akurasi dari metode yang digunakan hanya mencapai 89%, sehingga akurasi yang disebutkan pada hipotesa (80%), telah tercapai. Hal ini dapat tercapai dengan pre-

processing pada data asli RSS yang diterima dengan pembulatan dalam kelipatan 10.

2. Semakin banyak jumlah perangkat yang digunakan pada tahap training, maka data akan semakin beragam dan memerlukan penyeragaman.

Dibandingkan dengan metode klasifikasi yang lainnya, performa metode neural network berada di bawah performa k-Nearest Neighbor. Meskipun demikian, perbedaan performa di antara keduanya tidak terlalu jauh, dibandingkan dengan performa yang diberikan oleh Support Vector Machine dan Logistic Regression.

PERAN PENULIS

Iwan Chandra: Analisis Formal, Investigasi, Administrasi Proyek, Sumber Daya, Perangkat Lunak, Validasi, Visualisasi, Penulisan Penyusunan Draf Asli, Penulisan Review & Penyuntingan.

COPYRIGHT



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Framework, "Accord.NET Framework." <http://accord-framework.net/>.
- [2] U. Ahmad, A. Gavrilov, S. Lee, and Y.-K. Lee, "Modular multilayer perceptron for WLAN based localization," in *The 2006 IEEE International Joint Conference on Neural Network Proceedings*, 2006, pp. 3465–3471.
- [3] A. Ghosh, N. R. Pal, and S. K. Pal, "Self-organization for object extraction using a multilayer neural network and fuzziness mearsures," 1993.
- [4] Ö. Ki\csi and E. Uncuo\uglu, "Comparison of three back-propagation training algorithms for two case studies," 2005.
- [5] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, "Survey of wireless indoor positioning techniques and systems," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part C (Applications Rev.*, vol. 37, no. 6, pp. 1067–1080, 2007.
- [6] J. Ma, X. Li, X. Tao, and J. Lu, "Cluster filtered KNN: A WLAN-based indoor positioning scheme," in *2008 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, 2008, pp. 1–8.
- [7] I. Poole, "Free space path loss: details, formula, calculator," *Adrio Commun. Ltd.* [Online]. Available <http://www.radio-electronics.com/info/propagation/path-loss/free-space-formula-equation.php>. [Accessed 14 March 2017], 2017.
- [8] M. Riedmiller and I. Rprop, "Rprop-description and implementation details," 1994.
- [9] U. of Ljubljana, "Orange Documentation," 2016. <http://orange.biolab.si/docs/>.
- [10] Y. Wang, X. Jia, H. K. Lee, and G. Y. Li, "An indoors wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure," in *6th Int. Symp. on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning \& Location Services*, 2003, vol. 54.

Lampu Lalulintas Adaptif untuk Simpangan Padat Menggunakan Simple Additive Weight

Andri Suhartono¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Andri Suhartono (e-mail: andrisuh@sts.edu).

ABSTRACT The queue of vehicles at an intersection will hinder the flow of other intersection. Traffic lights that regulate traffic order and smoothness can cause traffic jams because of the inaccurate distribution of duration of the green traffic light and the red duration of the traffic light for each lane. The problem about timing on each track can be solved with adaptive traffic lights, which can adjust the duration of the traffic lights based on several criteria, namely the type of vehicle, the length of the vehicle queue, the presence of emergency vehicle, the number of pedestrians, and the length of time the green light has been on in each track. The criteria used are determining the criteria used in simple additive weight (SAW) method to determine which direction the traffic lights must be green and how long the green traffic lights must be on. The selection of the SAW method is based on its ability to make the right decision based on predetermined criteria and has a fast and simple calculation process. In addition to using the SAW method, minimum duration requirement for a green traffic light for each lane is also used for the convenience of both pedestrians and drivers. With this method in the simulation of an intersection with various numbers and types of vehicles, the reduction in vehicle queues of 28% is obtained but increases the change in the turn of the green light by about 70% if the method is applied for an extended period.

KEYWORDS Adaptive Traffic Light, Intersection, Simple Additive Weight, Traffic Jam

ABSTRAK Antrean kendaraan pada suatu simpangan akan menghambat arus pada simpangan lainnya. Lampu lalulintas yang mengatur ketertiban dan kelancaran lalulintas dapat menyebabkan kemacetan lalulintas karena kurang tepatnya pembagian durasi lampu lalulintas menyala hijau dan durasi lampu lalulintas menyala merah untuk setiap lintasan. Masalah pengaturan durasi pada setiap lampu lalu lintas dapat diselesaikan dengan lampu lalulintas adaptif berdasarkan beberapa kriteria, yaitu jenis kendaraan, panjang antrean kendaraan, keberadaan kendaraan darurat, jumlah kendaraan, jumlah pejalan kaki, dan durasi lampu hijau telah menyala di setiap lintasan. Kriteria yang digunakan ini menjadi kriteria penentu yang digunakan dalam metode *simple additive weight* (SAW) untuk menentukan lampu lalulintas arah mana yang harus hijau dan seberapa lama lampu lalulintas hijau tersebut harus menyala. Pemilihan metode SAW tersebut didasarkan pada kemampuan metode tersebut dalam mengambil suatu keputusan yang tepat berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan dan memiliki proses perhitungan yang cepat serta sederhana. Selain menggunakan metode SAW, persyaratan durasi minimal lampu lalulintas menyala hijau untuk setiap lintasan juga digunakan untuk kenyamanan pengguna jalan, baik penyeberang jalan maupun pengendara kendaraan. Dengan metode ini dalam simulasi persimpangan dengan berbagai jumlah dan jenis kendaraan, diperoleh pengurangan antrean kendaraan sebesar 28% tetapi meningkatkan perubahan pergantian lampu hijau sebesar 70% jika metode ini diterapkan untuk jangka waktu yang lama.

KATA KUNCI Kemacetan, Lampu Lalulintas Adaptif, Persimpangan, Simple Additive Weight

I. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah yang cukup rumit di kota-kota besar [1]. Apalagi ditunjang dengan pertambahan kendaraan, pertambahan penduduk, meningkatnya ekonomi dan infrastruktur persimpangan. Salah satu langkah untuk mengurangi masalah ini adalah melakukan pengaturan lampu lalu lintas di persimpangan [2]. Dengan pengaturan lampu lalu lintas yang baik, diharapkan tidak terjadi antrean yang panjang di jalan khususnya di persimpangan, sehingga dapat menunjang kelancaran lalu lintas di area tersebut.

Pada umumnya, lampu lalu lintas diatur berdasarkan waktu yang tetap. Tetapi banyaknya kendaraan yang tiba pada suatu persimpangan jalan tidaklah sama, hal ini menyebabkan kemacetan pada persimpangan jalan tersebut. Untuk itu perlu pengendalian yang baik agar dapat mengurangi kemacetan yang ditimbulkan karena pengaturan lampu lalu lintas yang kurang baik.

Ada 3 komponen yang menentukan dalam pengaturan lalu lintas, yaitu manusia yaitu pengguna jalan, berbagai kendaraan yang ada di jalan dan infrastruktur jalan yang saling berinteraksi dalam pergerakan kendaraan [3]. Masalahnya adalah bagaimana melakukan pengaturan lampu lalu lintas yang efektif untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan sehingga tidak terjadi antrean yang panjang dan mengurangi waktu tunggu penyeberangan pejalan kaki pada suatu persimpangan yang padat lalu lintas.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan sistem lampu lalu lintas adaptif untuk mendukung pengambilan keputusan menggunakan metode *simple additive weight* (SAW) dalam penentuan durasi lampu lalu lintas hijau yang paling efisien bagi setiap arah di suatu simpang empat yang padat dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berperan dalam suatu persimpangan yaitu, jumlah kendaraan yang mengantre di setiap arah, lama lampu lalu lintas merah setiap arah, lama lampu lalu lintas hijau telah menyala, jenis kendaraan yang mengantre di setiap arah, jumlah penyeberang jalan yang menunggu, dan keberadaan kendaraan yang perlu diprioritaskan di setiap arah.

II. KAJIAN PUSTAKA

Salah satu penerapan SAW yang dapat ditemukan adalah untuk membangun sistem pengambilan keputusan saat diadakan pembagian bonus untuk karyawan [4]. Dalam penerapan ini digunakan 4 buah kriteria, yaitu masa kerja, jabatan, fungsi kerja dan hasil kerja. Masing-masing kriteria diberi bobot berdasarkan tingkat kepentingannya, kemudian membuat matriks keputusan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dan melakukan normalisasi matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atributnya. Dengan perhitungan menggunakan metode SAW ini didapat hasil perhitungan yang obyektif.

Algoritma tersebut dirancang agar fleksibel dan mudah beradaptasi pada setiap konfigurasi persimpangan [5]. Sistem yang dikembangkan juga dapat dikendalikan oleh operator.

Dalam hal ini operator bisa mengatur variabel dari pusat kendali dan menentukan kebutuhan masing-masing arah persimpangan. Pada penelitian ini digunakan sebuah *conflicts matrix*, yang menunjukkan semua kemungkinan konflik yang terjadi pada suatu persimpangan jalan tersebut. Yang perlu diperhatikan di sini adalah bagaimana mengatur lampu lalu lintas, tetapi masih harus juga diperhatikan hal-hal yang lain, seperti pengaruh pusat kendali, pengaturan pejalan kaki, jalur kendaraan khusus (bus, taksi). Setiap persimpangan jalan mempunyai sifat atau keadaan yang berbeda, sehingga parameter yang digunakan tidaklah selalu sama.

Secara umum, penelitian tentang lampu lalu lintas difokuskan pada penjadwalan yang sesuai dengan fungsinya, yaitu mengurangi kemacetan, mengutamakan kendaraan yang khusus (misal ambulans atau pemadam kebakaran) dan pengaturan jadwal sesuai dengan situasi dan kondisi pejalan kaki [6]. Satu faktor lagi yang mempengaruhi pengaturan jadwal lampu lalu lintas adalah jam sibuk, yaitu jam-jam dimana kendaraan di jalan sedang padat-padat. Misalnya jam berangkat sekolah/kantor dan jam pulang kantor, tengah malam. Hal ini perlu menjadi pertimbangan untuk pengaturan lama tunggu pada setiap persimpangan. Karena banyaknya aspek yang harus dipertimbangkan, maka perlu adanya suatu sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam sistem pengelolaan data, yang mampu meningkatkan pengendalian kemacetan dengan efektif.

Perhitungan dan pengaturan lampu lalu lintas adaptif perlu dilakukan pada saat lampu lalu lintas sedang beroperasi dan mengambil nilai-nilai dari keadaan saat itu juga untuk dilakukan perhitungan agar mendapatkan hasil yang nyata. Seperti pada penelitian yang menggunakan algoritma genetik untuk mengoptimasi pengendalian lampu lalu lintas [7]. Hasil yang didapatkan dalam percobaan pada jalan dengan tingkat kepadatan yang tinggi, sedang dan rendah adalah penurunan kemacetan sebesar 12,9% jika dibandingkan tanpa menggunakan sistem optimasi.

Penerapan suatu algoritma pada lampu lalu lintas adaptif dapat memiliki hasil yang berbeda-beda berdasarkan tingkat kepadatan jalur yang dijadikan objek pengamatan. Terdapat penelitian lampu lalu lintas adaptif yang difokuskan pada jalur perkotaan yang padat [2]. Metode yang digunakan adalah metode pemrograman dasar, yaitu pemrograman sekuensial namun ditambahkan dengan pembacaan keadaan sensor. Hasil dari penerapan metode tersebut adalah lalu lintas yang lebih lancar jika dibandingkan dengan lampu lalu lintas biasa tanpa menggunakan sensor.

Pada penelitian yang berjudul Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Estimasi Panjang Antrean Menggunakan Pengolahan Citra, penulis bertujuan mengatur lama lampu lalu lintas menyala berdasarkan panjang antrean pada persimpangan, dengan mengukur menggunakan kamera dan pengolahan citra digital yang kemudian dihitung dengan menggunakan logika *Fuzzy*, sehingga memperoleh hasil lama nyala lampu yang berubah-ubah sesuai dengan sebaran kepadatan antrean kendaraan [8]. Dari hasil penelitian ini

disebutkan bahwa hasil yang paling maksimal didapat pada siang hari atau pada saat cuaca cerah.

Sebelum menerapkan pada lalulintas yang sebenarnya, analisa dan perbaikan kualitas sistem dapat dilakukan menggunakan simulasi yang dapat menampilkan keadaan sebenarnya dari lalulintas yang dijadikan obyek penelitian. Simulasi dengan tujuan tersebut dapat dibangun dengan berbasis MATLAB [9]. Simulasi dapat dibangun semirip mungkin dengan keadaan yang ada di lapangan agar hasil yang diberikan oleh simulasi mendekati hasil di lapangan. Di samping pembuatan simulasi, metode optimasi pengaturan kemacetan juga dapat diterapkan pada simulasi tersebut yang nantinya dapat diterapkan pada sistem di lapangan.

Berbeda dengan penelitian yang berjudul Desain Pengatur Lampu Lalu Lintas Adaptif Dengan Kendali Logika *Fuzzy*, yang dilakukan Erwan, Oyas dan Selo. Metode yang dipakai juga dikendalikan menggunakan logika Fuzzy [10]. Penelitian ini menyebutkan bahwa metode Fuzzy digunakan untuk menentukan lamanya waktu nyala lampu hijau berdasarkan 3 *input*, yaitu jumlah antrean kendaraan, waktu tunggu dan prediksi kepadatan. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan hasil keputusan yang didapat dengan menggunakan beberapa metode *defuzzifikasi* pada fuzzy tipe Mamdani. Metode *defuzzifikasi* yang dibandingkan adalah metode *centroid*, *bisector*, *mean of maximum*, *largest of maximum* dan *smallest of maximum*. Dan hasil penelitian ini mengatakan bahwa metode *defuzzifikasi* yang memberikan hasil lebih baik adalah *centroid* dan *bisector*, karena perubahan keluaran yang dihasilkan cenderung lebih halus.

Evaluasi terhadap penerapan sistem lampu lalulintas adaptif telah dilakukan pada sistem nyata, salah satunya di Istanbul, Turki [11]. Sistem lalulintas adaptif yang dievaluasi adalah sistem yang menggunakan ATAK yang dikembangkan oleh ISBAK Inc., di Turki. Sistem tersebut menggunakan algoritma genetik dan algoritma fuzzy untuk mengoptimalkan kinerja sistem tersebut. Hasil penerapan sistem adaptif tersebut memberikan hasil yang cukup baik dengan meningkatkan kelancaran lalulintas sekitar 15% dari biasanya.

Simple Additive Weighting (SAW) merupakan suatu metode yang mendukung pengambilan keputusan dengan atribut lebih dari satu (*multiple attribute decision making*), yaitu dengan melakukan pembobotan pada semua kriteria dan alternatif, sehingga dapat menghasilkan nilai rujukan yang tepat. Konsep dasarnya adalah menjumlahkan bobot dari setiap alternatif pada semua atribut. Metode ini dipilih untuk penelitian tersebut karena masalah dalam penelitian ini melibatkan lebih dari satu kriteria, yaitu panjang antrean, jumlah dan jenis kendaraan, jumlah penyeberang, dan durasi lampu merah/hijau di suatu persimpangan. Diharapkan dengan menggunakan metode SAW ini, dapat mendukung pencapaian tujuan secara optimal, yaitu mengatur waktu tunggu berdasarkan jumlah kendaraan yang berada di sekitar suatu persimpangan jalan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode SAW untuk menentukan solusi berdasarkan kriteria yang digunakan. Solusi yang dimaksud adalah penentuan lampu lalulintas mana yang harus menyala hijau dan sampai kapan lampu lalulintas tersebut menyala hijau berdasarkan kriteria yang digunakan. Kriteria yang berperan dalam pengambilan keputusan adalah: panjang antrean kendaraan di setiap arah, jumlah dan jenis kendaraan di setiap arah, jumlah penyeberang jalan yang hendak menyeberang, durasi lampu lalulintas hijau dan lampu lalulintas merah yang sedang menyala, dan keberadaan kendaraan darurat yang perlu diutamakan seperti mobil ambulance, dan mobil pemadam kebakaran.

Panjang antrean di setiap arah menjadi kriteria pengambilan keputusan karena hal tersebut menjadi salah satu hal yang mendasari kemacetan dan keresahan pengguna jalan. Panjangnya antrean umumnya disebabkan oleh padatnya jumlah kendaraan yang melewati arah tersebut namun memiliki faktor henti yang besar, seperti sempitnya ruas jalan, adanya kecelakaan dan juga durasi lampu hijau yang terlalu singkat pada simpangan jalan. Maka semakin panjang antrean kendaraan pada suatu lajur, semakin besar pula kemungkinan lajur tersebut mendapatkan giliran lampu lalulintas hijau.

Beberapa jenis kendaraan yang umum ditemukan di jalan umum adalah sepeda motor, mobil, dan bus. Jumlah mobil, sepeda motor, dan bus setiap arah akan berbeda berdasarkan jenis distrik pada arah tersebut. Jika pada satu arah hanya terdapat antrean 4 buah bus, sedangkan arah lainnya hanya terdapat 8 buah sepeda motor, jika sistem hanya memperhatikan panjang antrean saja tentu akan memilih antrean bus untuk dijalankan terlebih dahulu, padahal jika dilihat, penumpukan kendaraan lebih banyak kendaraan terjadi pada arah yang hanya terdiri dari sepeda motor saja. Untuk itu diperlukan juga pengambilan keputusan berdasarkan jumlah dan jenis kendaraan pada setiap arah. Semakin banyak jumlah kendaraan pada suatu arah, maka akan semakin tinggi kemungkinan arah tersebut diberikan giliran lampu lalulintas hijau.

Semakin lama lampu lalulintas hijau pada suatu arah persimpangan maka akan semakin baik bagi pengendara dari arah tersebut, namun akan mengecewakan penyeberang jalan yang harus menunggu terlalu lama. Tentu penyeberang jalan harus mengalah demi kelancaran lalu lintas, namun waktu tunggu penyeberang jalan akan cukup lama jika lampu lalulintas yang dipasang adalah lampu lalulintas adaptif karena akan mendahulukan kendaraan. Pada sistem lampu lalulintas yang diusulkan tersebut mempertimbangkan banyaknya jumlah penyeberang jalan yang mengantre pada arah yang sedang berlampu lalulintas hijau. Semakin banyak antrean penyeberang pada lalulintas tersebut maka akan lebih besar kemungkinan lampu lalulintas pada arah tersebut dimatikan demi keadilan bagi penyeberang jalan.

Jika arah pada suatu lintasan terlalu padat dan arah lain terbilang sepi, maka lajur yang padat tersebut akan mendapatkan kesempatan menyala lebih lama. Semakin lama durasi lampu lalulintas menyala hijau pada suatu arah,

semakin lama pula waktu tunggu pengendara di arah lain. Hal ini mengakibatkan kurang nyamannya pengguna jalan pada arah yang lain. Selain itu, jika di salah satu arah adalah distrik yang sangat sepi yang sangat berbeda dengan tiga arah lain, maka ada kemungkinan lajur sepi tersebut tidak akan mendapatkan kesempatan menyala lampu lalu lintas hijau. Hal tersebut membuat pengendara dari arah tersebut harus menunggu tak berkesudahan, dan ini merupakan hal yang tidak benar. Oleh karena itu, lama durasi lampu lalu lintas hijau dan merah perlu diperhatikan dalam menentukan lampu lalu lintas yang menyala. Semakin lama lampu hijau menyala pada suatu arah, maka semakin besar kemungkinan lajur lain akan terpilih. Semakin lama lampu lalu lintas merah telah menyala pada suatu arah, maka semakin besar kemungkinan arah tersebut mendapatkan giliran menyala lampu lalu lintas hijau.

Beberapa kendaraan khusus yang harus diutamakan perlu mendapat perlakuan khusus demi keselamatan bersama. Tentu kendaraan dari arah yang mendapatkan giliran lampu lalu lintas hijau perlu mengalah jika kendaraan yang perlu diutamakan berasal dari arah yang berlampu lalu lintas merah, namun terkadang pengguna kendaraan kurang memahami aturan tersebut ataupun merasa khawatir akan mengganggu lalu lintas sehingga membiarkan kendaraan yang perlu didahulukan menjadi tetap menunggu. Untuk menghindari masalah ini, lampu lalu lintas adaptif juga perlu menghidupkan lampu lalu lintas yang dari arahnya terdapat kendaraan yang perlu didahulukan.

Kelima kriteria yang diperhatikan ini menjadi kriteria yang diperlukan dalam pengambilan keputusan menggunakan metode SAW. Berdasarkan metode yang digunakan, setiap kriteria yang terlibat dalam metode SAW perlu dinormalisasi terlebih dahulu agar semua kriteria memiliki kesamaan nilai dalam perhitungannya ke depan. Nilai normal dari panjang antrean, jumlah kendaraan, jumlah penyeberang, dan lamanya lampu lalu lintas hijau telah menyala dihitung dengan rumus:

$$r_i = \frac{x_i}{\max_i(x_i)} \quad (1)$$

Dimana:

r_i : Nilai normal kriteria pada arah i

x_i : Nilai kriteria pada arah i

Kriteria lamanya lampu lalu lintas hijau menyala dicari dengan cara yang sedikit berbeda. Rumus normalisasi harus dimodifikasi dikarenakan pada sistem lampu lalu lintas ini dalam satu waktu hanya terdapat satu arah yang menyala hijau, sehingga jika dihitung nilai normalnya menggunakan rumus yang seharusnya akan selalu mendapatkan nilai normal 1. Untuk itu, rumus normalisasi dimodifikasi menjadi:

$$r_i = \frac{x_i}{s} \quad (2)$$

Dimana:

s : Durasi maksimum lampu lalu lintas hijau

Dalam penelitian ini, durasi maksimum lampu lalu lintas hijau ditentukan sebesar 24 detik yang merupakan durasi yang berimbang untuk lintasan minor yang mengakibatkan kepatuhan penyeberang jalan dan mengurangi penumpukan kendaraan [12]. Kriteria jumlah mobil yang perlu diutamakan tidak dilakukan normalisasi. Hal tersebut mengakibatkan arah yang terdapat kendaraan yang perlu didahulukan akan langsung mendapat giliran menyalakan lampu hijau.

Setelah semua kriteria mendapatkan nilai normalnya, dilakukan pembobotan kriteria. Bobot kriteria yang digunakan tertulis pada Tabel 1. Bobot kriteria ini ditentukan berdasarkan prioritas kriteria dan hasil uji coba pembobotan kriteria dengan beragam kombinasi persentase. Jumlah kendaraan darurat mendapatkan bobot 100% dikarenakan kriteria tersebut adalah kriteria prioritas dimana dalam penerapannya, lampu lalu lintas arah tersebut harus menyala hijau untuk memberi jalan kepada kendaraan darurat. Kriteria selain jumlah kendaraan darurat memperoleh bobot sedemikian besarnya dikarenakan persentase tersebut merupakan kombinasi persentase kriteria terbaik yang berhasil diperoleh ketika simulasi uji coba dilakukan dengan memperhatikan rata-rata durasi lampu lalu lintas hijau menyala, jumlah giliran setiap arah mendapatkan giliran lampu lalu lintas hijau dalam satu periode tertentu, panjangnya antrean kendaraan, serta antrean penyeberang.

TABEL 1
PEMBOBOTAN KRITERIA

Keterangan Kriteria	Bobot
Panjang antrean	30%
Jumlah kendaraan	40%
Jumlah penyeberang	10%
Jumlah kendaraan darurat	100%
Durasi lampu lalu lintas hijau	20%

Nilai bobot yang telah ditentukan kemudian dikalikan dengan nilai hasil normalisasi setiap kriteria dan kemudian semua nilai kriteria dijumlah dengan:

$$V_i = \sum_{j=1}^4 w_j r_{ij} - w_5 r_{i5}$$

(3)

Dimana:

V_i : Nilai prioritas arah ke- i

w_j : Nilai bobot kriteria ke- j

r_{ij} : Nilai normal arah ke- i kriteria ke- j

Arah dengan nilai V tertinggi akan mendapatkan prioritas untuk menyala lampu lalu lintas hijau setelah lampu lalu lintas terakhir menyala merah. Namun, jika hanya berdasarkan pada nilai V , arus lalu lintas akan menjadi sedikit kacau. Ketika nilai V setiap arah hanya memiliki sedikit selisih nilai maka persimpangan tersebut hanya dapat melewati sedikit kendaraan dan akan membingungkan kendaraan yang antre di belakangnya yang belum siap untuk berhenti. Oleh karena itu dibutuhkan waktu minimal untuk setiap arah. Waktu minimal yang ditentukan adalah 12 detik, dimana durasi tersebut adalah

setengah dari durasi maksimum yang sebelumnya telah ditentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dibangun menggunakan simulasi yang dapat memunculkan tumpukan antrean dengan jumlah acak dan dengan kapasitas tertentu yang disesuaikan seperti keadaan di jalan raya yang tingkat kepadatan lalulintas sedang. Jenis kendaraan yang dapat dihadirkan adalah sepeda motor, mobil, Bus dan kendaraan yang perlu diutamakan. Keempat jenis kendaraan tersebut memiliki perbedaan dimensi dan persentase kehadiran per detik yang dituliskan pada Tabel 2.

TABEL 2
 DIMENSI DAN PERSENTASE KEHADIRAN KENDARAAN DALAM SIMULASI

Jenis Kendaraan	Dimensi Kendaraan Panjang x Lebar (m)	Persentase Kehadiran
Tanpa Kendaraan	0x0	56%
Sepeda Motor	1x2	20%
Mobil	2x5	15%
Bus	2x10	8%
Kendaraan Utama	2x5	1%

Dimensi kendaraan pada Tabel 2 ditentukan berdasarkan dimensi kendaraan yang umumnya melintasi jalan-jalan di Indonesia. Terdapat berbagai macam ukuran kendaraan untuk setiap jenis kendaraan, sehingga dilakukan perhitungan rata-rata dimensi dan pembulatan nilai dimensi untuk mewakili dimensi yang digunakan dalam simulasi.

Dimensi kendaraan mempengaruhi panjang antrean kendaraan pada suatu jalan, dimana jalan yang disimulasikan memiliki lebar 4 meter, sehingga pada satu baris dapat berisikan 4 buah sepeda motor atau 2 buah kendaraan yang lain karena lebar kendaraan lain adalah 2 kali lebar sepeda motor. Persentase kehadiran adalah kemungkinan kendaraan tersebut muncul setiap detiknya. Setiap kendaraan memiliki kemungkinan untuk hadir pada detik yang sama dengan jumlah yang berbeda-beda sehingga total kendaraan pada setiap arah dapat berbeda-beda.

Kemunculan penyeberang di setiap arah juga menggunakan persentase kehadiran sebesar, yaitu 25% setiap detiknya dengan jumlah orang yang dapat perseorangan atau

berkelompok dengan jumlah orang tidak lebih dari 4 orang. Jumlah tersebut diambil berdasarkan hasil pengamatan pada suatu lalulintas yang memiliki aktivitas pejalan kaki dengan jumlah sedang.

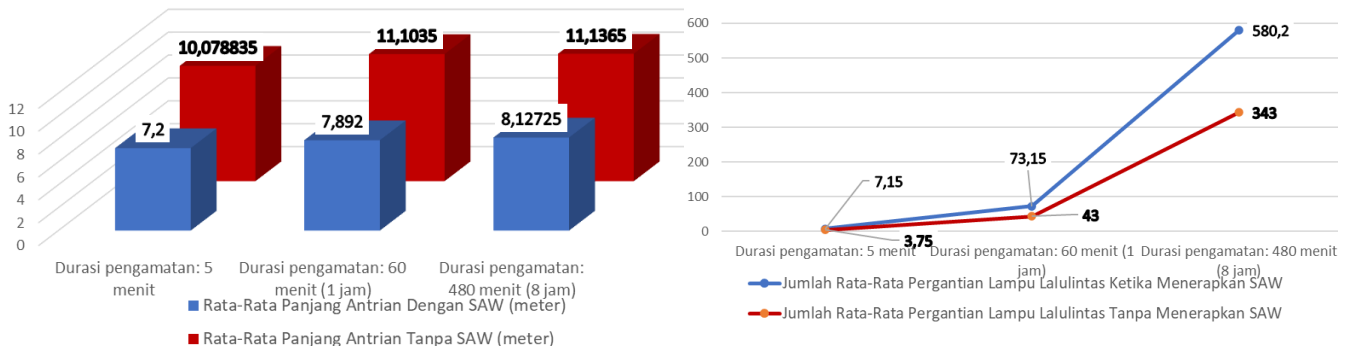
Percobaan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari penerapan SAW pada lampu lalulintas yang dibandingkan dengan lampu lalulintas tanpa menggunakan metode apa pun (reguler). Data yang didapatkan adalah jumlah kendaraan yang melintas dari setiap arah, panjang antrean rata-rata selama durasi perhitungan, panjang antrean maksimum selama durasi perhitungan, dan total perubahan lampu hijau selama durasi perhitungan. Terdapat 3 buah durasi perhitungan untuk melihat hasil dari SAW pada durasi singkat, menengah dan panjang. Penelitian dalam durasi pendek menggunakan waktu pengamatan selama 5 menit, penelitian dalam durasi menengah menggunakan waktu pengamatan selama 1 jam, dan penelitian dalam durasi panjang menggunakan waktu pengamatan selama 8 jam. Data hasil penelitian tercantum pada Tabel 3.

Data pada Tabel 3 merupakan pencatatan data penelitian lengkap yang telah dilakukan. Terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil ketika metode tersebut diterapkan dengan durasi yang berbeda. Pada durasi pendek, mayoritas rata-rata panjang antrean menjadi lebih pendek ketika menerapkan metode SAW, namun terdapat arah yang rata-rata panjang antreannya menjadi lebih panjang ketika menggunakan metode SAW. Pada durasi menengah dan durasi panjang, seluruh arah memiliki rata-rata panjang antrean yang lebih pendek ketika menerapkan metode SAW. Jumlah pergantian ke lampu hijau pada durasi yang pendek memiliki perbedaan yang cukup besar antara menggunakan metode SAW dan tidak menggunakan metode, namun pada durasi menengah dan panjang, persentase pertambahannya tidak sebesar ketika durasi pendek. Panjang antrean terpanjang pada durasi pendek ketika menerapkan metode SAW selalu lebih sedikit atau sama dengan ketika tidak menerapkan metode SAW, namun mayoritas pada durasi menengah dan panjang memiliki panjang antrean terpanjang yang lebih banyak daripada tanpa menerapkan metode SAW dengan selisih yang tergolong sedikit.

Tabel 3 Tabel Hasil Penelitian

Tes	Keterangan	Arah I			Arah II			Arah III			Arah IV		
		Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih
Durasi pengamatan: 5 menit													
1	Jumlah kendaraan yang melintas	363			249			224			289		
	Rata-rata panjang antrian	13,48	10,67	2,81 (20,8%)	10,47	7,42	3,05 (29,1%)	7,5167	4,18	3,34 (44,4%)	10,14	12,37	-2,23 (-22%)
	Panjang antrian terpanjang	35	30	5 (14,3%)	35	25	10 (28,6%)	22	14	8 (36,4%)	32	32	0 (0%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	4	10	-6 (-150%)	4	9	-5 (-125%)	4	9	-5 (-125%)	3	6	-3 (-100%)
2	Jumlah kendaraan yang melintas	275			297			289			310		
	Rata-rata panjang antrian	9,74	6,35	3,39 (34,8%)	10,92	6,18	4,74 (43,4%)	9,69	6,57	3,12 (32,2%)	9,49	5,74	3,75 (39,5%)
	Panjang antrian terpanjang	29	20	9 (31%)	30	19	11 (36,7%)	22	23	-1 (-4,5%)	27	17	10 (37%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	4	9	-5 (-125%)	4	8	-4 (-100%)	4	7	-3 (-75%)	3	6	-3 (-100%)
3	Jumlah kendaraan yang melintas	319			330			284			273		
	Rata-rata panjang antrian	11,41	7,96	3,45 (30,2%)	12,35	7,89	4,46 (36,1%)	9,74	7,4	2,34 (24%)	9,1	6,05	3,05 (33,5%)
	Panjang antrian terpanjang	29	23	6 (20,7%)	31	24	7 (22,6%)	29	24	5 (17,2%)	23	20	3 (13%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	4	8	-4 (-100%)	4	6	-2 (-50%)	4	6	-2 (-50%)	3	7	-4 (-133,3%)

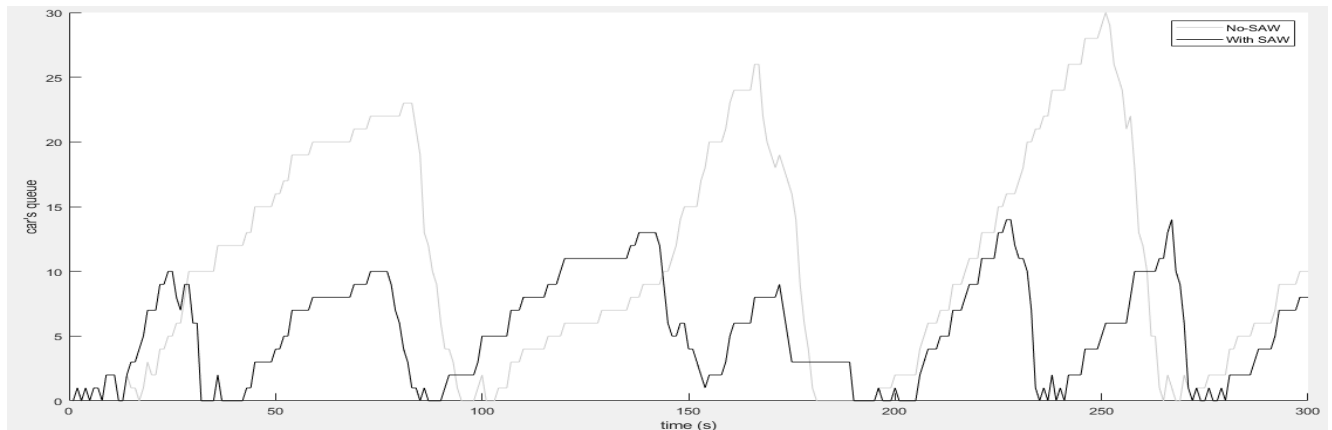
Tes	Keterangan	Arah I			Arah II			Arah III			Arah IV		
		Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih	Reg	SAW	Selisih
4	Jumlah kendaraan yang melintas	311			300			245			265		
	Rata-rata panjang antrian	11,63	10,74	0,89 (7,7%)	10,19	5,45	4,74 (46,5%)	8,41	6,01	2,4 (28,5%)	9,08	6,9	2,18 (24%)
	Panjang antrian terpanjang	38	33	5 (13,2%)	26	18	8 (30,8%)	22	16	6 (27,3%)	26	20	6 (23,1%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	4	7	-3 (-75%)	4	7	-3 (-75%)	4	7	-3 (-75%)	3	6	-3 (-100%)
5	Jumlah kendaraan yang melintas	281			305			318			274		
	Rata-rata panjang antrian	8,93	5,69	3,24 (36,3%)	9,6	7,11	2,49 (25,9%)	10,82	5,95	4,87 (45%)	8,87	7,37	1,5 (16,9%)
	Panjang antrian terpanjang	29	14	15 (51,7%)	31	20	11 (35,5%)	30	22	8 (26,7%)	29	23	6 (20,7%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	4	8	-4 (-100%)	4	6	-2 (-50%)	4	6	-2 (-50%)	3	5	-2 (-66,7%)
Durasi pengamatan: 60 menit (1 jam)													
1	Jumlah kendaraan yang melintas	3572			3536			3791			3491		
	Rata-rata panjang antrian	11,43	7,43	4 (35%)	10,76	7,37	3,39 (31,5%)	11,6	8,2	3,4 (29,3%)	10,59	7,76	2,83 (26,7%)
	Panjang antrian terpanjang	37	27	10 (27%)	38	24	14 (36,8%)	34	30	4 (11,8%)	31	27	4 (12,9%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	43	79	-36 (-83,7%)	43	75	-32 (-74,4%)	43	68	-25 (-58,1%)	43	71	-28 (-65,1%)
2	Jumlah kendaraan yang melintas	3543			3660			3756			3728		
	Rata-rata panjang antrian	11,13	7,22	3,91 (35,1%)	11,85	8,67	3,18 (26,8%)	11,08	7,96	3,12 (28,2%)	11,13	8,71	2,42 (21,7%)
	Panjang antrian terpanjang	34	33	1 (2,9%)	37	34	3 (8,1%)	36	33	3 (8,3%)	33	38	-5 (-15,2%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	43	75	-32 (-74,4%)	43	73	-30 (-69,8%)	43	73	-30 (-69,8%)	43	75	-32 (-74,4%)
3	Jumlah kendaraan yang melintas	3694			3686			3559			3358		
	Rata-rata panjang antrian	11,51	7,52	3,99 (34,7%)	10,75	8,07	2,68 (24,9%)	11,09	8,06	3,03 (27,3%)	10,2	7,39	2,81 (27,5%)
	Panjang antrian terpanjang	36	39	-3 (-8,3%)	36	34	2 (5,6%)	36	35	1 (2,8%)	36	29	7 (19,4%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	43	75	-32 (-74,4%)	43	72	-29 (-67,4%)	43	68	-25 (-58,1%)	43	71	-28 (-65,1%)
4	Jumlah kendaraan yang melintas	3571			3780			3519			3757		
	Rata-rata panjang antrian	11,3	8,03	3,27 (28,9%)	11,11	8,35	2,76 (24,8%)	10,37	7,08	3,29 (31,7%)	11,49	7,93	3,56 (31%)
	Panjang antrian terpanjang	37	35	2 (5,4%)	36	33	3 (8,3%)	31	24	7 (22,6%)	33	48	-15 (-45,5%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	43	81	-38 (-88,4%)	43	69	-26 (-60,5%)	43	73	-30 (-69,8%)	43	76	-33 (-76,7%)
5	Jumlah kendaraan yang melintas	3627			3362			3482			3609		
	Rata-rata panjang antrian	11,34	8,47	2,87 (25,3%)	11,19	8,83	2,36 (21,1%)	10,58	7,12	3,46 (32,7%)	11,57	7,67	3,9 (33,7%)
	Panjang antrian terpanjang	31	32	-1 (-3,2%)	33	39	-6 (-18,2%)	34	37	-3 (-8,8%)	40	31	9 (22,5%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	43	69	-26 (-60,5%)	43	68	-25 (-58,1%)	43	77	-34 (-79,1%)	43	75	-32 (-74,4%)
Durasi pengamatan: 480 menit (8 jam)													
1	Jumlah kendaraan yang melintas	29234			28841			28508			28758		
	Rata-rata panjang antrian	11,32	8,18	3,14 (27,7%)	11,18	8,52	2,66 (23,8%)	11,07	7,79	3,28 (29,6%)	11,28	8,19	3,09 (27,4%)
	Panjang antrian terpanjang	38	42	-4 (-10,5%)	43	43	0 (0%)	41	42	-1 (-2,4%)	42	51	-9 (-21,4%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	343	574	-231 (-67,3%)	343	564	-221 (-64,4%)	343	578	-235 (-68,5%)	343	577	-234 (-68,2%)
2	Jumlah kendaraan yang melintas	28931			28640			29175			28383		
	Rata-rata panjang antrian	11,28	8,23	3,05 (27%)	11,15	7,89	3,26 (29,2%)	11,2	8,135	3,065 (27,4%)	10,8	8,04	2,76 (25,6%)
	Panjang antrian terpanjang	40	41	-1 (-2,5%)	41	45	-4 (-9,8%)	39	36	3 (7,7%)	40	39	1 (2,5%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	343	578	-235 (-68,5%)	343	603	-260 (-75,8%)	343	588	-245 (-71,4%)	343	585	-242 (-70,6%)
3	Jumlah kendaraan yang melintas	28570			28383			28446			28556		
	Rata-rata panjang antrian	11,08	7,9	3,18 (28,7%)	10,89	8,1	2,79 (25,6%)	10,95	8,14	2,81 (25,7%)	11,15	7,95	3,2 (28,7%)
	Panjang antrian terpanjang	42	42	0 (0%)	40	45	-5 (-12,5%)	39	42	-3 (-7,7%)	37	39	-2 (-5,4%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	343	587	-244 (-71,1%)	343	574	-231 (-67,3%)	343	579	-236 (-68,8%)	343	590	-247 (-72%)
4	Jumlah kendaraan yang melintas	28669			28880			29071			29030		
	Rata-rata panjang antrian	11,06	8,15	2,91 (26,3%)	11,07	8,14	2,93 (26,5%)	11,42	8,25	3,17 (27,8%)	11,17	8,2	2,97 (26,6%)
	Panjang antrian terpanjang	38	39	-1 (-2,6%)	36	37	-1 (-2,8%)	41	46	-5 (-12,2%)	38	43	-5 (-13,2%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	343	580	-237 (-69,1%)	343	579	-236 (-68,8%)	343	570	-227 (-66,2%)	343	584	-241 (-70,3%)
5	Jumlah kendaraan yang melintas	28653			29017			28977			28808		
	Rata-rata panjang antrian	11,05	8,06	2,99 (27,1%)	11,24	8,49	2,75 (24,5%)	11,16	8,07	3,09 (27,7%)	11,21	8,12	3,09 (27,6%)
	Panjang antrian terpanjang	38	43	-5 (-13,2%)	40	40	0 (0%)	40	44	-4 (-10%)	36	42	-6 (-16,7%)
	Jumlah pergantian ke lampu hijau	343	587	-244 (-71,1%)	343	566	-223 (-65%)	343	583	-240 (-70%)	343	578	-235 (-68,5%)



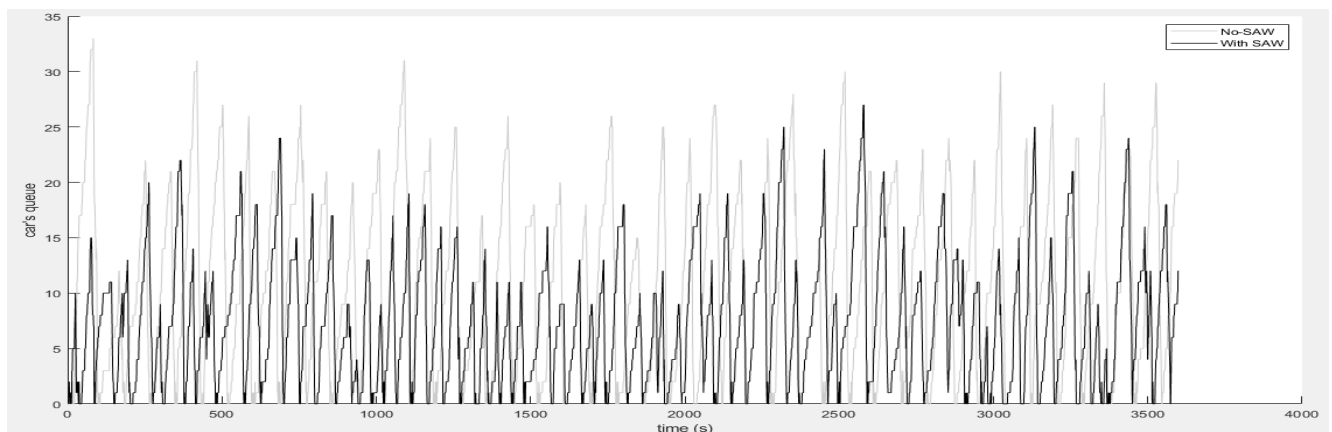
GAMBAR 1. Perbandingan rata-rata panjang antrian di setiap simpangan dan perbandingan jumlah rata-rata pergantian lampu lalulintas

Data pada Tabel 3 dapat dihitung nilai rata-rata dari panjang antrean dan jumlah pergantian lampu lalu lintas untuk setiap periode durasi dengan menerapkan SAW dan tanpa menerapkan SAW. Seperti yang telah disajikan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa penerapan SAW untuk lampu lalu lintas adaptif tersebut berhasil memperpendek

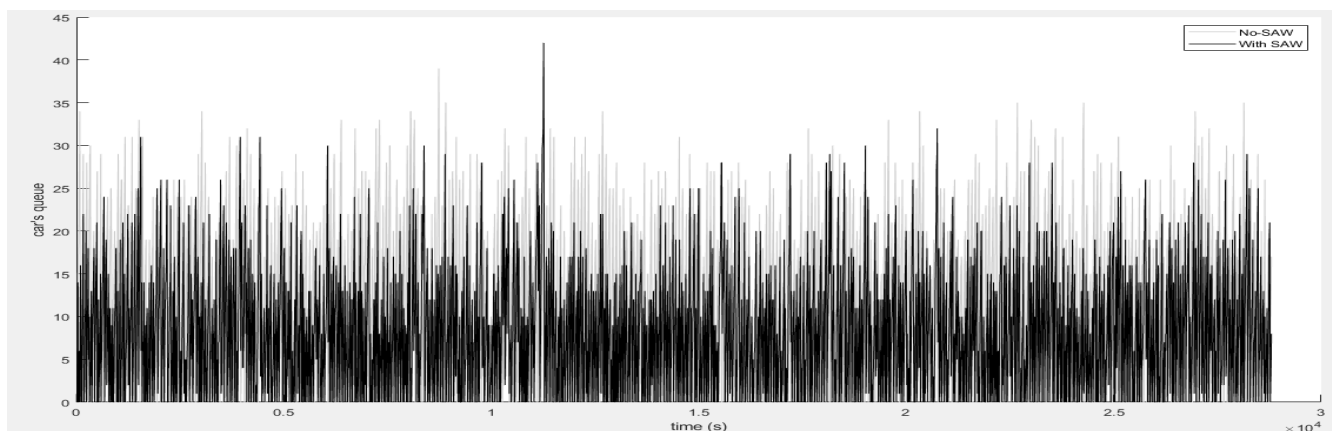
antrean sekitar 28% namun diimbangi dengan peningkatan jumlah pergantian lampu lalu lintas yang cukup signifikan terutama pada durasi pendek yaitu sekitar 90%, namun untuk durasi menengah dan panjang turun menjadi sekitar 70%.



GAMBAR 2. Pengamatan dengan durasi pendek (5 menit)



GAMBAR 3. Pengamatan dengan durasi sedang (1 jam)



GAMBAR 4. Pengamatan dengan durasi panjang (8 jam)

Selain berdasarkan data di Tabel 3 dan juga nilai rata-rata pada Gambar 1, perlu dilakukan peninjauan terhadap keadaan yang terjadi pada lalulintas. Keadaan pada lalulintas dapat dilihat dari grafik pada Gambar 2 hingga Gambar 4. Grafik tersebut membandingkan setiap arah yang menerapkan SAW dengan grafik yang tidak menerapkan SAW pada durasi pendek, menengah dan panjang. Sumbu horizontal grafik tersebut merupakan garis waktu dalam satuan detik, sedangkan sumbu vertikal merupakan panjang antrean kendaraan dalam satuan meter. Dari grafik dapat terlihat bahwa dalam durasi pendek, antrean kendaraan terpanjang lebih pendek setelah menerapkan SAW, serta pergantian lampu lalulintas semakin cepat yang dapat dilihat dari naik-turun jumlah antrean kendaraan. Berdasarkan grafik dengan durasi menengah, dapat di lihat bahwa beberapa gelombang pada sistem yang menerapkan SAW sebelum menyentuh dasar grafik atau jumlah antrean kendaraan 0 grafik kembali bergerak ke atas, dimana hal ini menjelaskan bahwa giliran lampu lalulintas hijau akan berpindah walaupun antrean kendaraan di arah tersebut belum habis. Dari grafik dengan durasi panjang terlihat bahwa lintasan yang menerapkan SAW memiliki rata-rata antrean kendaraannya yang lebih rendah daripada ketika tidak menerapkan SAW. Walaupun jumlah antrean kendaraan terpanjang dimiliki oleh lintasi yang menerapkan SAW, jumlah antrean yang banyak itu hanya terjadi hanya satu kali.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba, lampu lalulintas adaptif telah berhasil dibangun menggunakan metode SAW, yaitu lampu lalulintas yang dapat mengubah nyala lampu merah-hijau berdasarkan kondisi di lapangan dengan memperhatikan panjang antrean, jumlah dan jenis kendaraan, jumlah penyeberang jalan, keberadaan kendaraan darurat, dan lamanya lampu hijau yang sedang menyala. Metode SAW yang diterapkan pada lampu lalulintas dapat membantu penurunan jumlah tumpukan antrean pada persimpangan dengan rata-rata penurunan antrean sekitar 28% yang berarti lalulintas pada persimpangan tersebut menjadi lebih lancar. Di samping manfaat yang baik untuk lalulintas, terdapat sedikit masalah untuk pengguna jalan dikarenakan urutan arah yang mendapat lampu hijau jadi tidak menentu dan meningkatnya jumlah perpindahan giliran lampu hijau lalulintas dimana penambahan yang terjadi sebanyak 91% jika dihitung pada durasi yang singkat (5 menit), sekitar 70% jika dihitung pada durasi yang panjang.

PERAN PENULIS

Andri Suhartono: Berkontribusi pada seluruh proses pembuatan metode, pengumpulan data, uji coba, dan penulisan manuskrip penelitian ini.

COPYRIGHT



This work is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Wiering, J. van Veenen, J. Vreeken, and A. Koopman, "Intelligent traffic light control." Utrecht University: Information and Computing Sciences, 2004.
- [2] S. K. Subramaniam, M. Esro, and F. L. Aw, "Self-algorithm traffic light controllers for heavily congested urban route," *WSEAS Trans. Circuits Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 115–124, 2012.
- [3] F. Baker, "The technology that could end traffic jams," 2018. <https://www.bbc.com/future/article/20181212-can-artificial-intelligence-end-traffic-jams>.
- [4] M. A. Dewi, "Penggunaan Simple Additive Weighting Dalam Pengembangan Sistem Penunjang Keputusan Penentuan Bonus Karyawan," *Ultim. InfoSys J. Ilmu Sist. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–50, 2018.
- [5] S. Faye, C. Chaudet, and I. Demeure, "A distributed algorithm for adaptive traffic lights control," in *2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2012, pp. 1572–1577.
- [6] A. S. Arifin, F. Y. Zulkifli, and others, "Recent development of smart traffic lights," *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 10, no. 1, p. 224, 2021.
- [7] J. Lee, B. Abdulhai, A. Shalaby, and E.-H. Chung, "Real-time optimization for adaptive traffic signal control using genetic algorithms," *J. Intell. Transp. Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 111–122, 2005.
- [8] A. Adzikirani, R. A. Asmara, D. K. P. A. Kusbianto, and others, "Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Estimasi Panjang Antrian Menggunakan Pengolahan Citra," *J. Inform. Polinema*, vol. 3, no. 3, p. 20, 2017.
- [9] F. Wang, C. Ye, Y. Zhang, and Y. Li, "Simulation analysis and improvement of the vehicle queuing system on intersections based on MATLAB," *Open Cybern. & Syst. J.*, vol. 8, no. 1, 2014.
- [10] E. E. Prasetyo, O. Wahyunggoro, and S. Sulistyono, "Desain Pengatur Lampu Lalu Lintas Adaptif dengan Kendali Logika Fuzzy," *SEMNASSTEKNOMEDIA ONLINE*, vol. 3, no. 1, pp. 3–7, 2015.
- [11] F. Gündoğlan, Z. Karagoz, N. Kocyigit, A. Karadag, H. Ceylan, and Y. Sazi Murat, "An evaluation of adaptive traffic control system in istanbul, turkey," *J. Traffic Logist. Eng. Vol.*, vol. 2, no. 3, 2014.
- [12] N. A. o. C. T. Officials, "Urban Street Design Guide," National Association of City Transportation Officials." <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/intersection-design-elements/traffic-signals/signal-cycle-lengths/>.

PERANCANGAN MULTIPLAYER SERIOUS GAME PENGOLAHAN TANAH MENGUNAKAN BAJAK SINGKAL

Michael Lee¹, Anang Kukuh Adisusilo¹, and Noven Indra Prasetya¹

¹Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Michael Lee (e-mail: lee.michael.1357123@gmail.com).

ABSTRACT One of the popular and effective learning methods to achieve learning objectives is learning by using games. Serious game is a game concept with the aim of training, advertising, simulation and education. Serious games with educational themes are games that contain knowledge and experience that can be conveyed to users and can be applied in the real world. Usually, single player serious games will become boring so that players feel bored and not eager to do a learning activity. Therefore it is necessary to apply multiplayer into serious games. Serious games that can be played by many players (multiplayer) will provide a competitive or cooperative playing experience and are more fun besides being able to eliminate boredom compared to when played alone or against AI (Artificial Intelligence). This study uses the theme of tillage using the singkal plow as a benchmark for implementing multiplayer serious games in order to simulate the optimal plowing method in a field with the risk of failure and repeatable success. Tillage must take into account the purpose of using the tractor to make it more effective and efficient to reduce turning time because when it is lifted the tool does not work but still consumes fuel. The purpose of tillage with a tractor is to create a physical soil condition suitable for plant growth by using a plow. The expected result of this research is to increase the enthusiasm for learning and user knowledge on the efficiency of using the singkal plow in the real world through multiplayer-based serious games.

KEYWORDS Multiplayer, Serious Game, Simulation, Singkal Plow.

ABSTRACT Salah satu metode pembelajaran yang populer dan efektif untuk mencapai tujuan pembelajaran adalah pembelajaran dengan menggunakan game. Serious game adalah suatu konsep game dengan tujuan untuk kepentingan training, advertising, simulasi dan edukasi. Serious game dengan tema edukasi merupakan game yang mengandung pengetahuan dan pengalaman yang dapat disampaikan kepada penggunaannya dan dapat diterapkan di dunia nyata. Biasanya serious game yang bersifat single player akan menjadi membosankan sehingga timbulnya rasa jenuh dan tidak bersemangat untuk melakukan suatu aktivitas belajar. Oleh karena itu perlu adanya penerapan multiplayer ke dalam serious game. Serious game yang dapat dimainkan oleh banyak pemain (multiplayer) tentunya akan memberikan pengalaman bermain yang bersifat kompetitif atau kooperatif dan lebih menyenangkan selain itu dapat menghilangkan rasa jenuh daripada ketika dimainkan sendiri atau melawan AI (Artificial Intelligence). Pada penelitian ini menggunakan tema pengolahan tanah menggunakan bajak singkal sebagai patokan implementasi multiplayer serious game agar dapat mensimulasikan cara pembajakan yang optimal pada sebuah sawah dengan resiko kegagalan dan keberhasilan yang dapat diulang. Kegiatan pengolahan tanah memiliki hubungan erat dengan waktu yang hilang karena pengangkatan selama proses pengolahan tanah. Pengolahan tanah harus memperhitungkan tujuan penggunaan traktor agar lebih efektif dan efisien untuk mengurangi waktu berbelok karena pada waktu diangkat maka alat itu tidak bekerja tetapi tetap menghabiskan bahan bakar. Tujuan pengolahan tanah dengan traktor adalah untuk membuat keadaan tanah yang gembur agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan peralatan bajak. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah meningkatnya semangat belajar dan pengetahuan pengguna terhadap efisiensi penggunaan bajak singkal di dunia nyata melalui serious game yang berbasis multiplayer

KEYWORDS Bajak Singkal, Multiplayer, Serious Game, Simulasi.

I. PENDAHULUAN

Salah satu metode pembelajaran yang populer dan efektif untuk mencapai tujuan pembelajaran adalah pembelajaran yang menggunakan *serious game*. *Serious game* merupakan salah satu metode yang efektif dalam proses pembelajaran. Keunggulan dari *serious game* di dalam pembelajaran adalah *serious game* memberikan situasi yang terstruktur yang serupa dengan situasi kehidupan yang sebenarnya. Selain itu pengalaman belajar di dalam *serious game* mengandung unsur-unsur yang menyenangkan, serta risiko kegagalan atau keberhasilan yang dapat dipelajari secara berulang kali.[1]

Serious game adalah suatu konsep *game* dengan tujuan untuk kepentingan training, simulasi dan edukasi. *Serious game* dengan tema edukasi merupakan *game* yang di dalamnya mengandung pengetahuan dan pengalaman yang dapat disampaikan kepada peggunganya.[2] Selain itu pengetahuan dan pengalaman yang didapatkan melalui *serious game* dapat diterapkan di dunia nyata.[3] Biasanya *serious game* yang bersifat *single player* akan menjadi membosankan sehingga timbulnya rasa jenuh dan tidak bersemangat untuk melakukan suatu aktivitas belajar.[4] Oleh karena itu perlu adanya penerapan *multiplayer* ke dalam *serious game* agar memberikan pengalaman bermain yang bersifat kompetitif atau kooperatif dan lebih menyenangkan selain itu dapat menghilangkan rasa jenuh daripada ketika dimainkan sendiri.

Dengan majunya perkembangan teknologi dalam *game*, saat ini *game* dapat dimainkan oleh banyak pemain pada waktu yang sama dan dari tempat yang berbeda. *Game* yang dapat dimainkan oleh banyak pemain atau bersifat *multiplayer*, tentunya akan memberikan pengalaman bermain yang bersifat kompetitif atau kooperatif dan lebih menyenangkan selain itu dapat menghilangkan rasa jenuh daripada ketika dimainkan sendiri atau melawan AI (*Artificial Intelligence*), selain itu pemain juga dapat belajar dari pemain lainnya dalam menyelesaikan *game* karena setiap pemain memiliki cara mereka masing-masing dalam menyelesaikan suatu hal.[5] Pada penelitian ini menggunakan tema pengolahan tanah menggunakan bajak singkal sebagai patokan implementasi *multiplayer serious game* agar dapat mensimulasikan cara pembajakan yang optimal pada sebuah sawah dengan resiko kegagalan dan keberhasilan yang dapat diulang karena masih banyak orang yang tidak mengetahui cara untuk mengoptimalkan pembajakan tanah dengan menggunakan bahan bakar yang minimal.

Kegiatan pengolahan tanah memiliki hubungan erat dengan waktu yang hilang karena pengangkatan selama proses pengolahan tanah. Pengolahan tanah harus

memperhitungkan tujuan penggunaan traktor agar lebih efektif dan efisien. Metode pengolahan tanah harus dipilih dengan tujuan untuk mengurangi pengangkatan alat ketika berbelok karena pada waktu diangkat alat itu tidak bekerja tetapi tetap menghabiskan bahan bakar.[6]

Tujuan pengolahan tanah dengan traktor adalah untuk membuat keadaan tanah yang gembur agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan peralatan bajak. Pengolahan tanah pertama adalah tahap pengolahan tanah dengan cara menghilangkan tanaman pengganggu, pada tahap ini tanah akan dipotong, dilonggarkan dan dibalik dan biasanya menggunakan alat bajak singkal untuk menciptakan tanah yang gembur untuk persiapan penanaman.[7]

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Serious Game

Serious game merupakan metode pendekatan pembelajaran menggunakan permainan yang dirancang untuk membantu proses belajar mengajar menggunakan *game-based learning*. *Game-based Learning* merupakan salah satu cara untuk membuat pembelajaran lebih efektif dan dapat meningkatkan daya serap dari pembelajaran tersebut menggunakan *game*. *Serious game* adalah suatu konsep *game* dengan tujuan untuk kepentingan training, advertising, simulasi dan edukasi. Atau dengan kata lain untuk kepentingan yang sifatnya non-entertainment. *Serious game* dapat diterapkan kepada berbagai tingkatan usia serta dengan berbagai genre dan teknologi *game*. [2]

B. Multiplayer

Multiplayer adalah *game* yang dapat dimainkan oleh banyak pemain (*multiplayer*) tentunya akan memberikan pengalaman bermain yang bersifat kompetitif atau kooperasi dan lebih menyenangkan daripada ketika dimainkan sendiri atau melawan AI (*Artificial Intelligence*).[5]

C. Bajak Singkal

Bajak singkal merupakan alat pengolah tanah yang dihubungkan dengan traktor yang berfungsi dalam pengolahan tanah untuk memotong dan membalikkan tanah, dimana sudut vertical bajak singkal akan menentukan kedalaman pembajakan.[8]

D. Unity

Unity merupakan *game engine* yang dikembangkan oleh Unity Technologies. Unity mencakup *game engine* dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang dapat memudahkan developer dalam membuat *game*. Unity juga menyediakan tutorial dalam pembuatan *game* dengan berbagai macam genre. Unity dapat digunakan untuk membuat *game* untuk *platform web, desktop*, berbagai

macam konsol, dan juga perangkat *mobile*. Fitur – fitur yang ditawarkan oleh Unity diantaranya *lighting, In-built Rendering, Scripting, Asset Tracking, Asset Store, dan Physics*. [9]

E. Blender

Aplikasi Blender merupakan aplikasi yang biasanya digunakan untuk membuat animasi atau model dalam bentuk 2 dimenasi maupun 3 dimensi. Pembuatan animasi atau model dapat dijadikan asset untuk pembuatan game. Dalam pembuatan animasi atau model memerlukan imajinasi dan kreativitas agar sesuai dengan animasi atau game yang akan dibuat dan harus saling mendukung sesingga yang dihasilkan dapat lebih menarik serta mampu menyampikan informasi yang ingin disampaikan kepada publik. Animasi atau model 2 dimenasi dan 3 dimenasi memiliki perbedaan hasil yang signifikan baik dari segi model, gerakan dan video atau game yang dihasilkan. [10]

F. Photon

Photon merupakan sebuah server yang disediakan oleh *Photon Engine* yang terhubung dengan *Unity Engine*. *Photon Networking* menyediakan fitur *multiplayer* kepada game yang dibuat menggunakan *unity*. Mendukung untuk membuat games real-time maupun *turn-based*. PUN akan selalu terkoneksi dengan dedicated server pada *Photon Cloud*. *Photon* menyediakan API yang dapat terhubung dengan *software development* yang dapat meringankan *developer* dalam pembuatan game multiplayer. Selain itu *photon* juga menyediakan fitur *rooms, matchmaking, dan juga komunikasi di dalam room*. [12]

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara studi pustaka tentang penelitian yang berkaitan dan mendukung topik ini, yaitu bajak singkal, multiplayer dan serious game. Metode yang digunakan dalam Perancangan Multiplayer Serious Game Pengolahan Tanah Menggunakan Bajak Singkal, yaitu :



GAMBAR 1. Alur Penelitian

A. Desain Game

Dalam penelitian Perancangan *game*, terdapat beberapa tahap. Tahap dasar pembuatan *game* adalah menentukan konsep dari *game* yang akan dibuat. Berikut ini adalah konsep dari *game Multiplayer Serious Game Pengolahan Tanah Menggunakan Bajak Singkal*

1) Konsep Game

Game “Multiplayer Serious Game Pengolahan Tanah Menggunakan Bajak Singkal” ini adalah *game* yang memiliki konsep tentang simulasi membajak di sebuah sawah yang berukuran 4 meter² menggunakan traktor yang telah digabung dengan alat bajak singkal. Kecepatan, kedalaman dan konsumsi bahan bakar merupakan parameter yang akan menentukan seberapa efisien pemain bisa membajak sawah tersebut dengan menggunakan bahan bakar yang minimal, dalam *game* ini pemain dapat bermain bersama orang lain (*Multiplayer*) yang membuat serious game ini bersifat kompetitif atau kooperatif dan lebih menyenangkan selain itu dapat menghilangkan rasa jenuh daripada ketika dimainkan sendiri atau melawan AI (*Artificial Intelligence*), *game* ini di beri nama “Simulasi Bajak Singkal” karena tujuan dari *game* ini adalah mensimulasikan cara membajak sawah sebanyak 80% dengan bajak singkal menggunakan bahan bakar yang minimal.

Game ini dinilai melalui seberapa efisien penggunaan bahan bakar dalam membajak 80% sawah. Kedalaman dan kecepatan sangat berpengaruh kepada konsumsi bahan bakar, semakin dalam kedalaman tanah yang dibajak atau semakin cepat kecepatan traktor maka akan semakin tinggi juga konsumsi bahan bakar tersebut. Pemain dapat membandingkan tingkat konsumsi bahan bakar ketika kedua *player* telah membajak sebanyak 80% sawah yang telah disediakan.

2) Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk penelitian. Tahap ini meliputi pengumpulan data dari referensi, laporan penelitian, dan situs internet yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi

B. Analisa Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisa informasi dan data yang diperoleh dari data dan referensi sebelumnya dan menggunakan metode regresi linear berganda untuk mendapatkan data yang dibutuhkan untuk di implementasikan kedalam *serious game* sebagai media pembelajaran bajak singkal.

TABEL I.
HASIL ANALISA RERATA KONSUMSI BAHAN BAKAR (L/Jam)[7]

Kedalam	0,5	Kecepatan 1	(m/s) 1,5	Rerata
10 cm	1,055	1,162	1,180	1.132a
20cm	2,112	2.166	2.251	2.176b
30 cm	2,532	2,790	3.026	2,782b
Rerata	1.9a	2.039b	2.152b	

Menggunakan data dari tabel 3.1, mengubah satuan kecepatan menjadi cm/s dan dibagi dengan 3600 untuk mengubah satuan jam menjadi detik agar memberikan feedback yang konstan kepada player kemudian dilakukan regresi linear berganda untuk mendapatkan data yang akan diimplementasikan ke dalam *serious game*. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada rumus berikut

x1=Kedalaman

x2=Kecepatan

y=Konsumsi Bahan Bakar

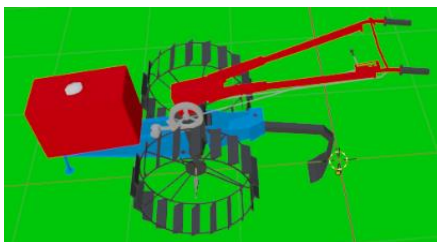
$$y = 0.000022921(x1) + 0.00000701(x2) + 0.000035401 \quad (1)$$

C. Perancangan Desain Objek

Perancangan desain adalah tahap pembuatan desain sistem yang akan dirancang mulai dari perancangan asset karakter dan ruang lingkup menggunakan blender dan UI menggunakan aplikasi photoshop yang kemudian akan diimplementasikan ke dalam unity atau *game engine* yang akan berfungsi sebagai sarana interaksi antara *player* dan *game*.

1) Perancangan Karakter

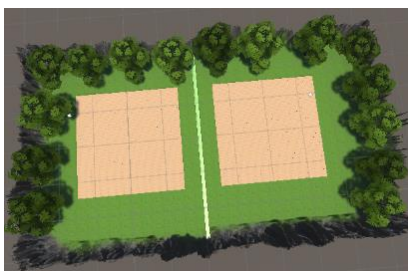
Pada tahap ini mulai memuat sebuah karakter 3D menggunakan blender yaitu sebuah traktor dengan alat bajak singkal yang akan digunakan sebagai *player*. Model traktor dapat dilihat seperti pada gambar 2



GAMBAR 2. Desain Player

2) Perancangan Ruang Lingkup

Pada tahap ini mulai merancang ruang lingkup 3D menggunakan blender seperti konsep game yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sawah yang memiliki lahan berukuran 4 meter² kepada kedua player untuk dibajak. Ruang lingkup yang akan diimplementasikan dapat dilihat pada gambar 3



GAMBAR 3. Desain Ruang Lingkup

3) Perancangan UI

Perancangan UI bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam mengimplementasikan perangkat lunak yang akan dibangun. UI ini juga berfungsi sebagai sarana interaksi antara *player* dan *game*. Perancangan UI dilakukan dengan mengatur letak menu dan tombol yang ada dalam sistem sehingga dapat dimengerti oleh pengguna. Terdapat 3 tampilan utama yang dirancang, yaitu tampilan awal, tampilan loading, dan tampilan lobby

Tampilan awal merupakan tampilan yang akan muncul secara otomatis ketika memulai program tersebut. Tampilan ini terdapat 2 tombol yang dapat dipilih oleh pengguna yaitu Mulai dan Tutorial. Perancangan UI tampilan awal dapat dilihat pada gambar 4.



GAMBAR 4. Desain Tampilan Awal

Tampilan loading merupakan tampilan yang akan muncul ketika menekan tombol mulai pada tampilan awal dan berfungsi sebagai feedback ketika menghubungkan antara game dengan server.



GAMBAR 5. Desain Tampilan Loading

Tampilan lobby merupakan tampilan yang akan muncul ketika game telah terhubung dengan server. Pada tampilan ini terdapat 2 inputfield dan 2 tombol, pengguna dapat membuat room dengan cara memasukkan nama room yang akan dibuat pada inputfield di atas kemudian menekan tombol buat atau pengguna juga dapat bergabung dengan room yang ada dengan cara memasukkan nama room yang ingin digabung pada inputfield di bawah kemudian menekan tombol gabung.



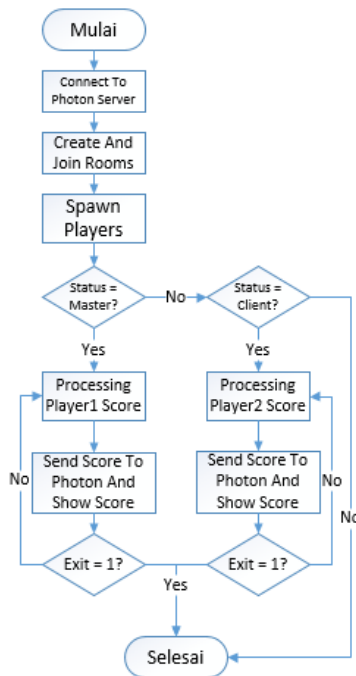
GAMBAR 6. Desain Tampilan Lobby

4) Implementasi Game

Implementasi Game adalah proses pembuatan aplikasi yang sesuai dengan desain game yang telah ditentukan. Pada tahap ini mulai mengimplementasikan kodingan dengan desain karakter dan UI yang telah dibuat untuk membuat sebuah serious game yang dapat berinteraksi dengan user.

Untuk mendeskripsikan alur proses program pada permainan dapat dilihat pada Gambar 7:

1. Game akan melakukan koneksi ke Photon Server.
2. Setelah terkoneksi ke Photon Server, Player dapat memilih untuk membuat atau bergabung dengan room.
3. Ketika bergabung, program akan memunculkan player berdasarkan status.
4. Kemudian score yang ada pada setiap player akan dikirimkan ke photon server untuk di update dan ditampilkan kepada semua player agar mendapatkan feedback secara realtime sampai player tersebut keluar dari game.



GAMBAR 7. Alur Proses Program

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian *serious game* didapatkan melalui penyebaran kuesioner kepada 30 responden mahasiswa UWKS yang telah mengisi kuisisioner game “Simulasi Bajak Singkal”. Dari kuisisioner tersebut diberikan nilai untuk memudahkan perhitungan hasil analisisnya, yaitu:

- Nilai 1 untuk tanggapan sangat kurang
- Nilai 2 untuk tanggapan kurang.
- Nilai 3 untuk tanggapan cukup.
- Nilai 4 untuk tanggapan bagus.
- Nilai 5 untuk tanggapan sangat bagus.

Berikut adalah daftar pertanyaan dan jumlah kuisisioner dari responden mahasiswa UWKS yang telah memberikan jawaban masing-masing pertanyaan dan rata-rata nilainya seperti pada Tabel II.

TABEL II.
HASIL KUISISIONER KINERJA GAME

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5	Rata-Rata
1	Apakah <i>serious game</i> ini menambah pengetahuan anda mengenai cara mengoptimalkan kinerja bajak singkal?	1	6	12	11		4.1
2	Apakah desain UI game ini menarik?		4	5	21		4.56
3	Apakah fitur multiplayer membuat game ini menjadi menyenangkan?		3	9	18		4.5
4	Bagaimana tampilan visual pada game ini?		8	4	18		4.3
5	Bagaimana kinerja game ini terhadap laptop / komputer anda?	1	2	8	7	12	3.6

Dari kuisisioner yang telah diberikan kepada responden mahasiswa UWKS, maka *serious game* yang telah di buat dapat diambil hasil analisisnya. Hasil analisis yang didapatkan melalui kuesioner adalah sebagai berikut:

1. Menambah Pengetahuan pengguna
Data yang didapatkan dari responden mengenai tingkat menambah pengetahuan responden melalui *serious game* mendapatkan rata-rata 4.1. Dari hasil yang didapat, dapat dikatakan bahwa aplikasi *game* ini cukup berguna dalam menambah pengetahuan pengguna.
2. Tampilan Desain UI
Data yang didapatkan dari responden mengenai desain UI pada aplikasi mendapatkan rata-rata 4.56. Dari hasil yang didapat, dapat dikatakan bahwa desain UI pada *game* ini dapat dipahami oleh pengguna.
3. Fitur *Multiplayer*
Data yang didapatkan dari responden mengenai fitur multiplayer pada *game* mendapatkan rata-rata 4.5. Dari hasil yang didapat, dapat dikatakan bahwa fitur multiplayer pada aplikasi *game* ini dapat membuat *serious game* menjadi lebih menyenangkan.
4. Tingkat Kepuasan Terhadap Tampilan Visual
Data yang didapatkan dari responden mengenai tingkat kepuasan terhadap tampilan visual mendapatkan rata-rata 4.3. Dari hasil yang didapat, dapat dikatakan bahwa tampilan visual pada *game* tergolong bagus.
5. Kinerja *Game* Terhadap Laptop / Komputer
Data yang didapatkan dari responden mengenai kinerja *game* terhadap laptop/ komputer pengguna mendapatkan rata-rata 3.6. Dari hasil yang didapat, dapat dikatakan bahwa kinerja aplikasi *game* ini cukup bagus, tetapi belum memuaskan.

V. KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian, penulis mendapatkan dua kesimpulan dari penelitian ini, yaitu:

1. Dalam pembuatan serious game “Simulasi Bajak Singkal” ini dapat membantu proses pembelajaran secara virtual mengenai cara mengoptimalkan pembajakan sawah dengan penggunaan bahan bakar yang minimal.

2. Dengan mengimplementasikan multiplayer kedalam serious game, serious game dapat menjadi lebih kompetitif dan menyenangkan. Selain itu pemain dapat belajar dari pemain lainnya dalam menyelesaikan game karena setiap pemain memiliki cara mereka masing-masing dalam menyelesaikan suatu hal.

PERAN PENULIS

Semua penulis memiliki kontribusi yang sama dan seimbang dalam riset, penyusunan metodologi, pengembangan perangkat lunak, penyelenggaraan uji coba, dan penulisan manuskrip.

COPYRIGHT



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in *Plastics*, 2nd ed., vol. 3, J. Peters, E d . New Y o r k , NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [2] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA, USA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [3] J. U. Duncombe, “Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, no. 1, pp. 34–39, Jan. 1959, 10.1109/TED.2016.2628402.
- [4] E. H. Miller, “A note on reflector arrays,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, to be published.
- [5] J. S. Turner, “New directions in communications,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 13, no. 1, pp. 11-23, Jan. 1995.
- [6] W. P. Risk, G. S. Kino, and H. J. Shaw, “Fiber-optic frequency shifter using a surface acoustic wave incident at an oblique angle,” *Opt. Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 115–117, Feb. 1986.
- [7] P. Kopyt *et al.*, “Electric properties of graphene-based conductive layers from DC up to terahertz range,” *IEEE THz Sci. Technol.*, to be published. DOI: 10.1109/TTHZ.2016.2544142.
- [8] PROCESS Corporation, Boston, MA, USA. Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity.

Aplikasi Informasi Penjualan Barang dengan Algoritma Apriori

Wildan Muhammad Aminuddin¹, Ghulam Asrofi Buntoro¹, Fauzan Masykur¹

¹Departemen Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia

Corresponding author: Ghulam Asrofi Buntoro (e-mail: ghulam@umpo.ac.id).

ABSTRACT Currently, many companies are engaged in retail, especially minimarket franchises, where there were only supermarkets that provided complete consumer needs. However, with the development of the era, almost every urban roadside or crowded center, there are minimarket companies that can make it easier for consumers to shop for necessities without having to go all the way to supermarkets which are only available in a few places. Sales, where the data is underutilized and processed only as an archive of income and expenditure books (ledger), can also be used to optimize the stock of goods and as planning for sales promotion activities—optimizing inventory and designing promotional activities. The formulation of the problem is as follows. The author designs data mining as a functional association determinant for inventory reference and promotional activities recommendations using an apriori web-based algorithm at Bintang Swalayan Slahung. The ultimate goal of this research is to determine association data or what is commonly called a combination that is useful as a reference for optimizing inventory and recommending promotional activities at Bintang Supermarket Slahung using the a priori algorithm.

KEYWORDS Apriori Algorithm, Application, Association, Bintang Swalayan Slahung, Inventory Stock

ABSTRAK Saat ini banyak perusahaan yang bergerak di bidang ritel yang berkembang pesat khususnya minimarket waralaba, yang di mana sebelumnya hanya ada supermarket yang menyediakan kelengkapan kebutuhan konsumen. Namun dengan berkembangnya jaman hampir di setiap pinggir jalan perkotaan atau pusat keramaian terdapat perusahaan minimarket yang dapat memudahkan konsumen untuk berbelanja kebutuhan, tanpa harus jauh-jauh ke supermarket yang hanya terdapat di beberapa tempat saja. penjualan yang di mana data tersebut kurang di manfaatkan dan diolah hanya sebagai arsip buku pemasukan dan pengeluaran (buku besar), namun dapat juga di manfaatkan sebagai pengoptimalan stok barang dan juga sebagai perencanaan kegiatan promosi penjualan, Dengan memanfaatkan data transaksi pembeli tersebut dapat menjadi acuan untuk mengoptimalkan persediaan stok barang dan merancang kegiatan promosi, adapun perumusan masalahnya adalah sebagai berikut, penulis melakukan rancang bangun data mining yang berfungsi sebagai penentu asosiasi yang berguna untuk, acuan persediaan stok barang dan rekomendasi kegiatan promosi yang menggunakan algoritma apriori berbasis web dibintang swalayan slahung. Tujuan akhir dari penelitian ini yaitu menentukan data asosiasi atau yang biasa di sebut kombinasi yang berguna sebagai acuan pengoptimalan persediaan stok barang dan rekomendasi kegiatan promosi di bintang swalayan slahung menggunakan algoritma apriori.

KATA KUNCI Aplikasi, Bintang Swalayan Slahung, Algoritma Apriori, Asosiasi, Persediaan Stok Barang

I. PENDAHULUAN

Semakin banyak perusahaan yang bergerak di bidang ritel yang berkembang pesat khususnya minimarket waralaba, yang di mana sebelumnya hanya ada supermarket yang menyediakan kelengkapan kebutuhan konsumen. Namun dengan berkembangnya jaman hampir di setiap pinggir jalan perkotaan atau pusat keramaian terdapat perusahaan minimarket yang dapat memudahkan

konsumen untuk berbelanja kebutuhan, tanpa harus jauh-jauh ke supermarket yang hanya terdapat di beberapa tempat saja [1].

Di setiap hari minimarket terdapat aktivitas konsumen yang datang untuk berbelanja, sehingga semua minimarket memiliki data transaksi penjualan yang di mana data tersebut kurang di manfaatkan dan diolah hanya sebagai arsip buku pemasukan dan pengeluaran (buku besar) [2],

namun dapat juga di manfaatkan sebagai pengoptimalan stok barang dan juga sebagai perencanaan kegiatan promosi penjualan [3].

Dengan memanfaatkan data transaksi pembeli tersebut dapat menjadi acuan untuk mengoptimalkan persediaan stok barang di minimarket agar dapat menyeimbangkan produk yang paling banyak peminatnya dan yang tidak banyak peminat, sehingga semakin sedikit mungkin produk yang kadaluarsa. Cara yang dapat dilakukan adalah membuat data *mining* sebagai informasi penjualan menggunakan algoritma apriori [4] yang dapat diharapkan mampu memecahkan permasalahan tersebut

II. METODE PENELITIAN

A. Study Literature

Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan data penjualan dari pihak terkait, langkah kedua yang dilakukan yaitu analisa kebutuhan di dalam sistem ini hanya terdapat admin sebagai pemilik atau manager yang merupakan pelaku utama, langkah ketiga melakukan perancangan sistem yang dibutuhkan, dengan memberikan alur flowchart serta membuat desain antar muka yang akan di coding oleh pemerogram. Berikutnya dalam tahap pengujian, jika sistem berjalan dengan baik maka akan mendapatkan hasil yang akurat, ketika sistem belum mendapatkan hasil yang akurat maka akan melakukan perbaikan pada tahap perancangan sistem [5] sampai berjalan dengan baik maka akan di tetapkan sebagai studi kasus. Tahap terakhir yaitu membuat laporan akhir setelah tahapan diselesaikan sehingga dapat membuat kesimpulan dengan rinci rancang bangun implementasi algoritma apriori untuk aplikasi informasi penjualan berbasis web dibintang swalayan slahung.

B. Analisa Kebutuhan

Setelah data penjualan terkumpul maka masuk ke tahap analisa kebutuhan yang dimana pada tahap ini, diharapkan aplikasi dapat mengolah data penjualan, menyeksi data penjualan yang akan ditetapkan sebagai data mining, hasil dari data mining digunakan sebagai data informasi jumlah penjualan, pengoptimal stok barang [6], dan rekomendasi kegiatan promosi

C. Perancangan Sistem

Setelah analisa kebutuhan sudah di mendapatkan hasil maka langkah selanjutnya adalah perancangan sistem, yang di mana dalam fase ini menyiapkan desain sistem yang sesuai dengan analisa kebutuhan [7]. Metode yang digunakan sebagai landasan atau pedoman, dalam mengerjakan penelitian ini menggunakan *Rapid Application Development (RAD)*.

D. Rapid Application Development

Tahap pertama perencanaan merupakan fase identifikasi tujuan, syarat dan kebutuhan sistem untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi [8]. Setelah

penulis mengumpulkan kebutuhan dan data untuk mengidentifikasi tujuan syarat dari kebutuhan sistem yang akan dibuat atau sistem usulan. Tahap kedua merupakan fase untuk merancang dan memperbaiki perancangan sesuai yang digambarkan pada workshop desain RAD. Tahap ketiga dan yang terakhir merupakan implementasi.

E. Perancangan Kebutuhan

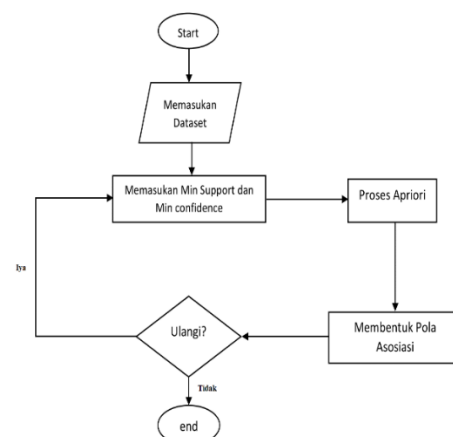
Tahapan yang diambil dari analisa kebutuhan yang di rancang dengan harapan yang dimana aplikasi tersebut mampu memiliki kemampuan sebagai berikut:

- 1) Input
Aplikasi mampu melakukan pengambilan data transaksi yang berbentuk file excel yang di upload ke database
- 2) Proses
Aplikasi mampu memproses data, yang dimana data tersebut digunakan sebagai proses yang akan terjadi di data mining dengan menggunakan metode apriori, sehingga menghasilkan aturan asosiasi
- 3) Output
Aplikasi mampu menampilkan hasil data pada proses apriori, dari seleksi akan terbentuknya pola asosiasi sehingga dapat memberikan informasi sebagai acuan barang apa saja untuk kegiatan promosi dan sebagai acuan pengoptimalan stok barang [9].

F. Desain Sistem

Tahap ini merupakan tahap merancang desain sistem, dengan mengidentifikasi solusi, dalam memilih solusi terbaik untuk data yang sudah terkumpul dan ditampilkan dalam arsitektur sistem informasi yaitu

G. Flowchart Perancangan

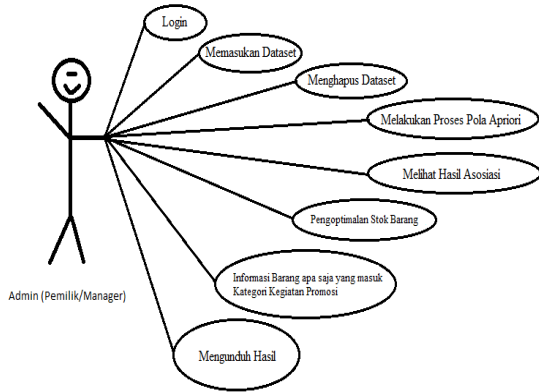


Gambar 1. Flowchart Perancangan

Penjelasan alur sebuah proses dari perancangan yang dibuat melalui langkah awal start kemudian user mengupload dataset transaksi melalui menu import data

berbentuk excel, kemudian user dapat menentukan nilai dari minimal nilai support dan minimal nilai confidence. Langkah selanjutnya melakukan program akan melakukan perhitungan. Setelah selesai perhitungan maka akan terbentuklah suatu aturan asosiasi yang sesuai

H. Use Case Diagram



Gambar 2. Use Case Diagram

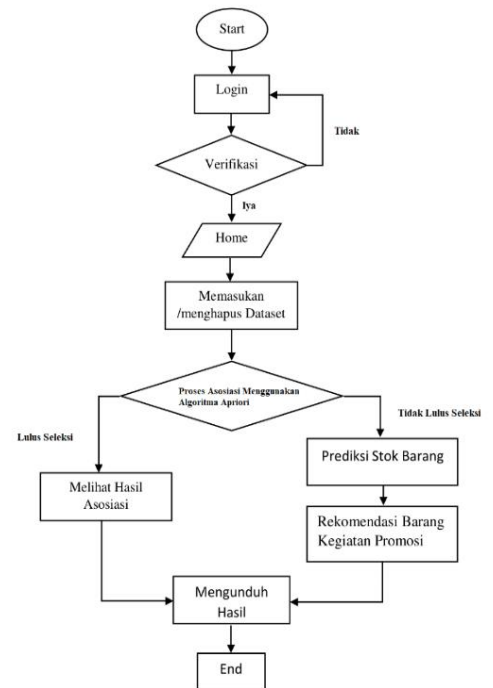
Penjelasan Pada gambar 2 sebagai berikut:

- **Login**
Proses untuk masuk ke dalam halaman web yang berisi nama dan password admin.
- **Memasukan Dataset**
Dimana proses admin dapat memasukan atau menambah data penjualan kedalam penyimpanan dataset.
- **Menghapus Dataset**
Dimana proses admin dapat menghapus dataset yang tersimpan di dalam dataset.
- **Melakukan Proses Pola Apriori**
Dimana proses pembentukan dari asosiasi dengan cara memasukan nilai minimum support [10], minimum confidence dan memilih dataset kemudian mulai memprosesnya.
- **Melihat Hasil Asosiasi.**
Dimana hasil dari proses dapat melihat hasil aturan asosiasi yang terbentuk.
- **Pengoptimal Stok Barang**
Dari terbentuknya pola asosiasi maka admin akan mendapatkan informasi penjualan sehingga dapat mengoptimalkan stok barang.
- **Informasi Barang Apa Saja Untuk Kategori Kegiatan Promosi**

Dari terbentuknya pola asosiasi maka admin juga akan mendapatkan informasi barang yang masuk ke dalam kategori kegiatan promosi.

- **Mengunduh Hasil**
Dapat mengunduh data hasil dari proses asosiasi yang terdapat dalam daftar dataset

I. Flowchart Sistem



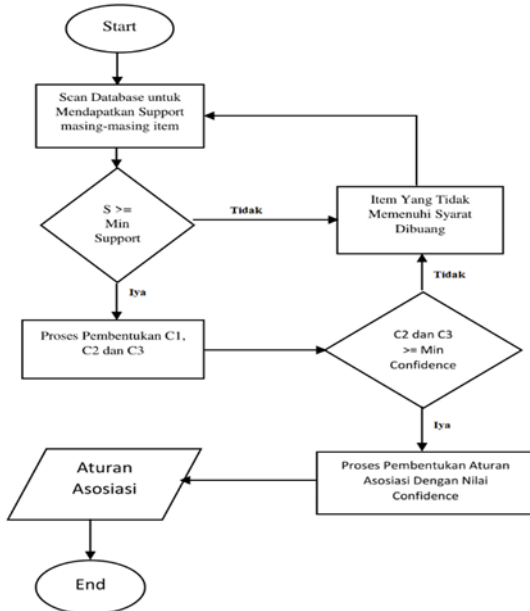
Gambar 3. Flowchart Sistem

Berikut penjelasan dari flowchart sistem, diawali dengan log in admin kemudian proses verifikasi jika berhasil terverifikasi dapat melanjutkan ke menu beranda home, jika tidak maka akan kembali ke menu log in, menu beranda ada beberapa pilihan menu. Pertama menu memasukan/menghapus dataset kedalam database agar dapat melakukan proses asosiasi, dalam proses asosiasi akan menghasilkan dua output yaitu lulus seleksi dan tidak lulus seleksi, yang dimana jika output yang dihasilkan lulus seleksi maka akan terbentuknya pola aturan asosiasi, dan output yang dihasilkan oleh tidak lulus seleksi yaitu prediksi stok dan rekomendasi barang kegiatan promosi, menu mengunduh hasil merupakan pengunduhan file hasil dari aturan asosiasi

J. Flowchart Algoritma Apriori

Penjelasan tentang sebuah alur proses algoritma apriori dalam pembentukan sistem yang sedang dibangun. berawal dari start kemudian membaca database yang berisi data transaksi penjualan yang bertujuan untuk mendapatkan nilai dari support setiap item, berikutnya seleksi item yang telah memenuhi syarat lebih atau sama

dengan Minimal Support. Jika tidak terdapat memenuhi syarat maka item tidak akan digunakan dalam iterasi berikutnya. Kemudian proses selanjutnya membentuk C1, C2, C3 dan seterusnya sama dengan hasil seleksi pada tahap sebelumnya. Setelah dilakukan iterasi dilanjutkan dengan pembentukan suatu aturan asosiasi dengan nilai confidence yang telah di tentukan.



Gambar 4. Flowchart Algoritma Apriori

K. Pengujian Sistem

Pada pengujian fungsi sistem menggunakan black box dilakukan agar mengetahui bagaimana respon dari sistem yang telah dibuat apakah sesuai dengan yang diharapkan, mengetahui respon dari setiap menu yang ada pada sistem sehingga kekurangan dan kelemahan sistem yang telah diketahui dapat dilakukan perbaikan

L. Sistem Berjalan

Saat pengujian sistem berjalan sesuai dengan yang di harapkan dan tidak ada kesalahan atau masalah, maka akan di lanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu implementasi. Jika mengalami kendala ata masalah maka akan masuk ke tahap perbaikan sistem

M. Perbaikan Sistem

Yaitu ketika sistem mengalami kendala sehingga tidak dapat berjalan seperti yang diharapkan maka peneliti akan melakukan perbaikan sistem sampai sistem dapat berjalan dan menghasilkan output seperti yang di harapkan

N. Implementasi

Tahap paling terakhir yang dilakukan dalam metode *Rapid Application Development (RAD)*, yaitu penerapan aplikasi ketika sistem tersebut dapat berjalan dengan baik

serta tanpa adanya masalah dan sudah memenuhi keinginan peneliti. Maka dapat di lanjutkan ke tahap laporan yang akan di sampaikan di bab lima nanti.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Algoritma Apriori

Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap output sistem dengan metode algoritma apriori, sistem bekerja dengan sesuai tanpa kesalahan, pengujian dilakukan dengan metode blackbox seperti dibawah

B. Perhitungan Algoritma Apriori

Berikut merupakan pengujian sistem yang dilakukan menggunakan perhitungan manual data yang diambil merupakan penjualan selama 1 bulan terakhir, dan hanya menggunakan 13 jenis barang saja, digambarkan seperti di bawah ini :

TABEL I
DATA PENJUALAN

No	Tanggal	No. Transaksi	Produk
1	2021-01-01	012021-KASIR1-PJX-00001	Minyak goreng bimoli,Beras,Top kopi,Telur 1kg,Mie sedap,Sabun harmony,Sosis
2	2021-01-02	012021-KASIR1-PJX-00002	Susu indomilk,Mie sedap,Snak potato,Beras,Sosis
3	2021-01-03	012021-KASIR1-PJX-00003	Sosis,Susu indomilk,Mie sedap,Top kopi,Sari roti,Surya 16
4	2021-01-04	012021-KASIR1-PJX-00004	Beras,Telur 1kg,Minyak goreng bimoli,Gula 1kg,Teh sariwangi,Top kopi,Mie sedap,Sosis
5	2021-01-05	012021-KASIR1-PJX-00005	Gula 1kg,Teh sariwangi,Top kopi,Snak potato,Sari roti,Sosis,Mie sedap
6	2021-01-06	012021-KASIR1-PJX-00006	Surya 16,Susu indomilk,Sosis,Mie sedap,Top kopi,beras,Gula 1kg
7	2021-01-07	012021-KASIR1-PJX-00007	Beras,Telur 1kg,Minyak goreng bimoli,Mie sedap,Sari roti,sosis
8	2021-01-08	012021-KASIR1-PJX-00008	Sari roti,Surya 16,Beras,Top kopi,Sosis,Sabun harmony,Mie sedap
9	2021-01-09	012021-KASIR1-PJX-00009	Mie sedap,Surya 16,Susu indomilk,Sabun harmony,Gula 1kg,Top kopi
10	2021-01-10	012021-KASIR1-PJX-00010	Sari roti,Mie sedap,Teh sariwangi,Gula 1kg,Top kopi,Minyak goreng bimoli
11	2021-01-11	012021-KASIR1-PJX-00011	Snak potato,Teh Sariwangi,Mie sedap,Gula 1kg,Minyak goreng bimoli,Surya 16,Sari roti,Sosis,Top kopi

12	2021-01-12	012021-KASIR1-PJX-00012	Teh Sariwangi, Mie sedap, Gula 1kg, Surya 16, Sari roti, Sosis, Top kopi, Sabun harmony, Susu indomilk
13	2021-01-13	012021-KASIR1-PJX-00013	Mie sedap, Gula 1kg, Minyak goreng bimoli, Surya 16, Sari roti, Sosis, Top kopi, Sabun harmony, Susu indomilk, Beras
15	2021-01-15	012021-KASIR1-PJX-00015	Mie sedap, Surya 16, Susu indomilk, Sosis, Top kopi, Sabun harmony
16	2021-01-16	012021-KASIR1-PJX-00016	Sari roti, Surya 16, Beras, Top kopi, Sosis, Sabun harmony, Gula 1kg, Teh sariwangi, Snak potato
17	2021-01-17	012021-KASIR1-PJX-00017	Teh Sariwangi, Mie sedap, Gula 1kg, Minyak goreng bimoli, Surya 16, Sari roti, Sosis, Top kopi, Sabun harmony, Susu indomilk
18	2021-01-18	012021-KASIR1-PJX-00018	Beras, Telur 1kg, Minyak goreng bimoli, Gula 1kg, Teh sariwangi, Surya 16, Top kopi, Sosis, Sabun harmony, Mie sedap, Sari roti
19	2021-01-19	012021-KASIR1-PJX-00019	Gula 1kg, Teh sariwangi, Top kopi, Snak potato, Sari roti, Beras, Mie sedap, Susu indomilk
20	2021-01-20	012021-KASIR1-PJX-00020	Beras, Top kopi, Sosis, Sabun harmony, Gula 1kg, Teh sariwangi, Mie sedap
21	2021-01-21	012021-KASIR1-PJX-00021	Susu indomilk, Mie sedap, Top kopi, Sari roti, Surya 16, Sosis
22	2021-01-22	012021-KASIR1-PJX-00022	Mie sedap, Teh sariwangi, Gula 1kg, Top kopi, Minyak goreng bimoli
23	2021-01-23	012021-KASIR1-PJX-00023	Mie sedap, Gula 1kg, Minyak goreng bimoli, Surya 16, Sari roti, Sosis, Top kopi, Sabun harmony, Susu indomilk, Beras
24	2021-01-24	012021-KASIR1-PJX-00024	Minyak goreng bimoli, Surya 16, Sari roti, Sosis, Top kopi, Sabun harmony, Susu indomilk
25	2021-01-25	012021-KASIR1-PJX-00025	Beras, Top kopi, Sosis, Sabun harmony, Gula 1kg, Teh sariwangi
26	2021-01-26	012021-KASIR1-PJX-00026	Surya 16, Susu indomilk, Sosis, Mie sedap, Top kopi, Gula 1kg, Teh sariwangi, Top kopi, Snak potato, Sari roti
27	2021-01-27	012021-KASIR1-PJX-00027	Beras, Telur 1kg, Minyak goreng bimoli, Gula 1kg, Teh sariwangi, Surya 16, Top kopi

28	2021-01-28	012021-KASIR1-PJX-00028	Sari roti, Mie sedap, Teh sariwangi, Gula 1kg, Top kopi, Sosis
29	2021-01-29	012021-KASIR1-PJX-00029	Minyak goreng bimoli, Gula 1kg, Teh sariwangi, Surya 16, Beras, Mie sedap, Sosis
30	2021-01-30	012021-KASIR1-PJX-00030	Sosis, Susu indomilk, Mie sedap, Top kopi, Sari roti, Surya 16

C. 1 Item Set (C1)

Proses pembentukan C1 atau disebut dengan 1 itemset dengan jumlah minimum support 12% dan confidence 50% maka nilai minimum support relative = 40%. Dengan persyaratan menentukan nilai support, semakin banyak transaksi yang terjadi, maka nilai minimum support yang di cari semakin tinggi juga begitu juga sebaliknya. Semakin sedikit jumlah transaksi, maka semakin kecil nilai minimum support yang dicari. Contohnya sebagai rumus berikut

Rumus mencari support relative

$$\text{Support Relative} = \frac{\text{Support}}{\text{Total Seluruh Tramsaksi}} \times 100 \quad (1)$$

Contoh mencari support

$$\text{Support Relative} = \frac{12}{30} \times 100 = 40\% \quad (2)$$

Rumus mencari C1

$$\text{support A} = \frac{\sum \text{transaksi mengandung A}}{\text{Etransaksi}} \times 100\% \quad (3)$$

Contoh mencari C1

$$\text{Support C1} = \frac{\text{Minyak goreng bimoli (14)}}{\text{Total Semua Transaksi (30)}} \times 100 = 46,67 \quad (4)$$

Sehingga mendapatkan hasil seperti tabel berikut dengan syarat yang tidak lolos maka akan di buang.

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN C1

No	Item 1	Jumlah	Support	Keterangan
1	Minyak goreng bimoli	14	46,67	Lolos
2	Gula 1kg	21	70,00	Lolos
3	Surya 16	18	60,00	Lolos
4	Sari roti	19	63,33	Lolos
5	Susu indomilk	15	50,00	Lolos
6	Sosis	25	83,33	Lolos

7	Sabun harmony	14	46,67	Lolos
8	Mie sedap	26	86,67	Lolos
9	Top kopi	27	90,00	Lolos
10	Beras	16	53,33	Lolos
11	Teh sariwangi	17	56,67	Lolos

D. Kombinasi 2 itemset (C2)

Dalam pembentukan C2 atau disebut dengan 2-itemset Yang perlu digaris bawah, yaitu pada proses pembentukan C1 yang sudah di eliminasi maka tidak akan di ikut sertakan di proses C2 ini. Contoh rumus seperti di bawah ini

Contoh perhitungan C2

$$\text{support (A, B)} = \frac{\sum \text{transaksi mengandung A dan B}}{\sum \text{transaksi}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Support C2} = \frac{\text{Surya 16 dan Gula 1kg (12)}}{\text{Total Semua Transaksi (30)}} \times 100 = 40,00 \quad (6)$$

TABEL III
HASIL 2 ITEMSET

No	Item 1	Item 2	Jumlah	Support	Keterangan
1	Surya 16	Gula 1kg	12	40,00	Lolos
2	Mie sedap	Sari roti	17	56,67	Lolos
3	Mie sedap	Susu indomilk	14	46,67	Lolos
4	Mie sedap	Sosis	22	73,33	Lolos
5	Mie sedap	Teh sariwangi	14	46,67	Lolos
6	Top kopi	Teh sariwangi	16	53,33	Lolos
7	Top kopi	Gula 1kg	20	66,67	Lolos
8	Top kopi	Surya 16	17	56,67	Lolos
9	Top kopi	Sari roti	18	60,00	Lolos
10	Mie sedap	Surya 16	15	50,00	Lolos
11	Mie sedap	Gula 1kg	18	60,00	Lolos
12	Sabun harmony	Sosis	13	43,33	Lolos
13	Sari roti	Gula 1kg	13	43,33	Lolos
14	Sari roti	Surya 16	13	43,33	Lolos
15	Susu indomilk	Surya 16	12	40,00	Lolos
16	Sosis	Teh sariwangi	13	43,33	Lolos
17	Sosis	Gula 1kg	16	53,33	Lolos
18	Sosis	Surya 16	16	53,33	Lolos
19	Sosis	Sari roti	17	56,67	Lolos
20	Sosis	Susu indomilk	13	43,33	Lolos
21	Top kopi	Susu indomilk	14	46,67	Lolos
22	Top kopi	Sosis	22	73,33	Lolos
23	Top kopi	Sabun harmony	14	46,67	Lolos
24	Gula 1kg	Teh sariwangi	17	56,67	Lolos

25	Beras	Top kopi	13	43,33	Lolos
26	Beras	Mie sedap	13	43,33	Lolos
27	Minyak goreng bimoli	Mie sedap	12	40,00	Lolos
28	Beras	Sosis	14	46,67	Lolos
29	Minyak goreng bimoli	Top kopi	12	40,00	Lolos
30	Top kopi	Mie sedap	23	76,67	Lolos
31	Beras	Gula 1kg	12	40,00	Lolos

E. Kombinasi 3 itemset (C3)

Proses 3 itemset pada proses pembentukan C2 yang sudah di eliminasi maka tidak akan di ikut sertakan di proses C3 ini. dengan jumlah minimum support = 40% dapat diselesaikan dengan rumus. Contoh pencarian C3

$$\text{Support C3} = \frac{\text{Sari roti, sosis, surya 16 (13)}}{\text{Total Semua Transaksi (30)}} \times 100 = 43,33 \quad (7)$$

$$\text{support (A, B dan C)} = \frac{\sum \text{transaksi mengandung A, B dan C}}{\sum \text{transaksi}} \times 100\% \quad (8)$$

TABEL IV
PERHITUNGAN 3-ITEM

No	Item 1	Item 2	Item 3	Jumlah	Support	Keterangan
1	Sari roti	Sosis	Surya 16	13	43,33	Lolos
2	Gula 1kg	Top kopi	Teh sariwangi	16	53,33	Lolos
3	Sosis	Top kopi	Teh sariwangi	12	40,00	Lolos
4	Sosis	Top kopi	Gula 1kg	15	50,00	Lolos
5	Sosis	Top kopi	Sari roti	16	53,33	Lolos
6	Sosis	Top kopi	Susu indomilk	12	40,00	Lolos
7	Sabun harmony	Top kopi	Sosis	13	43,33	Lolos
8	Mie sedap	Top kopi	Teh sariwangi	13	43,33	Lolos
9	Mie sedap	Top kopi	Gula 1kg	17	56,67	Lolos
10	Susu indomilk	Top kopi	Surya 16	12	40,00	Lolos
11	Sari roti	Top kopi	Surya 16	13	43,33	Lolos
12	Sari roti	Top kopi	Gula 1kg	13	43,33	Lolos
13	Gula 1kg	Mie sedap	Teh sariwangi	14	46,67	Lolos

14	Sari roti	Mie sedap	Gula 1kg	12	40,00	Lolos
15	Gula 1kg	Sosis	Teh sariwangi	13	43,33	Lolos
16	Sosis	Mie sedap	Gula 1kg	14	46,67	Lolos
17	Sosis	Mie sedap	Surya 16	14	46,67	Lolos
18	Sosis	Mie sedap	Sari roti	15	50,00	Lolos
19	Sosis	Mie sedap	Susu indo milk	12	40,00	Lolos
20	Beras	Mie sedap	Sosis	12	40,00	Lolos
21	Mie sedap	Top kopi	Surya 16	14	46,67	Lolos
22	Mie sedap	Top kopi	Susu indo milk	13	43,33	Lolos
23	Mie sedap	Top kopi	Sari roti	16	53,33	Lolos
24	Sosis	Top kopi	Surya 16	15	50,00	Lolos

F. Confidence

Setelah semua dari pola frekuensi tinggi telah ditemukan, barulah akan dicari sebuah aturan asosiasi yang memenuhi syarat untuk menghitung confidence dari A | B diperoleh dengan rumus berikut:

$$\text{Confidence } P(B|A) = \frac{\text{support A,B dan C}}{\text{transaksi A}} \quad (9)$$

Contoh mencari nilai confidence ($\geq 50\%$) di Confidence 2 itemset:

TABEL V
CONFIDEN 2-ITEM

No	X => Y	Support X dan Y	Support X	Confidence	Keterangan
1	Minyak goreng bimoli => Top kopi	40,00	46,67	85,71	Lolos
2	Top kopi => Minyak goreng bimoli	40,00	90,00	44,44	Tidak Lolos
3	Minyak goreng bimoli => Mie sedap	40,00	46,67	85,71	Lolos
4	Mie sedap => Minyak goreng bimoli	40,00	86,67	46,15	Tidak Lolos

5	Beras => Top kopi	43,33	53,33	81,25	Lolos
6	Top kopi => Beras	43,33	90,00	48,15	Tidak Lolos
7	Beras => Mie sedap	43,33	53,33	81,25	Lolos
8	Mie sedap => Beras	43,33	86,67	50,00	Tidak Lolos
9	Beras => Sosis	46,67	53,33	87,50	Lolos
10	Sosis => Beras	46,67	83,33	56,00	Lolos

Contoh mencari nilai confidence ($\geq 50\%$) di Confidence 3 itemset:

$$\text{Confidence 3} = \frac{\text{Support Mie sedap, Top kopi dan sosis (63,33)}}{\text{Support Mie sedap (86,67)}} = 73,08 \quad (10)$$

TABEL VI
CONFIDEN 3-ITEM

No	X => Y	Support X U Y	Support X	Confidence	Keterangan
1	Mie sedap => Sosis, Top kopi	63,33	86,67	73,08	Lolos
2	Mie sedap, Top kopi => Sosis	63,33	76,67	82,61	Lolos
3	Top kopi, Sosis => Mie sedap	63,33	73,33	86,36	Lolos
4	Sosis, Mie sedap => Top kopi	63,33	73,33	86,36	Lolos
5	Top kopi => Mie sedap, Sosis	63,33	90,00	70,37	Lolos
6	Sosis => Top kopi, Mie sedap	63,33	83,33	76,00	Lolos
7	Mie sedap, Top kopi => Susu indomilk	43,33	76,67	56,52	Lolos
8	Top kopi, Susu indomilk => Mie sedap	43,33	46,67	92,86	Lolos
9	Susu indomilk, Mie sedap => Top kopi	43,33	46,67	92,86	Lolos
10	Mie sedap => Susu indomilk	43,33	86,67	50,00	Tidak Lolos

, Top kopi

G. Perhitungan Lift Rasio

Pengukur parameter agar dapat mengetahui seberapa kuat aturan association rule yang terbentuk melalui nilai support dan confiden. Lift ratio bias digunakan sebagai penentu apakah aturan asosiasi benar valid atau tidak

$$\text{Lift Ratio (A, B)} = \frac{\text{Confident (A, B)}}{\text{Support (B)}} \quad (11)$$

Contoh mencari lift ratio

$$\text{lift ratio} = \frac{\text{Confidence Mie sedap dan Sari roti, Top kopi (61,54)}}{\text{Support Sari roti, Top kopi (60)}} = 1,03 \quad (12)$$

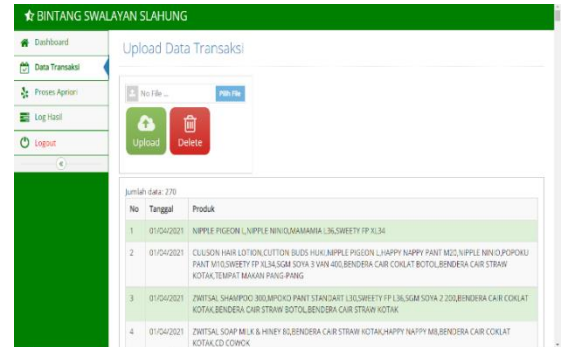
TABEL VII
HASIL LIFT RASIO

No	X => Y	Confidence	Nilai Uji lift	Korelasi rule
1	Mie sedap => Sari roti, Top kopi	61,54	1,03	korelasi positif
2	Top kopi, Susu indomilk => Mie sedap	92,86	1,07	korelasi positif
3	Susu indomilk, Mie sedap => Top kopi	92,86	1,03	korelasi positif
4	Susu indomilk => Top kopi, Mie sedap	86,67	1,13	korelasi positif
5	Mie sedap, Top kopi => Sari roti	69,57	1,10	korelasi positif
6	Top kopi, Sari roti => Mie sedap	88,89	1,03	korelasi positif
7	Sari roti, Mie sedap => Top kopi	94,12	1,05	korelasi positif
8	Mie sedap, Top kopi => Susu indomilk	56,52	1,13	korelasi positif
9	Top kopi => Mie sedap, Sari roti	59,26	1,05	korelasi positif
10	Sari roti => Top kopi, Mie sedap	84,21	1,10	korelasi positif

H. Hasil Implementasi Sistem

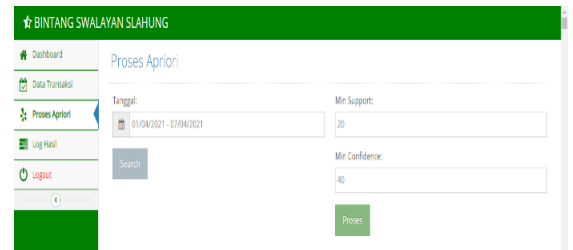
Sistem yang dirancang ini berbasis web dan menggunakan bahasa pemrograman php.

1. Halaman Data Transaksi



Gambar 5. Data Transaksi

2. Halaman Perhitungan Algoritma Apriori



Gambar 6. Halaman Perhitungan Apriori

3. Halaman hasil 1 Itemset (C1)

No	Item	Jumlah	Support	Keterangan
1	Mie sedap goreng kecap	14	46,87	Lulus
2	Beras	16	50,00	Lulus
3	Top kopi	27	83,96	Lulus
4	Susu 1kg	6	18,75	Tidak Lulus
5	Mie sedap	26	80,62	Lulus
6	Susu instant	14	43,75	Lulus
7	Beras	25	78,12	Lulus
8	Susu instant	15	46,87	Lulus
9	Susu instan	7	21,87	Tidak Lulus
10	Susu 1kg	16	49,37	Lulus

Gambar 7. Hasil 1 Itemset (C1)

4. Halaman hasil 2 Itemset (C2)

No	Item1	Item2	Jumlah	Support	Keterangan
1	Mie sedap goreng kecap	Beras	6	18,75	Tidak Lulus
2	Mie sedap goreng kecap	Top kopi	12	37,50	Lulus
3	Mie sedap goreng kecap	Mie sedap	12	37,50	Lulus
4	Mie sedap goreng kecap	Susu instant	7	21,87	Tidak Lulus
5	Mie sedap goreng kecap	Susu	16	49,37	Lulus
6	Mie sedap goreng kecap	Susu instant	5	15,62	Tidak Lulus
7	Mie sedap goreng kecap	Sari roti	6	18,75	Tidak Lulus
8	Mie sedap goreng kecap	Susu 1kg	6	18,75	Tidak Lulus
9	Mie sedap goreng kecap	Top kopi	16	49,37	Lulus
10	Mie sedap goreng kecap	Susu instant	6	18,75	Tidak Lulus
11	Beras	Top kopi	13	40,62	Lulus
12	Beras	Mie sedap	13	40,62	Lulus

Gambar 8. Hasil 2 Itemset (C2)

5. Halaman hasil 3 Itemset (C3)

Gambar 9. Hasil 3 Itemset (C3)

6. Halaman confident 3 itemset

Gambar 10. Confident 3 Itemset

7. Halaman confident 2 itemset

Gambar 10. Confident 2 Itemset

8. Halaman lift ratio

Gambar 8. Hasil Lift Ratio

9. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sudah berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan black box

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN SISTEM

No	Pengujian Fiktur	Input	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Masuk ke local web : localhost/apriori	Memasukan alamat di pencarian browser	Menampilkan login sistem	sesuai
2	Login sebagai admin	Mengisi username dan password	Menampilkan dashboard	Sesuai
3	Dashboard	Masuk ke dashboard menu	Jika login berhasil halaman akan di alihkan ke dashboard menu	Sesuai
4	Daftar transaksi dan menu upload data transaksi	Klik menu transaksi	Menampilkan daftar transaksi dan menu upload data transaksi baru	Sesuai
5	Upload data transaksi	Klik menu upload data transaksi yang terdapat di dalam menu daftar transaksi	Memasukan data transaksi	Sesuai
6	Memproses algoritma apriori	Klik menu proses apriori	Memproses pencarian algoitma apriori	sesuai
7	Penghitungan	Klik proses apriori	Data yang di hasilkan muncul nilai perhitungan apriori	Sesuai
8	Hasil role	Klik menu hasil role	Menampilkan hasil dari proses algoritma dan akan membentuk asosiasi role	Sesuai
9	Cetak hasil	Didalam menu hasil role ada terdapat menu cetak hasil	Hasil asosiasi menggunakan algoritma apriori dapat di cetak	Sesuai

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini proses pembentukan C1 atau disebut dengan 1 itemset dengan jumlah minimum support 12% dan confidence 50% maka nilai minimum support relative = 40%. Dengan persyaratan menentukan nilai support, semakin banyak transaksi yang terjadi, maka nilai minimum support yang di cari semakin tinggi juga begitu juga sebaliknya. Semakin sedikit jumlah transaksi, maka semakin kecil nilai minimum support yang dicari. Pada pengujian algoritma apriori produk yang tidak lolos dari nilai support maka akan tidak di ikut sertakan di penghitungan berikutnya. Setelah dilakukan penghitungan maka akan membentuk pola asosiasi role serta rekomendasi stok barang, artinya sistem telah berjalan sesuai dengan keingan peneliti dengan metode pengujian Blackbox. Penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan salah satunya sistem yang dibangun belum diuji dengan seluruh barang yang ada di bintang swalayan slahung, hanya menggunakan 13 jenis barang saja, untuk penelitian selanjutnya bisa dikembangkan fiturnya untuk swalayan yang lain dan diuji dengan data barang yang lebih banyak.

PERAN PENULIS

Setiap penulis memiliki kontribusi yang sama dalam Analisis Formal, Investigasi, Administrasi Proyek, Sumber Daya, Perangkat Lunak, Validasi, Visualisasi, Penulisan Penyusunan Draf Asli, Penulisan Review & Penyuntingan.

COPYRIGHT



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carl S. Warren, dkk. 2014. Accounting Indonesia Adaptation. Jakarta : Salemba Empat
- [2] Indrajani. 2011. Perancangan Basis Data dalam All in 1. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- [3] Kotler, Phillip dan Kevin L. Keller. (2016). Marketing Management 16 edition. New Jersey: Pearson.
- [4] Kennedy. T, Hoga.S & Bobby.R.(2013).Implementasi Data Mining Algoritma Apriori pada Sistem Persediaan Alat-alat Kesehatan.Jurnal Informasi dan Teknologi Ilmiah. <https://doi.org/10.24252/instek.v3i2.5948>
- [5] Kendall, J.E. & Kendall, K.E. 2010. Analisis dan Perancangan Sistem. Jakarta: Indeks.
- [6] Luayyi, S. (2013). Evaluasi sistem pengendalian intern persediaan bahan baku untuk memperlancar proses produksi (Studi kasus pada Pr. Kn Jaya Sentosa Kediri).Dosen Jurusan Akuntansi Fak. Ekonomi UNISKA Kediri (Vol. 1 No. 1 –Januari 2013)
- [7] Madcoms. 2016. Sukses Membangun Toko Online dengan PHP & MySQL. Yogyakarta: Andi.
- [8] Supono, dan Viridiandry Putratama. 2016. Pemograman Web Dengan Menggunakan PHP dan Framework Codeigniter. Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).
- [9] Purba, C. V., & Buulolo, E. (2020). Implementasi Algoritma Apriori Untuk Menentukan Pola data Penyakit Pada Anak Usia Dini (Studi Kasus: RS. Estomihi). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 7(2), 308. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i2.2113>

- [10] Nafi'iyah, N. (2019). Analisis Peramalan Stok Barang dengan Metode Weight Moving Average dan Double Exponential Smoothing pada Jovita Ms Glow Lamongan. *Journal of Intelligent System and Computation*, 1(1), 39–42. <https://doi.org/10.52985/insyst.v1i1.23>

Library Algoritma Genetik dan Whale Optimization berbasis GPU Programming

Bernard Niklas Satrijo¹, Hendrawan Armanto¹, Lukman Zaman PCSW¹, and C. Pickerling¹

¹Departemen Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Bernard Niklas Satrijo (e-mail: satrijoniklas@yahoo.com).

ABSTRACT A method to search for the best solution to a problem continues to be developed from time to time. Various studies have been carried out in various fields to solve these problems. One of the methods available is evolutionary algorithms. One of the well-known evolutionary algorithms is the genetic algorithm (GA). In addition to the genetic algorithm, another new algorithm has emerged and developed, namely the whale optimization (WOA) algorithm. However, the completion of evolutionary algorithms generally takes a long time. GPU Programming can be used in the evolutionary algorithms created to overcome this. The nature of the library created is a general-purpose library. In this library, the user only needs to create one derived class from the class, set parameters, and implement abstract methods. All processes that occur in the library are transparent. When completed, the user can retrieve the best fitness value, the best solution, the best fitness value per generation, and the average fitness value per generation. With the creation of this library, it is expected that users can implement genetic algorithms and whale optimization in solving a problem efficiently and in a faster time than other libraries.

KEYWORDS Evolutionary Algorithm, Genetic Algorithm, Whale Optimization Algorithm, GPU Programming, Cuda C++, Library.

ABSTRAK Pencarian solusi terbaik pada suatu permasalahan menjadi suatu hal yang terus dikembangkan dari waktu ke waktu. Berbagai penelitian dilakukan dalam berbagai bidang untuk dapat menyelesaikan masalah-masalah tersebut. Salah satu cara yang dapat menjadi solusi adalah digunakannya algoritma evolusioner. Salah satu algoritma evolusioner yang terkenal adalah algoritma genetik (GA). Selain algoritma genetik, terdapat algoritma baru lain yang telah muncul dan dikembangkan, yaitu algoritma whale optimization (WOA). Meskipun begitu, penyelesaian algoritma evolusioner pada umumnya membutuhkan waktu yang lama. Hal tersebut dapat ditanggulangi dengan penggunaan GPU Programming pada algoritma evolusioner yang dibuat. Sifat dari library yang dibuat adalah general purpose library. Pada library ini, user hanya perlu membuat satu class turunan dari class dalam library, mengatur parameter, dan mengimplentasikan abstract method. Seluruh proses yang terjadi dalam library bersifat transparan, dan apabila selesai, user dapat mengambil nilai fitness terbaik, solusi terbaik, nilai fitness terbaik per generasi, dan nilai rata-rata fitness per generasi. Dengan dibuatnya library ini, diharapkan user dapat mengimplementasikan algoritma genetik dan whale optimization dalam menyelesaikan suatu permasalahan dengan mudah dan dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan library lainnya.

KATA KUNCI Evolutionary Algorithm, Genetic Algorithm, Whale Optimization Algorithm, GPU Programming, Cuda C++, Library.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan algoritma evolusioner dalam menyelesaikan permasalahan kompleks telah diakui dan dikembangkan oleh berbagai ilmuwan. Namun, performa yang dihasilkan dari program algoritma evolusioner dapat lebih ditingkatkan lagi.

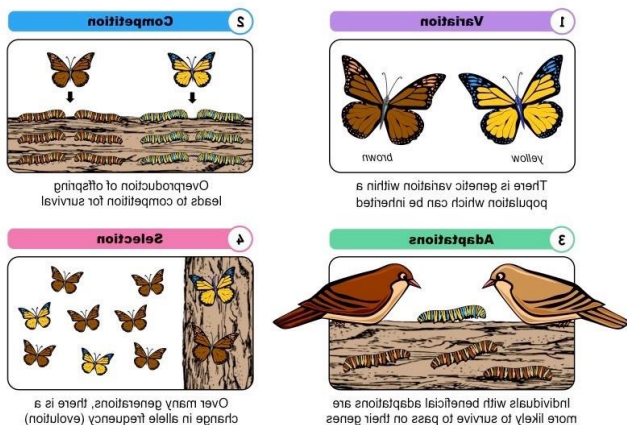
Penggunaan iterasi yang sangat banyak dan proses yang tidak jauh berbeda di setiap iterasinya adalah kendala yang menyebabkan performa algoritma evolusioner tidak lebih tinggi dari performa komputasi aritmatik pada umumnya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan

performa algoritma evolusioner adalah penggunaan GPU Programming. GPU Programming memungkinkan adanya peningkatan performa program secara signifikan pada algoritma yang dibuat..

GPU Programming memungkinkan adanya penggunaan GPU dalam menjalankan kode program. Penggunaan GPU Programming ini tidak selalu menjamin bertambahnya kecepatan program dibandingkan pemrograman pada CPU. Pemilihan algoritma dan cara kerja program untuk mencapai suatu tujuan menggunakan thread GPU juga menjadi tantangan yang cukup besar bagi pembuat program untuk dapat mengoptimalkan kinerja program. Maka dari itu, pada akan dibuat library untuk algoritma genetik (GA) dan Whale Optimization (WOA) untuk menunjang pembuatan algoritma evolusioner yang lebih mudah dengan basis GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units) sehingga performa dari algoritma evolusioner yang dihasilkan dapat lebih meningkat dibandingkan dengan program algoritma evolusioner sejenis dengan penggunaan CPU dalam prosesnya. Dalam perkembangannya, telah terdapat berbagai macam platform yang mendukung prinsip GPU Programming. Platform yang digunakan pada pembuatan library algoritma evolusioner adalah NVIDIA CUDA.

II. ALGORITMA GENETIK [1]-[3]

Algoritma genetik atau yang biasa disebut GA mulai diperkenalkan pada tahun 1975 oleh John Holland di New York, Amerika Serikat. Algoritma genetik adalah pencarian dengan metode metaheuristik yang terinspirasi dari teori Charles Darwin mengenai seleksi alam yang termasuk dalam algoritma evolusioner. Algoritma evolusioner sendiri banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah [4], [5].



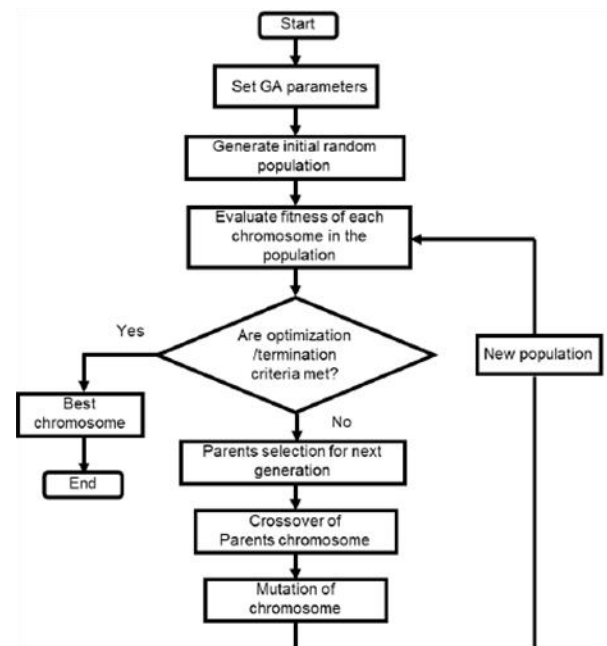
Gambar 1. Seleksi Alam Menurut Prinsip Charles Darwin

Charles Darwin menyebutkan seleksi alam sebagai “Prinsip dimana setiap variasi kecil (dari suatu sifat), jika berguna, dipertahankan”. Selain itu, Charles Darwin menyebutkan pula bahwa prinsip adaptasi makhluk hidup didasarkan pada *survival of the fittest*. Individu yang dapat

beradaptasi dengan lingkungan mereka, lebih besar kemungkinannya untuk dapat bertahan hidup dan bereproduksi. Selama terdapat variasi di antara setiap individu dan variasi tersebut dapat diwariskan, tidak dapat dihindari bahwa akan terdapat seleksi individu dengan variasi yang paling menguntungkan. Jika variasi tersebut diwariskan, maka keberhasilan reproduksi dari individu dengan variasi yang berbeda akan mengarah kepada evolusi progresif suatu populasi tertentu dari suatu spesies, dan populasi yang berevolusi menjadi cukup berbeda sehingga akhirnya memunculkan spesies yang berbeda pula.

Dalam pengaplikasian seleksi alam pada algoritma genetik, terdapat beberapa proses pada operator application yang membedakan algoritma genetik dengan algoritma evolusioner lainnya. Proses tersebut adalah selection, crossover, dan mutation. Proses inilah yang akan menciptakan individu yang diharapkan dapat memiliki nilai fitness yang semakin baik di setiap generasinya.

Dalam algoritma genetik, suatu solusi dalam populasi (disebut kromosom) untuk masalah optimisasi berevolusi menjadi solusi yang lebih baik. Setiap solusi memiliki seperangkat properti (disebut gen) yang dapat bermutasi dan diubah. Gen ini direpresentasikan dengan suatu jenis data (pada umumnya bit/integer). Proses dasar pada algoritma genetik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur Dasar Algoritma Genetik

Proses algoritma genetik dimulai dari pengaturan parameter. Parameter yang ada dalam algoritma genetik adalah: banyak generasi/batas fitness (digunakan dalam Stopping Criteria), banyak individu dalam populasi, crossover rate (antara 0-1), mutation rate (antara 0-1), jenis selection, jenis crossover, dan jenis mutation. Kemudian dilanjutkan dengan populasi individu yang dihasilkan secara acak. Tidak seluruh gen dalam individu harus dihasilkan

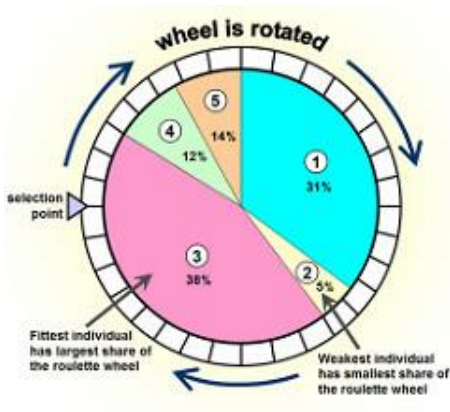
secara random, bergantung pada permasalahan yang akan diselesaikan (hal ini akan lebih dijelaskan pada subbab selanjutnya).

Proses dilanjutkan dengan proses iterasi setiap generasi pada proses selanjutnya sampai Stopping Criteria terpenuhi. Secara umum, Stopping Criteria dari algoritma genetik adalah: jumlah generasi pada parameter telah tercapai, terdapat individu dengan nilai fitness sama dengan atau melebihi batas fitness pada parameter, dan nilai fitness dari individu terbaik dalam beberapa generasi terakhir yang tidak membaik.

Dalam setiap generasi, individu dalam populasi akan dievaluasi. Dari evaluasi tersebut, dihasilkan nilai fitness untuk setiap individu. Kemudian akan dicek apakah algoritma genetik yang dijalankan telah memenuhi Stopping Criteria. Apabila belum terpenuhi, akan dilanjutkan dengan proses selection, yaitu pemilihan solusi yang akan menjadi induk untuk proses selanjutnya. Individu dalam populasi akan dipilih secara stochastic, di mana proses ini bergantung pada metode selection yang dipilih. Proses Selection digunakan untuk pemilihan parent yang digunakan dalam Crossover dan Mutation. Berikut ini adalah beberapa jenis Selection yang diberikan dalam library algoritma genetik ini:

A. Roulette Wheel Selection

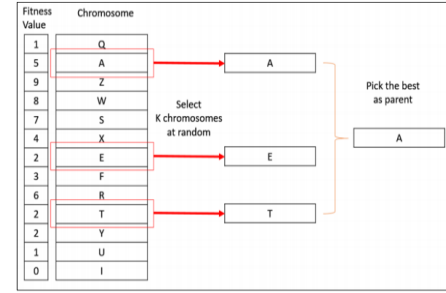
Roulette Wheel Selection menggunakan nilai fitness sebagai acuan untuk memilih individu sebagai parent. Semakin besar fitness yang dimiliki oleh individu, semakin besar kemungkinan individu tersebut dipilih.



Gambar 3. Roulette Wheel Selection

B. Tournament Selection

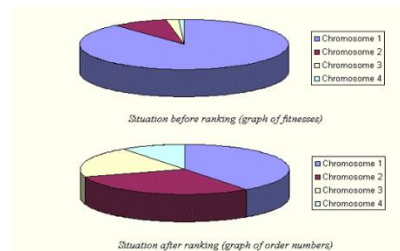
Berbeda dengan Roulette Wheel Selection, pada Tournament Selection akan dirandom sebanyak n individu untuk dapat dipertandingkan. Setelah ditemukan n individu, akan dipilih parent dengan fitness terbaik dari pilihan tersebut



Gambar 4. Tournament Selection

C. Rank Selection

Pada Rank Selection, fitness juga menjadi salah fitur penting dalam menentukan individu yang akan dijadikan parent. Perbedaannya dengan Roulette Wheel Selection adalah pada Rank Selection, setiap individu dengan rank yang lebih tinggi mempunyai suatu proporsi yang tetap berapapun perbedaan fitnessnya.

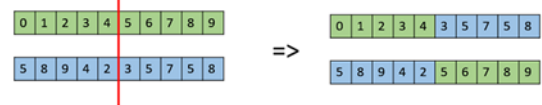


Gambar 5. Rank Selection

Secara umum, individu dengan nilai fitness yang lebih baik berkesempatan lebih besar untuk dapat dipilih dalam proses ini. Individu yang telah dipilih, akan dikawinkan dengan individu lain dalam proses crossover. Sama dengan prinsip perkawinan makhluk hidup, akan dihasilkan individu baru dengan gen yang sesuai dengan gen induknya. Proses crossover [6]–[8] ini juga bergantung pada metode crossover yang dipilih. Berikut ini adalah beberapa jenis Crossover yang diberikan dalam library algoritma genetik ini:

1) One Point Crossover

Pada One Point Crossover, akan dirandom sebuah angka dengan maksimal jumlah gennya. Kemudian gen dengan indeks yang lebih kecil atau lebih besar dari angka random tersebut akan ditukar dengan individu parent lain.



Gambar 6. One Point Crossover

2) Multi Point Crossover

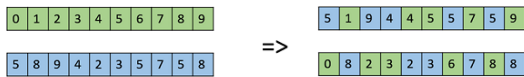
Multi Point Crossover adalah modifikasi dari One Point Crossover, di mana akan dirandom satu lagi angka untuk menentukan batas akhir indeks untuk proses crossover.



Gambar 7. Multi Point Crossover

3) Uniform Crossover

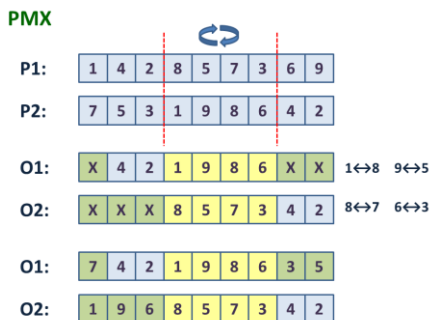
Di dalam Uniform Crossover, kromosom tidak dipisahkan berdasarkan segmen tertentu, tetapi setiap gen akan diperlakukan secara terpisah. Pada dasarnya, setiap gen memiliki kesempatan masing-masing 50% untuk mendapatkan gen dari induk 1 atau induk 2.



Gambar 8. Uniform Crossover

4) PMX Crossover

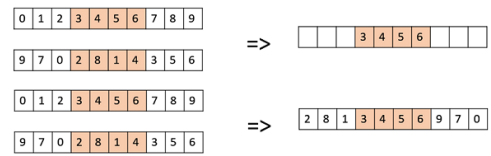
Dalam merepresentasikan solusi menjadi satu kromosom, terkadang terdapat beberapa permasalahan di mana seluruh gen di dalam kromosom harus memiliki nilai yang berbeda. Salah satu contoh permasalahan tersebut adalah permasalahan TSP. PMX Crossover bekerja dengan mempertahankan sebanyak mungkin gen dari induk lain. Pada awalnya, akan dirandom dua buah angka sebagai batas indeks seperti pada Multi Point Crossover. Kemudian, akan dilakukan operasi swap untuk angka yang berada dalam batas indeks ke dalam solusi baru. Lalu akan dilakukan proses mapping untuk memetakan nilai gen yang sudah terdapat di antara kedua batas indeks. Gen yang berada di luar indeks, tetapi terdapat dalam map dari hasil mapping, akan ditukar dengan nilai sesuai pada map, agar menghindari nilai yang kembar.



Gambar 9. PMXCrossover

5) Davis Order Crossover/Order1 Crossover (OX1)

Sama dengan PMX Crossover, Order1 Crossover digunakan untuk permasalahan yang setiap gennya harus memiliki nilai yang berbeda. Proses dimulai dengan menghasilkan 2 angka random sebagai batas indeks dan untuk swapping operation, sama seperti PMX Crossover. Perbedaannya adalah pada Order1 Crossover, gen dalam solusi baru di luar batas indeks tidak akan banyak dipertahankan posisinya. Hal yang paling penting adalah solusi baru yang dihasilkan tidak melanggar constraint di mana solusi mengandung nilai yang sama dalam 2 gen. Dimulai dari gen pada indeks setelah batas indeks akhir, salin seluruh nilai gen yang belum ada dalam solusi baru, secara urut.



Repeat the same procedure to get the second child

Gambar 10. Order1 Crossover

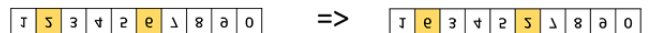
Seluruh individu yang dihasilkan dari proses sebelumnya, berkesempatan untuk mengalami proses mutation [6]. Untuk setiap individu, akan dirandom suatu angka dari 0-1, dan jika angka tersebut memasuki crossover rate, maka mutasi akan terjadi. Proses ini mengubah gen yang ada pada kromosom sesuai dengan metode mutation yang dipilih. Proses ini dilakukan berdasarkan prinsip bahwa kromosom baru dapat mengalami anomali pada beberapa gennya. Akan terdapat nilai mutation rate yang memberikan kemungkinan untuk suatu individu mengalami mutasi. Berikut ini adalah beberapa jenis Mutation yang diberikan dalam library algoritma genetik ini:

1) Random Resetting

Mutasi dengan metode Random Resetting hanya dapat dilakukan untuk individu dengan nilai integer/float. Proses yang dilakukan adalah merandom satu indeks gen pada kromosom, kemudian nilai gen tersebut diubah dengan angka yang dirandom ulang.

2) Swap Mutation

Pada Swap Mutation, akan dirandom dua indeks gen yang kemudian kedua gen ini akan ditukar nilainya. Proses ini hanya dilakukan sekali. Jenis mutasi ini dapat digunakan untuk permasalahan dengan encoding permutasi (seperti TSP).



Gambar 11. Swap Mutation

3) Scramble Mutation

Pada Scramble Mutation, akan dirandom dua indeks gen yang menjadi batas indeks. Kemudian setiap gen

nilai r_1 dan r_2 merupakan angka random antara $\{0,1\}$, nilai a secara linear menurun dari 2 sampai 0 sepanjang iterasi, dan nilai p merupakan angka random dari $\{0,1\}$. Berikut adalah rumus untuk variabel A dan C :

$$A = 2a * r_1 - a \dots\dots\dots (1)$$

$$C = 2 * r_2 \dots\dots\dots (2)$$

Kemudian akan dilakukan operasi pada WOA yang terdiri dari Search for Prey, Encircling Prey, dan Spiral Updating Position. Pada operasi Search for Prey, setiap agen akan mencari posisi mangsa secara acak. Operasi ini akan dilakukan apabila nilai $P < 0.5$ dan nilai $|A| \geq 1$. Mekanisme ini menekankan eksplorasi dan memungkinkan algoritma WOA untuk melakukan pencarian global. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

$$D = |C \cdot X_{rand}(t) - X(t)| \dots\dots\dots (3)$$

$$X(t+1) = X_{rand}(t) - A \cdot D \dots\dots\dots (4)$$

Variabel X_{rand} merupakan posisi agen yang dipilih secara acak. Perhitungan variabel A dan C dapat dilihat pada rumus (1) dan (2). Diharapkan dengan operasi ini, solusi yang ditemukan tidak terjebak pada local optima.

Pada operasi Encircling Prey, setiap agen akan mendekati posisi mangsa dan mengelilinginya. Sejak solusi optimal dalam permasalahan belum diketahui, maka WOA akan mengasumsikan solusi terbaik pada generasi tersebut sebagai mangsa, atau posisi yang mendekati mangsa. Setelah agen terbaik didefinisikan, agen lainnya kemudian akan mencoba untuk memperbarui posisi untuk mendekati agen terbaik. Tahap ini akan dilakukan apabila nilai $P < 0.5$ dan nilai $|A| < 1$. Hal ini diwakili oleh persamaan berikut:

$$D = |C \cdot X_p(t) - X(t)| \dots\dots\dots (5)$$

$$X(t+1) = X_p(t) - A \cdot D \dots\dots\dots (6)$$

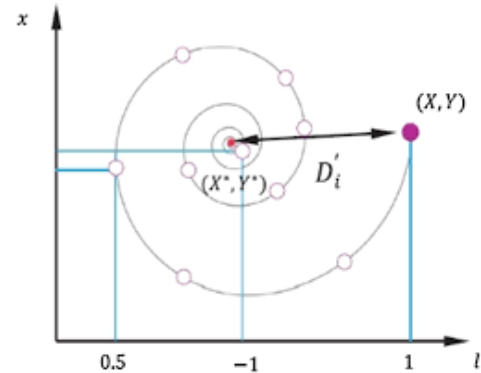
Variabel t menunjukkan iterasi saat ini, A dan C adalah variabel koefisien yang telah dihitung pada proses sebelumnya, X_p adalah posisi mangsa (dalam kata lain agen dengan fitness terbaik), dan X adalah posisi agen pencari mangsa. Diharapkan dengan operasi ini, agen pencarian dapat semakin mendekati solusi optimal.

Pada operasi terakhir yaitu Spiral Updating Position, setiap agen akan mendekati mangsa (solusi terbaik dianggap sebagai mangsa) dengan pergerakan berbentuk helix/spiral. Pergerakan ini dilakukan dengan melihat posisi agen sendiri dan posisi mangsa. Tahap ini akan dilakukan apabila nilai $P \geq 0.5$. Operasi ini dimulai dengan perhitungan jarak antara agen pencari mangsa dan posisi mangsa (agen terbaik). Persamaan spiral kemudian dibuat dengan menggunakan posisi paus dan mangsa untuk menirukan gerakan paus bungkuk berbentuk heliks sesuai rumus berikut:

$$D' = |X_p(t) - X(t)| \dots\dots\dots (2.7)$$

$$X(t+1) = D' e^{bt} \cos(2\pi t) + X_p(t) \dots\dots\dots (2.8)$$

Variabel D digunakan untuk mengindikasikan jarak antara agen pencari mangsa dan mangsa, b merupakan konstanta untuk mendefinisikan bentuk spiral logaritmik (umumnya bernilai 1), dan t merupakan angka random dari $\{-1,1\}$.



Gambar 16. Spiral Updating Position

IV. CUDA [12]–[14]

GPU pada masa modern ini memberikan kekuatan pemrosesan yang sangat besar, bandwidth memori, dan efisiensi jauh di atas CPU. Telah dibuktikan bahwa kecepatan GPU 50-100 kali lebih cepat dalam tugas yang membutuhkan beberapa proses paralel, seperti pada bidang machine learning dan analisis big data. Akan tetapi, tidak seluruh permasalahan komputasi dapat diselesaikan dengan menggunakan GPU. Pada dasarnya CPU memiliki kecepatan yang lebih tinggi apabila hal yang dikerjakan berupa single task. Selama bertahun-tahun, GPU telah memberikan kemampuan render image dan pergerakan (motion) pada layar komputer, tetapi secara teknis, GPU mampu melakukan lebih banyak hal. Beberapa contoh tugas yang lebih unggul dikerjakan dalam GPU dibandingkan CPU adalah pada bidang *games*, visualisasi 3D, dan pengolahan citra.

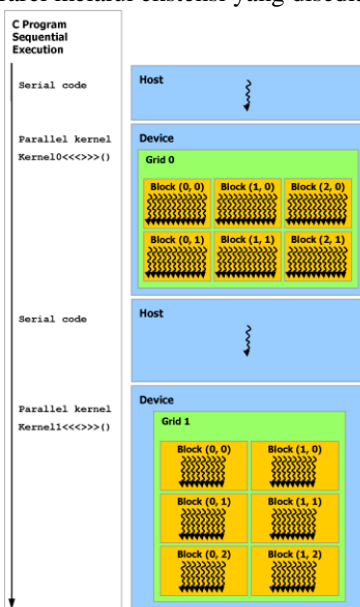
Meskipun memiliki banyak kelebihan untuk pemrosesan data secara paralel, GPU bukanlah pengganti dari arsitektur CPU. Sebaliknya, GPU adalah akselerator yang kuat untuk infrastruktur yang telah ada. Komputasi pada GPU menurunkan beban pada bagian-bagian komputasi yang intensif, sementara sisa komputasi lainnya masih berjalan pada CPU. Dari perspektif pengguna, aplikasi hanya berjalan lebih cepat. Walaupun komputasi dengan tujuan umum masih merupakan domain CPU, GPU adalah inti dari hampir semua aplikasi yang membutuhkan komputasi secara intensif.

Sebelum pada abad 20, penggunaan GPU dikhususkan untuk tujuan pengolahan citra dan susah untuk diprogram. Penggunaan GPU untuk permasalahan komputasi umum mulai dapat dipraktekkan pada tahun 2001, dengan diciptakannya *shader programming* dan disediakannya

support untuk floating point pada prosesor grafis. Khususnya, masalah yang melibatkan matriks dan/atau vektor - terutama vektor dengan dua, tiga, atau empat-dimensi - cukup mudah diterjemahkan ke GPU yang bertindak dengan kecepatan native. Permasalahan multiplikasi matriks menjadi permasalahan pertama dalam penyelesaian permasalahan umum di luar render citra menggunakan GPU.

Penggunaan GPU pada permasalahan umum di luar permasalahan grafis disebut dengan GPGPU (General Purpose computing on Graphics Processing Units).. Proses pada GPGPU Programming didukung dengan adanya Heterogenous Programming, di mana pemrograman untuk permasalahan umum tidak hanya dikerjakan oleh GPU, tetapi juga CPU turut bekerja dalam menjalankan program dan menyelesaikan beberapa tugas. Kerangka GPU-CPU ini memberikan keuntungan yang lebih besar dibandingkan arsitektur beberapa CPU disebabkan oleh spesialisasi dalam setiap chip. Pada GPGPU Programming, CPU akan berfokus pada beberapa tugas yang tidak membutuhkan proses paralel dan membutuhkan komputasi yang lebih kompleks, sementara GPU akan berfokus pada tugas yang membutuhkan proses paralel yang besar dengan komputasi yang tidak terlalu rumit. Dalam pengaplikasian GPGPU Programming, CUDA merupakan salah satu tools yang dapat digunakan untuk dapat memanfaatkan CPU dan GPU secara bersamaan.

CUDA adalah platform komputasi paralel dan model pemrograman yang dikembangkan oleh NVIDIA untuk komputasi umum pada GPU (Graphics Processing Unit). Dengan CUDA, pembuat program dapat mempercepat aplikasi komputasi secara dramatis dengan memanfaatkan kekuatan GPU. Ketika menggunakan CUDA, pembuat program bekerja dalam bahasa populer seperti C, C ++, Fortran, Python, dan MATLAB, dan memanfaatkan teknik paralel melalui ekstensi yang disediakan.



Gambar 17. Heterogenous Programming pada CUDA

Prinsip kerja CUDA dimulai dengan pemanggilan kernel (method yang akan dijalankan pada GPU) melalui kode pada CPU. Jumlah thread untuk menjalankan kernel yang dipanggil dari CPU dapat didefinisikan terlebih dahulu oleh pengguna CUDA. Dalam pemrosesan kernel, CPU dan GPU akan bekerja secara asynchronous. Memori yang berasal dari CPU dan diperlukan oleh GPU, memerlukan suatu proses transfer yang dapat didefinisikan dengan sintaks yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya. Hal ini juga berlaku apabila memori dari GPU telah diproses dan ingin dikembalikan menuju CPU kembali.

Hal yang perlu diketahui adalah pada CUDA, permasalahan yang harus diperhatikan adalah adanya bottleneck pada pentransferan memori dari CPU menuju GPU atau sebaliknya, optimalisasi dengan memaksimalkan kerja paralel GPU, dan permasalahan thread divergence yang perlu dihindari. CUDA menggunakan arsitektur SIMT (Single Instruction Multiple Threads) dan arsitektur SIMD (Single Instruction Multiple Data), di mana perbedaan kode yang dijalankan pada thread GPU (terjadi pada branching atau looping dengan jumlah loop yang tidak sama, disebut dengan thread divergence) akan menyebabkan proses saling menunggu di antara beberapa thread yang seharusnya bekerja dalam waktu yang bersamaan. Permasalahan ini menjadi tantangan bagi pembuat program dengan CUDA untuk dapat mengoptimasi kerja dari program yang dibuat.

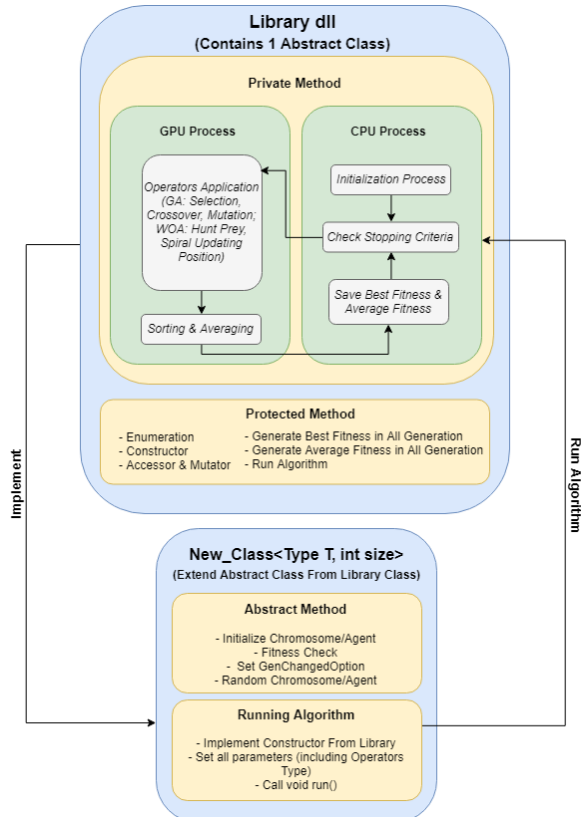
V. DESAIN LIBRARY [15], [16]

Untuk kedua algoritma yang dipakai dalam penelitian ini, kedua library berada pada file terpisah. Library yang dibuat hanya menyediakan 1 macam class di mana class ini harus diturunkan ke dalam class buatan user. Class ini telah berisi protected dan private method bawaan, di mana private method terbagi lagi menjadi 2 macam, yaitu method yang akan dijalankan pada GPU dan method yang akan dijalankan pada CPU. User sendiri tidak perlu mengatur bagian private method dikarenakan seluruh proses ini telah diatur oleh library. Untuk protected method sendiri terbagi menjadi 2 macam, yaitu abstract method dan normal method.

Desain arsitektur library dapat dilihat pada gambar 17. Algoritma pada library akan dijalankan secara implisit oleh library. Terdapat 4 macam abstract method yang harus/bisa diturunkan oleh pengguna library yang meliputi inisialisasi kromosom/agen, pengecekan fitness, pengaturan variabel GenChangedOption, dan random kromosom/agen. Inisialisasi kromosom/agen digunakan untuk menginisialisasikan nilai seluruh kromosom/agen dalam populasi, pengecekan fitness digunakan untuk mengecek fitness di setiap iterasi, pengaturan variabel GenChangedOption digunakan untuk mendefinisikan peraturan apakah gen tertentu pada kromosom/agen dapat diubah/tidak, dan random kromosom/agen digunakan untuk mendefinisikan nilai random untuk suatu kromosom/agen. Method setGenChangedOption secara default menunjukkan bahwa seluruh gen dapat diubah, dan method ini dapat diturunkan dalam class yang dibuat untuk mendefinisikan

peraturan perubahan gen sesuai keinginan pengguna library.

Untuk dapat menjalankan algoritma pada library, pengguna library hanya perlu mengimplementasikan konstruktor, mengatur parameter yang diperlukan (hal ini sudah termasuk dalam konstruktor dan dapat diubah secara manual sebelum library dijalankan), dan memanggil void run untuk menjalankan library.

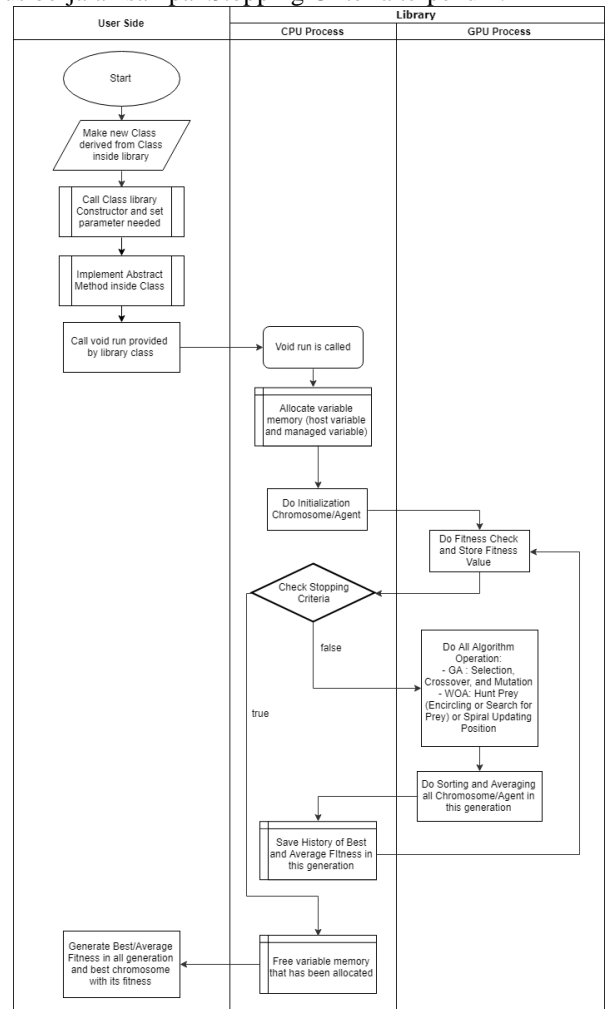


Gambar 18. Desain Arsitektur Library GA dan WOA

Desain prosedural library dapat dilihat pada gambar 18. Dalam alur sistem dari sisi user, pada awalnya, pengguna library harus membuat suatu class yang merupakan turunan (extend) dari abstract class pada library. Pembuatan class ini otomatis diikuti dengan pemberian tipe dari solusi dan ukuran dari suatu solusi. Kemudian pengguna library perlu untuk memanggil konstruktor library dan mengatur parameter yang dibutuhkan. Jika hal ini tidak dilakukan, maka nilai yang diberikan pada parameter adalah nilai default. Selain pengaturan parameter, pengguna library perlu untuk melakukan implement pada abstract method yang ada. Penjelasan mengenai abstract method yang ada akan dijelaskan pada subbab Uji Coba. Setelah pengisian abstract method dilakukan, pengguna library dapat menjalankan void run yang telah disediakan library dan menunggu hingga proses selesai.

Pemanggilan void run akan menjalankan seluruh proses yang terjadi secara transparan. Pada awalnya akan dialokasikan variabel sesuai dengan memori yang dibutuhkan. Pada library yang dibuat, diimplementasikan

sistem Unified Memory Programming, sehingga variabel yang dibutuhkan pada proses GPU akan dialokasikan secara Unified menggunakan sintaks `cudaMallocManaged`. Terdapat pula alokasi untuk host memori, yang dilakukan dengan fungsi bawaan `CUDA cudaMallocHost` untuk menempatkan memori pada host dan disimpan dalam RAM untuk mempercepat pengaksesan memori. Kemudian akan dilakukan inisialisasi, yang telah diimplementasikan oleh user pada abstract method. Lalu akan dilakukan iterasi yang dimulai dari pengecekan nilai fitness setiap kromosom/agen, dan penyimpanan nilai fitness yang telah dihitung. Pengecekan nilai fitness ini juga telah didefinisikan oleh pengguna library pada abstract method. Proses iterasi akan terus berjalan sampai Stopping Criteria terpenuhi.



Gambar 19. Desain Prosedural Library GA dan WOA

Proses selanjutnya adalah dilakukannya operasi sesuai dengan algoritma. Apabila library yang dipakai adalah library GA, maka akan dilakukan selection, crossover, dan mutation, sementara apabila library yang dipakai adalah library WOA, maka akan dilakukan Hunt Prey (Encircling Prey atau Search for Prey) atau Spiral Updating Position. Jika proses operasi telah selesai, dilakukan proses Sorting and Averaging. Averaging digunakan untuk menyimpan

data rata-rata dari fitness untuk dapat disimpan dalam variabel AverageFitnessPerGeneration.

Hasil dari fitness terbaik dan fitness rata-rata akan disimpan pada proses Save History. Apabila seluruh proses telah selesai dan memenuhi Stopping Criteria, maka proses library diakhiri dengan pembebasan variabel yang telah dialokasikan. Dari sisi pengguna library, seluruh proses iterasi ini tidak terlihat dan pengguna library langsung dapat mengambil nilai fitness terbaik per generasi, nilai rata-rata fitness per generasi, nilai fitness terbaik di akhir generasi, dan nilai kromosom/agen terbaik di akhir generasi.

VI. UJI COBA

Proses uji coba ini dilakukan oleh pembuat library, yang dimulai dengan uji coba untuk seluruh method pada library, uji coba untuk permasalahan TSP, uji coba untuk permasalahan Sudoku, dan kemudian uji coba kecepatan dengan menggunakan kode CPU sebagai perbandingan. Uji coba dilakukan dengan menggunakan pada perangkat NVIDIA GeForce 840M dengan Compute Capability 5.0 dan 384 Cores.

Pada tahap awal setelah dilakukannya implementasi pada library, dilakukan proses uji coba pada seluruh modul library. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan agar seluruh modul yang telah diimplementasikan berjalan dengan baik. Modul yang diujicobakan tidak hanya modul yang wajib diimplementasikan oleh user, tetapi juga modul yang secara opsional dapat diimplementasikan oleh user. Hasil uji coba akan diletakkan dalam sebuah tabel sebagai hasil dari uji coba terhadap modul. Pada tabel hasil uji coba modul library, akan digunakan kolom hasil yang menandakan apakah modul telah berhasil atau belum. Tanda O, berarti modul telah sesuai harapan, dan tanda X, berarti modul masih memunculkan beberapa keanehan. Uji coba modul pada library dapat dilihat pada tabel I

TABEL I
DAFTAR HASIL UJICOBA PADA MODUL LIBRARY GA

No.	Modul	Hasil
1	Constructor pada Class	O
2	Method run()	O
3	Inisialisasi proses	O
4	Inisialisasi per iterasi	O
5	Pengecekan <i>Stopping Criteria</i>	O
6	Pengecekan Nilai Fitness pada CPU dan GPU	X
7	Method doGPUOperation()	O
8	<i>Rank Based Selection</i>	O
9	<i>Roulette Wheel Selection</i>	O
10	<i>Tournament Selection</i>	O
11	<i>One Point Crossover</i>	O

12	<i>Multi Point Crossover</i>	O
13	<i>Uniform Crossover</i>	O
14	<i>PMX Crossover</i>	X
15	<i>Order1 Crossover</i>	X
16	<i>Random Resetting Mutation</i>	O
17	<i>Swap Mutation</i>	O
18	<i>Scramble Mutation</i>	O
19	<i>Inversion Mutation</i>	O
20	GPU Method generateChild	O
21	<i>Sorting dan Averaging</i>	O
22	Penyimpanan History	O
23	Pembebasan Memory	O
24	Pencetakan Hasil	O
25	Random Utility	O

Pada tabel I, dapat dilihat hasil uji coba library GA yang dilakukan untuk setiap method, bahwa seluruh method telah berjalan dengan baik kecuali pada pengecekan nilai fitness dan 2 jenis crossover. Pengecekan nilai fitness pada GPU telah berjalan dengan baik apabila tidak ada kebutuhan tambahan seperti pada TSP yang membutuhkan variabel koordinat. Apabila hal ini terjadi, maka pemanggilan fitness harus dilakukan pada CPU. Selain itu pada PMX Crossover dan Order1 Crossover, permasalahan yang terjadi adalah kecepatan yang menurun dengan sangat pesat dikarenakan dua crossover ini membutuhkan banyak iterasi dan sinkronisasi thread.

TABEL II
DAFTAR HASIL UJI COBA PADA MODUL LIBRARY WOA

No.	Modul	Hasil
1	Constructor pada Class	O
2	Method run()	O
3	Inisialisasi proses	O
4	Inisialisasi per iterasi	O
5	Pengecekan <i>Stopping Criteria</i>	O
6	Pengecekan Nilai Fitness pada CPU dan GPU	X
7	Method doGPUOperation()	O
8	<i>Encircling Prey/Search for Prey</i>	O
9	<i>Spiral Updating Position</i>	O
10	GPU Method generateChild	O
11	<i>Sorting dan Averaging</i>	O

12	Penyimpanan History	O
13	Pembebasan Memory	O
14	Pencetakan Hasil	O
15	Random Utility	O

Pada tabel II, untuk uji coba modul pada library WOA, dapat dilihat bahwa seluruh modul telah berjalan dengan baik kecuali pada pengecekan nilai fitness. Hal ini sama dengan library GA dikarenakan prinsip CUDA yang tidak dapat mempassingkan abstract function. Pengembangan pada library dapat dilakukan lebih lanjut untuk memperbaiki modul ini.

Setelah keseluruhan modul dievalueasi dan dipastikan dapat diimplementasikan pada library, maka proses selanjutnya adalah uji coba pada permasalahan TSP. TSP (Traveling Salesman Problem) adalah salah satu permasalahan umum yang dapat diselesaikan pada algoritma evolusioner. Pada permasalahan ini, diberikan satu area yang terdiri dari beberapa kota pada koordinat tertentu. Tujuannya adalah pencarian rute yang dilakukan dengan jarak seminimal mungkin, untuk mengunjungi masing-masing kota minimal 1 kali. Dalam implementasinya, terdapat 2 jenis permasalahan TSP yang akan diujicobakan dalam penelitian ini, yaitu TSP Fully Connected dan TSP Semi Connected.

Permasalahan TSP Fully Connected menyatakan bahwa seluruh kota dapat terhubung dengan satu sama lain. Seluruh kota akan memiliki titik koordinat tersendiri yang dapat terhubung dengan kota yang terdapat dalam satu area TSP. Solusi berupa satu set urutan kota yang bersifat distinct, yaitu tidak ada kota yang sama dalam gen solusi. Secara tidak langsung, permasalahan ini termasuk dalam permasalahan permutasi. Permasalahan TSP ini sering kali tidak dapat diimplementasikan dalam keadaan riil yang di mana seluruh kotanya tidak pasti terhubung dan memiliki bobot jarak yang berbeda. Namun dalam implementasi, pencarian jarak kota minimal pada TSP Fully Connected dapat menjadi contoh permasalahan yang baik untuk diselesaikan.

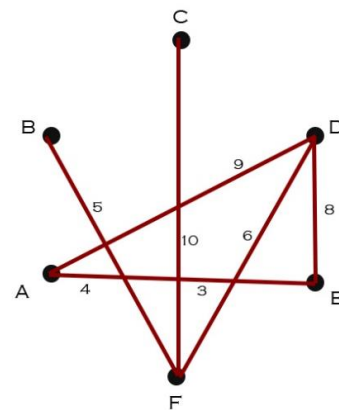
Untuk uji coba pada TSP Fully Connected yang dilakukan, jumlah kota yang digunakan adalah sebanyak 38 kota. Data yang terdapat pada dataset ini adalah koordinat yang dimiliki setiap kota, di mana perhitungan jarak koordinat pada proses selanjutnya akan menggunakan rumus Euclidian Distance. Implementasi dilakukan dengan menggunakan library GA, khususnya karena algoritma genetik dapat menyelesaikan permasalahan tipe permutasi dengan lebih mudah. Representasi solusi pada permasalahan TSP Fully Connected ini berupa integer dengan ukuran solusi sebesar 38. Nilai setiap integer ini menyatakan indeks kota dimulai dari indeks 0, di mana setiap gen pada solusi bersifat distinct dan berbeda satu sama lain. Pada pengimplementasian TSP Fully Connected, input parameter pada library GA terdiri dari jumlah generasi sebanyak 10.000, jumlah kromosom per generasi sebanyak 150, nilai crossoverRate 0,15 dan nilai mutationRate 0.35, seleksi

dengan tipe RankSelection, crossover dengan tipe PMXCrossover dan mutasi dengan tipe InversionMutation. Hasil output pada TSP Fully Connected dapat dilihat pada gambar 20.

```
Operation Finished..
Total Execution Time: 703.492981 s
Operation finished in generation 10000...
Best Fitness in last generation: 975563.500000
City Index: 26,5,2,17,21,10,8,20,28,9,34,31,27,37,29,3,12
6,7,19,24,15,22,14,18,23,11,30,36,4,32,1,13,16,0,35,33,25
```

Gambar 20. Hasil Output TSP Fully Connected

Permasalahan TSP Semi Connected menyatakan bahwa tidak seluruh kota akan terhubung dengan satu sama lain. Hal ini menyebabkan solusi pada kromosom tidak bersifat distinct, karena satu kota dapat dilewati lebih dari satu kali.



Gambar 21. Dataset TSP

Pada permasalahan TSP Semi Connected, seluruh kota tidak akan memiliki posisi khusus. Seluruh kota akan memiliki daftar indeks untuk kota yang dapat dijelajahi, beserta dengan bobotnya (jarak kedua kota). Solusi berupa satu set urutan kota yang tidak bersifat distinct, berbeda dengan permasalahan TSP Fully Connected. Permasalahan TSP ini lebih dapat diimplementasikan dalam keadaan riil yang di mana seluruh kotanya tidak pasti terhubung dan memiliki bobot jarak yang berbeda.

Untuk uji coba yang dilakukan pada TSP Semi Connected, representasi dataset yang digunakan terdapat pada gambar 15. Dataset ini berupa 6 kota yang tidak terhubung seluruhnya. Perhitungan nilai fitness untuk permasalahan ini dilakukan dengan melihat bobot yang ada, dengan penalti besar yang diberikan apabila tidak terdapat bobot antara kedua kota. Pada permasalahan TSP Semi Connected, implementasi dilakukan dengan menggunakan library WOA. Representasi solusi pada permasalahan TSP Semi Connected ini berupa integer dengan ukuran solusi sebesar 12. Ukuran solusi tersebut bernilai 12 dikarenakan satu kota dapat dikunjungi lebih dari 1 kali, untuk dapat mencapai kota lain pada permasalahan TSP Semi Connected ini. Nilai setiap integer ini menyatakan indeks kota dimulai dari indeks 0. Selain itu, library WOA juga cocok untuk penyelesaian permasalahan dengan angka sebagai representasinya. Pada pengimplementasian TSP Semi Connected ini, input

parameter hanya berupa jumlah generasi sebanyak 100 dan jumlah kromosom per generasi sebanyak 20. Hasil output pada TSP Semi Connected dapat dilihat pada gambar 22.

```
Operation Finished..
Total Execution Time: 0.362000 s
Operation Finished in generation 100...
Best Fitness in last generation: 500.000000
City Index: -4.498109,-222.436325,-69.565346,-338.626038,-92.100510,-162.764526,
-57.863350,-43.891415,-78.754044,-58.722092,-159.527786,-160.901764
```

Gambar 22. Hasil Output TSP Fully Connected

Uji coba yang dilakukan setelah TSP adalah uji coba pada permasalahan sudoku. Sudoku adalah suatu permainan berupa teka teki angka, di mana pada awalnya disediakan kotak berukuran 9x9. Kotak ini harus diisikan dengan angka 1-9, dengan peraturan tidak boleh ada angka yang sama dalam satu baris, satu kolom, dan satu kotak berukuran 3x3. Contoh sudoku beserta penyelesaiannya dapat dilihat pada gambar 23.

5	3		7					
6			1	9	5			
	9	8					6	
8			6					3
4			8	3				1
7			2					6
	6					2	8	
			4	1	9			5
			8				7	9

5	3	4	6	7	8	9	1	2
6	7	2	1	9	5	3	4	8
1	9	8	3	4	2	5	6	7
8	5	9	7	6	1	4	2	3
4	2	6	8	5	3	7	9	1
7	1	3	9	2	4	8	5	6
9	6	1	5	3	7	2	8	4
2	8	7	4	1	9	6	3	5
3	4	5	2	8	6	1	7	9

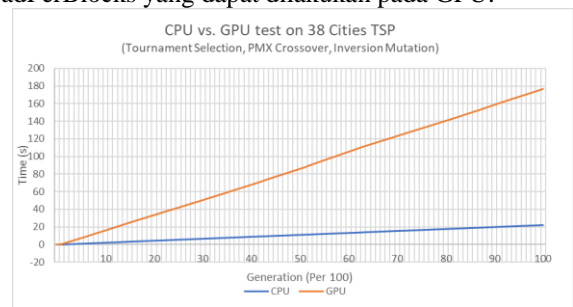
Gambar 23. Contoh Sudoku dan Penyelesaiannya

Pada persiapan uji coba pada Sudoku, akan dijelaskan mengenai dataset TSP, representasi solusi untuk kode pada library, dan input parameter GA. Untuk uji coba yang dilakukan pada Sudoku, disediakan soal sudoku tingkat medium yang dapat dilihat pada gambar 25. Dataset ini berupa kotak 9x9 dengan 21 angka yang terisi. Representasi solusi pada permasalahan Sudoku ini berupa integer dengan ukuran solusi sebesar 81. Nilai setiap integer ini menyatakan angka pada kotak sudoku yang mempunyai range dari 1-9. Pada permasalahan Sudoku, implementasi dilakukan dengan menggunakan library GA, dengan crossover dan mutasi yang tidak diperuntukkan permasalahan dengan tipe permutasi. Pada pengimplementasian Sudoku ini, input parameter pada library GA terdiri dari jumlah generasi sebanyak 10.000, jumlah kromosom per generasi sebanyak 150, crossoverRate 0.15 dan mutationRate 0.35, seleksi Tournament Selection, crossover Multi Point Crossover, mutasi Random Resetting. Hasil output pada Sudoku dapat dilihat pada gambar 24.

```
Operation Finished..
Total Execution Time: 698.310974 s
Operation finished in generation 10000...
Best Fitness in last generation: 3.000000
Best Sudoku:
5 3 4 5 4 7 2 6 8
6 8 9 2 1 2 3 6 7
7 3 7 9 6 3 4 9 8
1 3 1 6 5 8 4 2 7
8 2 3 4 1 9 5 7 6
4 4 5 2 3 6 7 1 3
1 9 5 7 8 4 2 3 6
9 7 8 6 3 2 4 1 5
1 3 4 1 2 4 6 5 7
```

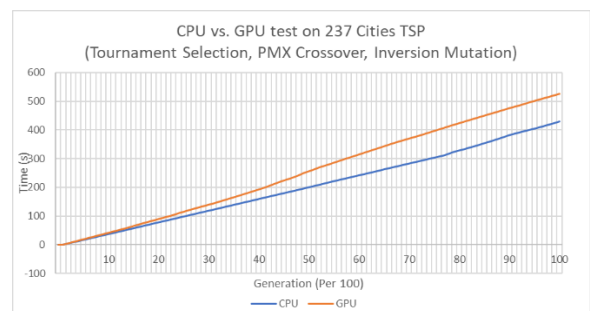
Gambar 24. Hasil Output Sudoku

Uji coba terakhir yang dilakukan adalah perbandingan kecepatan CPU dan GPU. Untuk tahap perbandingan kecepatan pada GPU dan CPU, dilakukan testing dengan berbagai parameter untuk library GA dan WOA. Uji coba pada library GA digunakan dalam permasalahan TSP Fully Connected dengan menggunakan Rank Selection, PMX Crossover, dan Inversion Mutation, sementara testing pada library WOA digunakan dalam permasalahan Sudoku. Perbandingan dilakukan dengan kode CPU yang telah dibuat oleh penulis, dengan perbandingan kode seminimal mungkin. Untuk test pada TSP, . Dataset yang digunakan adalah berupa 38 kota dan 237 kota. Ukuran solusi adalah 38 dan 237, jumlah solusi per generasi adalah 40 dan 100, dan jumlah generasi yang digunakan pada testing adalah berjumlah sampai 10.000 generasi. Maksimum dari jumlah solusi per generasi yang dapat dilakukan adalah 1.024, mengingat angka tersebut adalah angka maksimum dari threadPerBlocks yang dapat dilakukan pada GPU.



Gambar 25. Hasil Testing TSP pada library GA (40 Kromosom Per Generasi)

Pada gambar 25, hasil testing TSP menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Hal ini dikarenakan proses PMX Crossover yang membutuhkan banyak iterasi, meskipun implementasi dilakukan pada GPU. Hal ini menjadi suatu tantangan apabila hasil program dikembangkan lebih jauh lagi, untuk dapat berpikir secara paralel pada PMX Crossover. Kecepatan GPU juga menjadi lebih lambat karena implementasi hanya dilakukan pada 38 kota dan 40 kromosom per generasi, sehingga terjadi bottleneck pada transfer memori.



Gambar 26. Hasil Testing TSP pada library GA (100 Kromosom Per Generasi)

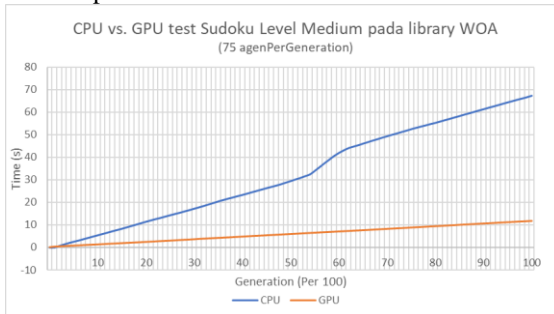
Pada gambar 26, hasil testing TSP menunjukkan hasil yang tetap kurang memuaskan, tetapi lebih baik dari hasil testing problem TSP sebelumnya. Peningkatan kecepatan terjadi karena jumlah kromosom pada algoritma lebih besar dari sebelumnya, yaitu sebanyak 8 kali lebih banyak dari

jumlah kota sebelumnya. Meskipun begitu, kecepatan yang dihasilkan masih kurang memuaskan dan dapat dioptimalkan lebih lanjut lagi

			5	4				8
6					2	3		
	7				3		9	
	3	1		5				2
	4			3		7	1	
	9		7			2		
		8	6					5
1				2	4			

Gambar 27. Sudoku Dataset

Untuk dataset sudoku level medium yang dapat dilihat pada gambar 27 pada subbab Uji Coba Sudoku. Percobaan dilakukan dengan library WOA. Ukuran solusi secara otomatis bernilai 81, jumlah solusi per generasi bervariasi dari 75 sampai 1.000, dan jumlah generasi yang digunakan pada testing adalah berjumlah sampai 10.000 generasi. Maksimum dari jumlah solusi per generasi yang dapat dilakukan adalah 1.024, mengingat angka tersebut adalah angka maksimum dari threadPerBlocks yang dapat dilakukan pada GPU.



Gambar 28. Hasil Testing Sudoku pada library WOA (75 Agen Per Generasi)

Pada gambar 28, hasil testing Sudoku menunjukkan kenaikan kecepatan dengan menggunakan GPU sebesar kira-kira 6 kali lebih cepat saat generasi mencapai angka 10.000. Hal ini merupakan hasil rata-rata dari lima percobaan yang dilakukan untuk masing-masing CPU dan GPU. Peningkatan kecepatan pada proses GPU dapat dilihat dimulai dari 100 generasi karena peristiwa bottleneck pada pentransferan memori pada GPU Programming. Selain itu, masih terdapat anomali yang dapat dilihat dimulai dari generasi 55 sampai 62. Masih belum diketahui penyebab anomali pada generasi tersebut. Selanjutnya, dilakukan testing untuk angka agen per generasi yang lebih besar, yaitu 500 dan 1000. Hasil uji coba untuk permasalahan

Sudoku level medium dengan 500 dan 1.000 agen per generasi dapat dilihat pada gambar 29.



Gambar 29. Hasil Testing Sudoku pada library WOA (75 Agen Per Generasi)

Pada percobaan testing dengan 500 dan 1.000 agen per generasi pada gambar 5.11, dihasilkan kecepatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan pada CPU. Hal ini dapat dilihat pada perbedaan kecepatan yang menonjol dimulai dari generasi ke-200. Peningkatan kecepatan dengan banyak agen per generasi ini mencapai 9 sampai 10 kali lipat lebih cepat dari implementasi CPU pada generasi 10.000. Hal ini menunjukkan bahwa dalam permasalahan kecepatan, library WOA yang dibuat telah melebihi kecepatan CPU dalam penyelesaiannya.

VII. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba yang dilakukan, hasil output dari library yang dihasilkan sudah cukup sesuai dengan konteks permasalahan. Dalam segi kecepatan, library yang dihasilkan mampu meningkatkan kecepatan, apabila jumlah generasi dan solusi per generasi sangatlah besar. Namun, kecepatan ini tidak terjadi pada seluruh bagian library, seperti pada PMX Crossover di library GA yang memberikan kecepatan yang lebih lambat dari implementasi CPU. Pengembangan library ini dapat dilakukan lebih jauh untuk meningkatkan fungsionalitas dan kecepatan pada library.

PERAN PENULIS

Setiap penulis memiliki kontribusi yang sama dalam Analisis Formal, Investigasi, Administrasi Proyek, Sumber Daya, Perangkat Lunak, Validasi, Visualisasi, Penulisan Penyusunan Draf Asli, Penulisan Review & Penyuntingan.

COPYRIGHT


This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Haldurai, T. Madhubala, and R. Rajalakshmi, "A study on genetic algorithm and its applications," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 10, p. 139, 2016.
- [2] A. Thengade and R. Dondal, "Genetic algorithm--survey paper," in *MPGI national multi conference*, 2012, pp. 7–8.
- [3] A. Lambora, K. Gupta, and K. Chopra, "Genetic algorithm-A literature review," in *2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon)*, 2019, pp. 380–384.
- [4] P. Pickerling, H. Armanto, and S. K. Bastari, "Multilevel Image Thresholding Memanfaatkan Firefly Algorithm, Improved Bat Algorithm, dan Symbiotic Organisms Search," *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.52985/insyst.v1i1.24.
- [5] H. Armanto, R. Kevin, and P. Pickerling, "Perencanaan Perjalanan Wisata Multi Kota dan Negara dengan Algoritma Cuttlefish," *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.52985/insyst.v1i2.91.
- [6] O. Quan and H. Xu, "The study of comparisons of three crossover operators in genetic algorithm for solving single machine scheduling problem," in *2015 6th International Conference on Manufacturing Science and Engineering*, 2015, pp. 293–297.
- [7] K. Puljić and R. Manger, "Comparison of eight evolutionary crossover operators for the vehicle routing problem," *Math. Commun.*, vol. 18, no. 2, pp. 359–375, 2013.
- [8] P. H. P. Rosa, H. Sriwindono, R. A. Nugroho, A. M. Polina, and K. Pinaryanto, "Comparison of crossover and mutation operators to solve teachers placement problem by using genetic algorithm," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1566, no. 1, p. 12021.
- [9] S. Mirjalili and A. Lewis, "The Whale Optimization Algorithm," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 95, 2016, doi: 10.1016/j.advengsoft.2016.01.008.
- [10] B. D. Shivahare, M. Singh, A. Gupta, S. Ranjan, D. Pareta, and B. M. Sahu, "Survey Paper: Whale optimization algorithm and its variant applications," in *2021 International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)*, 2021, pp. 77–82.
- [11] F. S. Gharehchopogh and H. Gholizadeh, "A comprehensive survey: Whale Optimization Algorithm and its applications," *Swarm Evol. Comput.*, vol. 48, pp. 1–24, 2019.
- [12] J. Ghorpade, J. Parande, M. Kulkarni, and A. Bawaskar, "GPGPU processing in CUDA architecture," *arXiv Prepr. arXiv1202.4347*, 2012.
- [13] D. Kirk, B. S. Center, and others, "NVIDIA CUDA software and GPU parallel computing architecture," 2008.
- [14] R. S. Dehal, C. Munjal, A. A. Ansari, and A. S. Kushwaha, "GPU Computing Revolution: CUDA," in *2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*, 2018, pp. 197–201.
- [15] R. S. Sinha, S. Singh, S. Singh, and V. K. Banga, "Accelerating genetic algorithm using general purpose GPU and CUDA," *Int. J. Comput. Graph.*, vol. 7, no. 1, pp. 17–30, 2016.
- [16] M. Oiso, Y. Matsumura, T. Yasuda, and K. Ohkura, "Implementation Method of Genetic Algorithms to the CUDA Environment using Data Parallelization," *J. Japan Soc. Fuzzy Theory Intell. Informatics*, vol. 23, no. 1, pp. 18–28, 2011.

Aspect based Sentiment Analysis Aduan Mahasiswa UMSIDA Dimasa Pandemi Menggunakan LSTM

Bayu Anggara Putra¹, Yosi Kristian¹, Esther Irawati Setiawan¹ and Joan Santoso¹

¹ Departemen Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Bayu Anggara Putra (e-mail: bayu1@mhs.stts.edu).

ABSTRACT The large number of complaint data from Muhammadiyah Sidoarjo University (UMSIDA) students who were affected by the Covid-19 pandemic outbreak, with the implementation of community activity restrictions (PPKM). UMSIDA formed a team named the Umsida Covid-19 Command Center (UCCC), with the aim of implementing a Covid-19 prevention and action program, with the hope that researchers would like to facilitate the delivery of information / student complaints, especially to the UCCC team as consideration in carrying out an activity. decision to deal with the current covid pandemic. Multi aspect sentiment analysis brings something new, to understand user opinions and ratings expressed online. With the aim of classifying subjective texts by labeling polarity, the formation of word vector representation using Word Embedding Global Vector (Glove) is carried out in combination with sentiment analysis training with Long Short Term Memory (LSTM) based classification. Student complaint modeling is done to get vector representation using LSTM. Here, each word of the sentence occupies one LSTM processing step, and the output of the last word is used as the expression of the sentence. The results of the study using Indonesian language student complaints showed that from multi 3 aspects (economics, education and health) they got 82% accuracy and 2 sentiments (positive and negative) got 80% accuracy, thus getting an average accuracy value of 81%. It can be concluded that this accuracy can be used as a multi-aspect classification and sentiment analysis.

KEYWORDS Analisis Sentiment, Covid-19, Deep Learning, Long Short Term Memory, Multi Aspect.

ABSTRAK Banyaknya data aduan Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) yang terdampak wabah pandemi Covid19, dengan pemberlakuan pembatasan kegiatan masyarakat (PPKM). UMSIDA membentuk sebuah tim yang diberi nama Umsida Covid-19 Command Center (UCCC), dengan tujuan pelaksanaan program pecegahan dan aksi penanganan Covid-19, dengan harapan peneliti ingin mempermudah penyampaian informasi / aduan mahasiswa, khususnya terhadap tim UCCC sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan suatu keputusan untuk menghadapi pandemi covid saat ini. Multi aspect sentiment analysis menghadirkan sesuatu yang baru, untuk memahami pendapat dan penilaian pengguna yang diungkapkan secara online. Dengan tujuan untuk mengklasifikasikan teks subjektif dengan memberi label polaritas, Pembentukan representasi vektor kata menggunakan Word Embedding Global Vector (Glove) dilakukan secara kombinasi dengan pelatihan analisis sentiment dengan klasifikasi berbasis Long Short Term Memory (LSTM). Pemodelan aduan mahasiswa dilakukan untuk mendapatkan representasi vektor menggunakan LSTM. Di sini, setiap kata dari kalimat menempati satu langkah pemrosesan LSTM, dan output dari kata terakhir digunakan sebagai ekspresi kalimat. Hasil dari penelitian menggunakan aduan mahasiswa bahasa Indonesia menunjukkan dari multi 3 aspect (ekonomi, pendidikan dan kesehatan) mendapatkan akurasi 82% dan 2 sentiment (positif dan negatif) mendapatkan akurasi 80% dengan demikian didapatkan nilai rata-rata Akurasi 81%. dapat disimpulkan akurasi tersebut bisa digunakan sebagai klasifikasi multi aspect dan sentiment analisis.

KATA KUNCI Analisis Sentiment, Deep Learning, Covid-19, Long Short Term Memory, Multi Aspect.

I. PENDAHULUAN

Awal tahun 2020, seluruh dunia dihebohkan dengan mewabahnya varian baru virus corona, yang diberi nama Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Asal dan usul virus ini diketahui dari kota Wuhan, China, pada akhir Desember 2019. Sejauh ini, 213 negara telah dikonfirmasi, termasuk Indonesia (7 Juli 2020) [1]. Di Indonesia saat ini keadaan semakin genting, dikarenakan virus Corona yang sangat cepat menyebar ke berbagai penjuru, serta banyaknya varian baru yang muncul dari virus ini, sehingga ribuan orang meninggal dunia akibat Covid. Dalam mengantisipasi penyebaran virus ini, pemerintah Indonesia telah menerapkan beberapa kebijakan, mulai dari era New Normal, PSBB (Pembatasan Sosial Berskala Besar) [2], (Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat) di wilayah Jawa-Bali, PPKM Mikro, hingga PPKM Darurat [3]. Dengan berlakunya PPKM banyak sekali masyarakat atau mahasiswa yang dirugikan dalam hal perekonomian, pendidikan dan kesehatan. Masa PPKM ini berlaku kurang lebih selama 3 minggu.

Pelaksanaan PPKM ini banyak berimplikasi pada masyarakat kelas bawah dan atas dalam kaitannya dengan kebiasaan sehari-hari, mulai dari penutupan jalan, pembatasan jam malam hingga bekerja dengan WFH 50-100%. Pemberlakuan PPKM ini juga berdampak pada mahasiswa/pelajar, sebagaimana telah disampaikan oleh Menteri Pendidikan bahwa pembelajaran tatap muka yang awalnya telah disetujui dan dimulai pada bulan Juli dengan menerapkan protokol kesehatan akhirnya ditunda untuk yang kesekian kalinya.

Selain terdampak dibidang pendidikan dengan pembelajaran tatap muka yang ditunda, sebagian besar mahasiswa juga terdampak dibidang kesehatan dan ekonomi khususnya mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Beberapa mahasiswa terdampak dalam bidang kesehatan yang terpapar Covid-19 beserta keluarga, yang mengharuskan mahasiswa dan keluarga melakukan isolasi mandiri dirumah. Dengan melakukan isolasi mandiri dirumah, secara tidak langsung anggota keluarga mahasiswa yang bekerja akan diliburkan, sehingga pemasukan ekonomi keluarga juga berkurang yang mengakibatkan mahasiswa beserta keluarga mengalami kesulitan dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa pemberlakuan PPKM sangat berdampak sekali pada masyarakat, khususnya mahasiswa

Banyaknya mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) yang terdampak pandemi Covid 19 dengan pemberlakuan PPKM ini, Umsida membentuk sebuah tim yang diberi nama Umsida Covid-19 Command Center (UCCC) yang merupakan bagian dari MCCC (Muhammadiyah Covid-19 Comand Centre) yaitu tim pelaksanaan program pencegahan dan aksi penanganan Covid-19 [4]. UCCC ini dibentuk untuk melaksanakan program yang sama dengan MCCC, namun dalam lingkup kampus Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Dari program UCCC ini ada banyak data aduan yang dapat dimanfaatkan oleh peneliti. Peneliti ingin mempermudah penyampaian informasi / aduan mahasiswa

khususnya terhadap tim Umsida Covid-19 Command Center (UCCC) sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan suatu keputusan untuk menghadapi pandemi saat ini

Analisis opini bertujuan untuk mengklasifikasikan data tekstual menjadi pernyataan yang mendukung, bertentangan, atau menetralkan pernyataan atau tujuan [5] daripada peneliti di bidang bahasa, pemersatu pikiran atau pendapat. Pengolahan dilakukan untuk secara otomatis melakukan analisis opini pada ringkasan teks, pengumpulan informasi, pengambilan keputusan, dan survei lainnya [6], [7]. Analisis opini dapat dianggap sebagai bagian dari penambangan opini [8], dan banyak teknik algoritmik seperti K-NN, pohon keputusan, dan hutan acak dapat digunakan untuk analisis opini [9], yang merupakan hasil penelitian menggunakan LSTM. akurasi sangat tinggi dalam analisis opini pada SemEval 2016 menggunakan algoritma dan arsitektur deep learning [10], dan analisis opini publik yang baik pada berita kesehatan berbahasa Indonesia menggunakan model kalimat berbasis LSTM, mencapai akurasi tinggi [11].

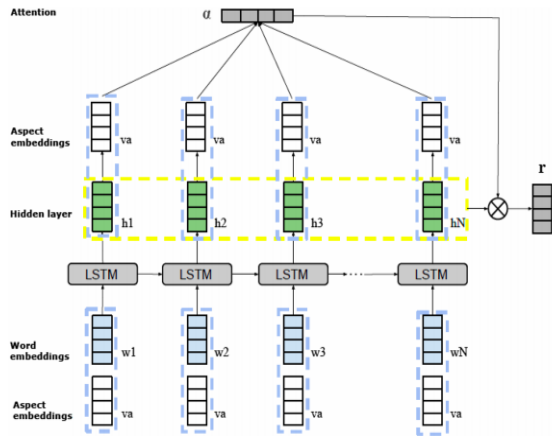
Tujuan umum dari pengolah kata hari ini adalah analisis sentimen dan klasifikasi teks [12], [13], di mana peneliti dapat menggunakan analisis sentimen berbasis aspek atau penambangan opini, yang merupakan studi opini tekstual dengan bantuan komputer. Pendapat dapat dibagi menjadi dua nilai suasana hati: positif dan negatif. Serta 3 aspect base yaitu pendidikan, ekonomi dan kesehatan. Berdasarkan konsep-konsep yang digambarkan di atas peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dimasa pandemi COVID-19 pada masa PPKM dengan judul penelitian "Aspect-Based Sentiment Analysis Terhadap Aduan Mahasiswa UMSIDA Di Masa Pandemi Menggunakan LSTM".

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Mohammad Al-Smadi, Bashar, Mahmoud AlAyyoub dan Yaser Jararweh [14] melakukan analisis sentiment berbasis aspect dari ulasan Hotel Arab menggunakan dua implementasi jaringan saraf memori jangka pendek (LSTM). Yang pertama adalah (a) LSTM dua arah tingkat karakter bersama dengan pengklasifikasi bidang secara acak bersyarat (Bi-LSTM-CRF) untuk ekstraksi ekspresi target opini aspect (OTE), dan yang kedua adalah (b) LSTM berbasis aspect untuk klasifikasi polaritas sentiment aspect di mana aspectOTE dianggap sebagai ekspresi untuk mendukung identifikasi polaritas sentiment.

Misalnya, ulasan tentang Hotel mungkin berisi ekspresi sentiment yang berbeda dalam ulasan yang sama (misalnya, "Harga kamar terjangkau, tetapi lokasi hotel jauh dari pusat kota"). Review seperti contoh ini membutuhkan jenis analisis sentiment lain yang disebut analisis sentiment berbasis aspect (ABSA). ABSA memperhatikan meninjau aspect dan sentiment yang sesuai (yaitu, Harga Kamar: Positif, Lokasi Hotel: Negatif). Dengan demikian, tiga tugas utama dapat ditentukan untuk ABSA T1: identifikasi kategori aspect

alokasi, T2: ekstraksi ekspresi target opini aspect (OTE), dan T3: identifikasi polaritas sentiment aspect, pada penelitian ini berfokus pada tugas T2 dan T3 saja, Peneliti melakukan literatur LSTM dengan aspect embedding (ATAELSTM), LSTM tergantung target, dan target-koneksi LSTM. Seperti yang seperti gambar 1.



GAMBAR 1. model LSTM klasifikasi polaritas sentiment (AB-LSTMPC) [5]

LSTM berbasis aspect untuk model klasifikasi polaritas sentiment (AB-LSTM-PC) menghitung (a) apa yang disebut vektor bobot perhatian berbasis pada saling ketergantungan antara kata-kata yang dimodelkan (mis. embeddings kata) dan aspect potensinya (yaitu aspect embeddings), (b) representasi tersembunyi berbobot r yang mewakili kalimat dengan aspect tertentu Dataset disiapkan bagian dari SemEval-2016 Task-5 pada ABSA multibahasa Dataset memiliki 24.028 Tupel beranotasi ABSA dibagi sebagai (19.226) untuk pelatihan dan (4802) untuk pengujian. Selain itu, dataset telah dianotasi pada 5 tingkat teks (2291 teks ulasan) dan tingkat kalimat (6029 kalimat beranotasi). Hanya tingkat kalimat menjadi sasaran dalam penelitian ini.

Hasil eksperimen menunjukkan pendekatan yang peneliti lakukan mengungguli eksperimen dasar dan terkait pada dataset, hasil baseline sebagai berikut: ($F-1 = 31\%$) untuk T1, dan (Akurasi = 76%) untuk T2. Hasil untuk pendekatan sebagai berikut: untuk T1, Bi-LSTM-CRF berdasarkan embeddings kata word2vec tercapai ($F-1 = 66\%$) dan ($F-1 = 67\%$) di embeddings karakter faestText untuk tugas yang sama.

Pada Peneliti Analisis Sentiment berbasis aspect untuk perjalanan dan pariwisata ini mengumpulkan data ulasan hotel dan ulasan restoran di masing-masing halaman utama, status dan komentar Facebook [15]. Analisis Sentiment dapat dikategorikan menjadi 3 bagian diantara lain: sebagai analisis sentiment tingkat dokumen, analisis sentiment tingkat kalimat dan berbasis aspect analisis sentiment sebagai

berikut. Kategori dokumen: Sentiment keseluruhan dari dokumen lengkap diputuskan di level ini.

Misalnya, jika review produk diberikan, tugasnya adalah untuk memutuskan apakah itu menyampaikan keseluruhan negatif atau pendapat positif tentang produk. Tugasnya adalah memverifikasi apakah seluruh dokumen negatif, positif atau netral.

Kategori kalimat: Pekerjaan pada fase ini adalah terbatas pada kalimat dan uji apakah setiap kalimat menyampaikan pendapat negatif, positif atau netral. Pertama, kalimat diklasifikasikan sebagai tujuan atau subyektif dan kemudian kalimat yang subyektif dikategorikan sebagai positif, negatif atau netral. Kategori aspect dan entitas: kategori ini lebih menantang daripada dua lainnya.

Peneliti mengumpulkan data ulasan, postingan status, dan komentar dari halaman Facebook. Peneliti hanya mengumpulkan data bahasa Myanmar Dalam Peneliti ini kumpulan sekitar 1000 (seribu) ulasan pelanggan untuk domain hotel dan restoran dari media social Halaman Facebook.

Hasil dari jaringan (LSTM dua arah) mengambil data yang sama sebagai yang pertama dan mengembalikan prediksi yang aspect yang paling mungkin terkandung dalam kalimat dan menggunakan hasil dari jaringan pertama untuk mengembalikan jumlah aspect yang benar.

Pada peneliti ini meneliti tentang komentar wisatawan meliputi informasi pemasaran, umpan balik ke layanan dan sentiment pelanggan, yang sangat penting untuk meningkatkan pengelolaan situs wisata dengan cara: merancang pola operasi yang lebih efektif.

Analisis sentiment untuk komentar turis adalah kombinasi pemrosesan bahasa alami dan pembelajaran mesin. Berbeda dengan bahasa Inggris tersegmentasi pada spasi, teks Cina membutuhkan tokenizer seperti sebagai Jieba dan ICTCLAS dll untuk mengubahnya menjadi urutan kata-kata.

Penyematan kata yang memetakan kata atau frasa ke vector bilangan real banyak digunakan untuk menangkap sintaksis yang bermakna dan keteraturan semantik membantu algoritma pembelajaran untuk mencapai kinerja yang lebih baik dalam tugas pemrosesan bahasa alami dengan mengelompokkan kata-kata yang mirip.

Basis data peneliti ini berisi 1.000.000 komentar berlabel tiga kelas, positif, netral dan negatif dilambangkan sebagai 1, 2 dan 3 masing-masing. Panjangnya komentar bervariasi dari nol hingga 536 karakter Cina, umum dalam 35 hingga 155 karakter Cina. Panjang rata-rata komentar adalah sekitar 76 karakter Cina.

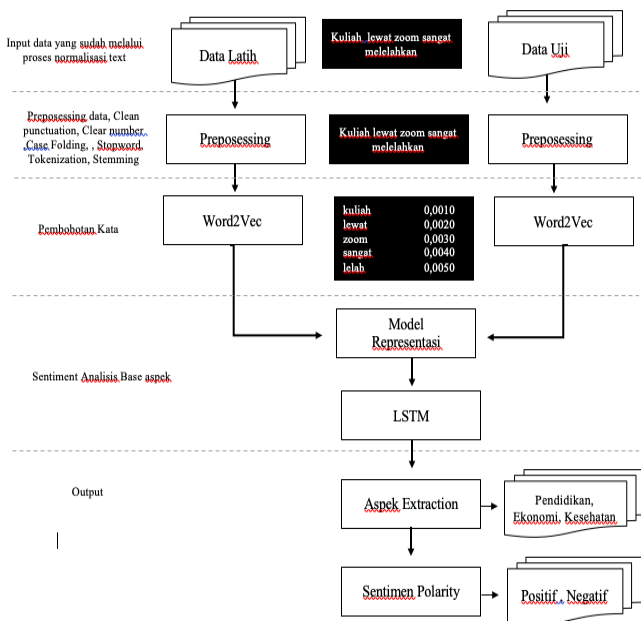
Hasil eksperimen menunjukkan bahwa akurasi untuk analisis sentiment dengan CNN yang dibangun di atas model

LSTM ditingkatkan masing-masing sebesar 3,13% dan 1,71%, dibandingkan dengan yang terpisah CNN dan model LSTM.

III. PERANCANGAN

Dalam pembahasan ini, peneliti akan mengelaborasi desain arsitektur sistem, serta arsitektur dan algoritme alternatif yang digunakan.

Peneliti membuat desain arsitektur multi aspect dan sentiment dengan urutan sebagai berikut : pertama data aduan mahasiswa, kedua proses untuk preprocessing data aduan agar nanti saat di proses ke LSTM data lebih baik, ketiga proses word embedding saat ini peneliti menggunakan global vector (Glove) dalam penanganannya, keempat proses perhitungan menggunakan metode long short term memory (LSTM), kelima yaitu mencari hasil dari aspect based dan keenam mencari hasil sentiment analisis, seperti itu konsep dalam penelitian ini, arsitektur penelitian klasifikasi multi aspect dan sentiment ditunjukkan pada gambar. 2

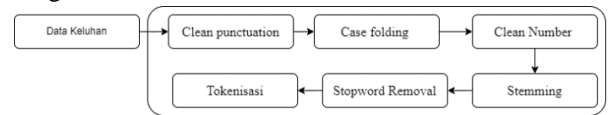


GAMBAR 2. Arsitektur Penelitian Multi Aspect dan Sentiment Analisis
Gambar, 4 Arsitektur Penelitian Multi Aspect dan Sentiment Analisis

A. PREPROCESSING

Proses preprocessing ini adalah proses yang berjalan sebelum mengolah data dengan cara yang ingin digunakan. Proses ini berjalan secara sistematis dalam sebuah aplikasi pengolah data Python. Penggantian Singkatan Proses ini merupakan perubahan singkatan yang diubah menjadi teks. Singkatan dan kata-kata sederhana diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia yang baik oleh tim analis khususnya tim

umsida covid command centre (UCCC) yang bergerak di bidang kesosialan.



GAMBAR 3. Tahap Preprocessing

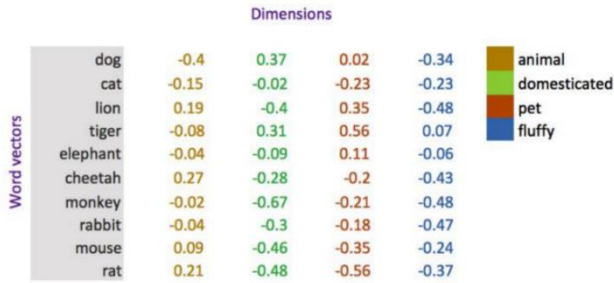
Gambar 3, 6 tahap preprocessing:

- Clean punctuation**
yaitu Menghapus tanda baca yang ada dalam dokumen kecuali tanda koma (,) atau titik(.) agar bisa memisahkan bebrapa kalimat.
- Case Folding**
Case folding adalah Melipat huruf besar dan huruf kecil adalah proses mengubah semua huruf besar menjadi huruf kecil.
- Clean Number**
Clean Number jika menggunakan angka sebelum atau sesudah kata dalam data aduan mahasiswa anda, angka tersebut akan dihapus karena tidak ada manfaat dari survei ini.
- Stemming**
Steeming yaitu proses menghilangkan awalan, sisipan, dan akhiran. Sehingga kata yang disimpan atau diproses adalah sebuah kata dasar.
- Stopword Removal**
menghapus stopwords dalam proses ini menghapus kata-kata yang sering muncul tetapi tidak berpengaruh. Kata-kata yang mengandung kata ini adalah kata-kata seperti "yang", "dan", "di", "dari", termasuk protokol kesehatan dan virus corona/covid19..
- Tokenisasi**
Tokenisasi ini adalah proses memisahkan kata-kata. Fase tokenizer dimulai dengan memisahkan bagian-bagian aduan yang dipisahkan oleh ruang. Kemudian token diberikan pada beberapa kata yang diproses pada tahap selanjutnya

B. PROSES WORD EMBEDDING

Proses penyisipan kata ini melakukan teknik yang mengubah kalimat teks menjadi teks vektor yang mewakili makna kata. Ukuran vektor bervariasi dari 50 hingga 300 vektor dimensi [16]. Nilai vektor ini nantinya akan digunakan sebagai masukan untuk proses pelatihan dan pengujian LSTM. Setiap catatan pengaduan mahasiswa dihitung dengan catatan terpanjang dalam catatan. Kemudian, jika kalimat lebih pendek dari panjang kalimat terpanjang, sisa kalimat diberi skor 0, atau kata-kata acak yang tidak dipahami diberi skor 0. Atau, umumnya dikenal sebagai padding dengan menambahkan 0 sebelum dan

sesudah himpunan untuk menghitung setiap himpunan dengan panjang vektor yang sama. Untuk mengubah kalimat menjadi vektor, penulis menggunakan GloVe (Global Vector) [17]. Berikut adalah contoh kata vektor



GAMBAR 4. WordVector[15]

Setiap kata dalam vektor memiliki nilai yang sama dengan dimensi yang ditentukan. Nilai vektor kata sebuah kata mungkin memiliki kesamaan dengan kata-kata serupa. Misalnya, singa dan cheetah memiliki statistik yang tidak jauh dari dimensi hewan.

C. Proses Training LSTM

Dalam proses pelatihan LSTM ini, peneliti mempelajari aplikasi RNN. RNN adalah sejenis jaringan syaraf tiruan, dan output yang dihasilkan dapat digunakan kembali sebagai proses input untuk perhitungan lebih lanjut. Hal ini menyebabkan RNNs memperhatikan urutan sebagai salah satu karakteristik pembelajaran [18].

RNN juga dapat disembunyikan. Ini adalah memori jaringan saraf yang dihitung dari keadaan tersembunyi sebelumnya. Long short-term memory (LSTM) adalah jenis RNN dengan empat lapisan jaringan saraf tiruan yang berinteraksi di setiap keadaan tersembunyi [8]. LSTM juga memiliki empat jenis gerbang yang berinteraksi dan berada dalam keadaan sel. Hal ini memungkinkan informasi mengalir dari satu keadaan tersembunyi ke keadaan berikutnya, tanpa banyak atau tanpa perubahan [19].

Dalam arsitektur RNN, ada input X, keadaan tersembunyi A, dan output t, masing-masing pada waktu t. Keadaan tersembunyi Di dalam (1) adalah memori jaringan syaraf tiruan yang dihitung dari keadaan tersembunyi sebelumnya. U, V, dan W adalah bobot beberapa lapisan RNN. Tidak seperti ANN biasa yang memiliki bobot berbeda untuk setiap layer, metode RNN memiliki bobot yang sama untuk semua layer.

$$A_t = f(x_t.U + A_{t-1}.W) \quad (1)$$

Peneliti dapat menggunakan fungsi tanh atau ReLU untuk fungsi f. Hipotesis h diberikan pada (2).

$$h_t = \text{softmax}(A_t.V). \quad (2)$$

Langkah pertama dalam mengoperasikan jaringan LSTM adalah menggunakan gerbang oblivion f yang

dijelaskan pada (3) untuk menghapus informasi dari status sel. Vektor pertama yang disalin 1 dilewatkan ke gerbang oblivion terlebih dahulu. Dimana b adalah nilai bias.

$$f_t = \sigma(W_f.[h_{t-1}, x_t] + b_f). \quad (3)$$

Jaringan LSTM kemudian menggunakan gerbang input yang ditunjukkan pada (4) untuk memperbarui informasi baru tentang status sel. Gerbang ini bertanggung jawab untuk menentukan informasi tentang status sel yang akan diperbarui.

$$i_t = \sigma(W_i.[h_{t-1}, x_t] + b_i). \quad (4)$$

Pada saat yang sama, vektor yang sama dilewatkan ke lapisan tanh, rentang nilai dalam vektor diubah menjadi bilangan real antara -1 dan 1, dan keadaan et dari sel kandidat yang ditunjukkan pada (5).

$$\tilde{C}_t = \text{tanh}(W_c.[h_{t-1}, x_t] + b_c). \quad (5)$$

Vektor yang melewati gerbang input dan lapisan tanh kemudian melakukan operasi perkalian titik demi titik, hanya menyisakan output yang diinginkan dalam keadaan sel. Dengan demikian, manipulasi vektor setelah melewati tiga gerbang LSTM dan lapisan tanah adalah untuk menghasilkan nilai keadaan sel yang sesuai (6).

$$C_t = f_t.C_{t-1} + i_t.C_t. \quad (6)$$

Langkah terakhir adalah menentukan gerbang keluaran pada (7). Vektor 1 disalin dan diteruskan ke gerbang keluaran.

$$o_t = \sigma(W_o.[h_{t-1}, x_t] + b_o). \quad (7)$$

Pada saat yang sama, itu disalin dan diteruskan ke Lapistan. Setelah melewati lapisan tanh, ia bertemu Ot dalam operasi perkalian pointwise dan menjadi nilai output dari sel yang sesuai (8).

$$h_t = o_t * \text{tanh}(C_t). \quad (8)$$

LSTM memiliki gerbang lupa gabung dan varian lain yang menggunakan gerbang input yang disebut gerbang lupa input gabung LSTM. Variasi ini menentukan ukuran gerbang pelupa dan gerbang input pada saat yang bersamaan, tidak terpisah. Dalam variasi ini, ukuran gerbang input tergantung pada ukuran gerbang oblivion yang ditunjukkan pada (9).

$$C_t = f_t * C_{t-1} + (1 - f_t) * \tilde{C}_t. \quad (9)$$

Dalam variasi ini, ukuran gerbang input tergantung pada ukuran gerbang oblivion. Rumus diatas merupakan rumus untuk fase forward propagation LSTM yang digunakan untuk menerima input dan menghasilkan output data pengaduan. Fase Forward Propagation Setelah proses, ada juga fase backpropagation yang membantu menghitung

jumlah perubahan yang diperlukan untuk memperbarui bobot yang ada. Berbeda dengan fase forward propagation, proses pada fase backpropagation berjalan dari last time step ke first time step.

Analisis opini menggunakan LSTM menggunakan LSTM untuk memproses pernyataan pada setiap langkah waktu [20]. Analisis sentimen dan tugas berbasis aspek ketidakpuasan mahasiswa menggunakan representasi vektor ketidakpuasan mahasiswa untuk Covid19 yang diberikan sebagai input ke LSTM pada langkah pertama, dan representasi vektor terkait ketidakpuasan mahasiswa adalah yang kedua. LSTM.

Varian LSTM terutama digunakan untuk analisis dan multi-aspek. Yaitu, Coupled-Input-Lupakan-Gate LSTM. Keluaran dari langkah kedua adalah representasi pengaduan mahasiswa terhadap data pengaduan yang bersangkutan. Outputnya kemudian diteruskan ke lapisan yang terhubung penuh untuk mendapatkan probabilitas label. Label probabilitas kemudian diteruskan ke lapisan softmax untuk analisis sentimen dan ke lapisan sigmoid untuk basis multi-aspek untuk probabilitas yang lebih baik.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. DATASET

Adapun dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data aduan mahasiswa umsida sebanyak 3000 dokumen. Dokumen tersebut bersumber dari penyebaran kuesioner pada bulan April-Juli 2021 yang di ambil secara online. Pada penelitian ini pengambilan data mahasiswa tersebut menggunakan sistem umsida berbasis website dengan url <https://form.umsida.ac.id>.

Setelah penyebaran kuesioner data aduan hasil dikumpulkan jadi satu bentuk excel. Setiap aduan akan diberikan label secara manual yang mewakili keluhan mahasiswa, label kelas multi terdiri dari 3 jenis yaitu pendidikan, kesehatan, dan ekonomi yang di jadikan multi label menjadi 7 kelas, serta terdapat sentiment analysis yaitu positif dan negatif.

Dengan adanya data aduan dari mahasiswa peneliti meminta bantuan dari team UCCC untuk memberikan pelabelan aspect based dan sentiment analysis supaya data aduan mahasiswa terlabel dengan baik dan benar, serta membetulkan kata – kata yang typo atau singkatan yang bisa berpengaruh terhadap dataset. Setelah terlabel semua peneliti menghitung jumlah label data aduan mahasiswa yang sudah terkumpul dan dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
Jumlah Data Aduan Sudah Terlabel

Aspect	Jumlah	Positif	Negatif
Ekonomi	500	250	250
Pendidikan	350	150	100
Kesehatan	600	200	400

Ekonomi Pendidikan	450	300	150
Ekonomi Kesehatan	325	125	200
Pendidikan Kesehatan	425	325	100
Ekonomi Pendidikan Kesehatan	350	250	100

Sebagian data aduan mahasiswa yang diperoleh dari form.umsida.ac.id sistem umsida yang sudah terlabel multi aspect base dan sentiment analysis oleh peneliti dapat dilihat pada Tabel II dibawah ini.

TABEL II
Contoh Sebagian Data Aduan Mahasiswa

Aduan Mahasiswa	Aspect	Sentiment
Saya dirumahkan dari pekerjaan, dan belum mendapatkan pekerjaan lagi	Ekonomi	Negatif
Alhamdulillah dengan adanya bantuan keringanan biaya kuliah ini ditengah pandemi covid 19 dapat membantu meringankan beban orangtua saya.	Ekonomi, Pendidikan	Positif
Konsep belajar yang diterapkan bu Ratih sudah baik, bisa ditingkatkan lagi bila ada praktik jika pandemi sudah berakhir	Pendidikan	Positif
efek vaksinasi yang dapat membuat imunitas tubuh menurun seperti terjadi gejala demam, mual mual, dan sebagainya	Kesehatan	Negatif
Saya senang sekali diajari beliau karena mengkodekan itu seru dan semoga tetap dipertahankan memberi kasus penyakit dan di bahas secara bersama-sama, sehat selalu ya Bu anna serta dilancarkan rezekinya.	Ekonomi Kesehatan	Positif
Semoga semua dosen bisa memberi toleransi kepada mahasiswa yang bekerja sambil kuliah di era pandemi banyak mahasiswa yg kesulitan ekonomi untuk membantu keluarga dengan bekerja	Ekonomi pendidikan kesehatan	Positif

B. PENGUJIAN

Pengujian dilakukan dengan Anaconda – Jupiter

1. Preprocessing

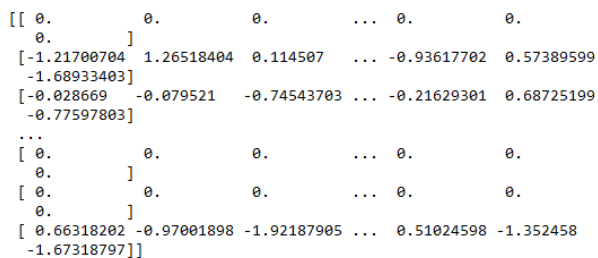
Preprocessing ini memiliki beberapa tahapan yang dilakukan oleh preprocessing setelah akuisisi data selesai diproses. Tahap pertama dari preprocessing adalah menangkap karakteristik aduan masing-masing mahasiswa. Fitur yang diwariskan meliputi huruf besar/kecil, kemampuan menulis semua kata/frasa dalam huruf kecil, kemampuan memiliki piktogram, dan ada tidaknya kata negatif. Fitur dari setiap set disimpan dalam format vektor. Setelah karakteristik masing-masing set diperoleh, dilakukan pembersihan. Non-abjad dan angka seperti tanda tanya, titik dua, dan koma dihilangkan. Selain itu, dilakukan proses penangkapan kata dasar yang disebut stemming, yang

kemudian diolah menjadi tokenisasi setiap kata dalam kalimat dan kembali ke kata dasar.

Akuisisi root dilakukan dengan menghilangkan imbuhan depan dan belakang secara manual yang dikembangkan berdasarkan penelitian sebelumnya [21]. Daftar kata dibuat dari kata-kata yang telah mengalami pemrosesan batang. Setiap kata. Proses pemodelan kalimat kemudian memberikan setiap kalimat nomor unik.

Dalam daftar pernyataan, setiap pernyataan adalah unik (keduanya tidak sama). Oleh karena itu, proses pengungkapan kata dalam bentuk vektor dilakukan bersamaan dengan pelatihan model analitik dan disebut sebagai glove penyisipan kata terlatih [22]. Nilai vektor kata dimasukkan secara acak dan dilatih menggunakan teknik jaringan saraf tiruan yang termasuk dalam arsitektur LSTM.

Word Embedding atau Penyisipan kata adalah pemodelan bahasa dan teknik pembelajaran fungsional di bidang pemrosesan bahasa alami. Setiap kata atau frasa dalam kosakata dikaitkan dengan vektor yang berisi angka. Di lapisan tertanam, nilai vektor ditentukan oleh tipe data nyata dengan panjang dan nilai tertentu untuk setiap vektor dalam kamus. Panjang vektor adalah salah satu parameter pelatihan yang dimodifikasi untuk tujuan percobaan ini. Parameter ini digunakan untuk menentukan ukuran embed. Pertama, nilai acak diberikan ke vektor untuk setiap ID kata. Nilai setiap vektor berubah seiring berjalannya proses pelatihan. Pelatihan dilakukan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Setelah dilakukan pelatihan, kata-kata yang memiliki kesamaan makna memiliki vektor-vektor yang nilainya saling berdekatan, seperti terlihat pada Gambar 5 di bawah ini.



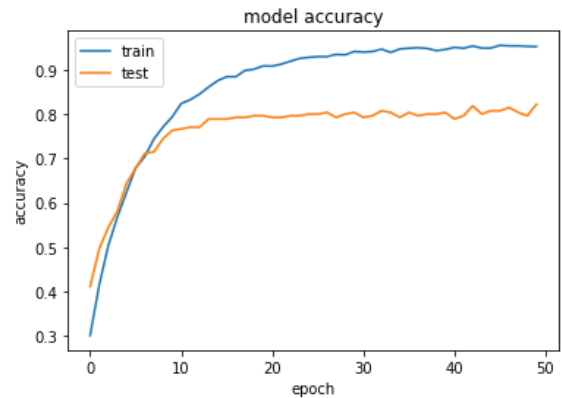
GAMBAR 5. Vector Vector dalam satuan kalimat

Dalam gambar 5 peneliti menggunakan 50 dimensi untuk rumus dalam menggunakan word embedding global vector atau di sebut Glove.

2. Pengujian Model

Dalam pengujian, kami menguji model jaringan saraf tiruan ini menggunakan metode LSTM dan parameter LSTM untuk menemukan arsitektur yang optimal. Semua eksperimen dilakukan dengan data uji 5% hingga 20%, total 3000 data

aduan mahasiswa yang relevan, hingga 50 hingga 100 epoch, dan tingkat pembelajaran 0,01 hingga 0,02.

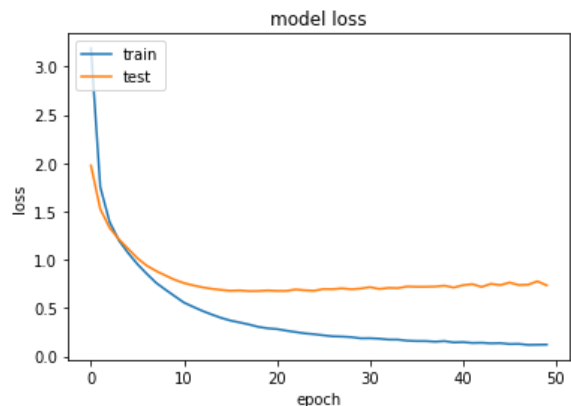


GAMBAR 6. Grafik Validasi Akurasi Multi Aspek

Uji model dilakukan pada dataset Indonesia dengan tujuh aspek: ekonomi, pendidikan kesehatan, ekonomi kesehatan, ekonomi pendidikan, kesehatan pendidikan, dan ekonomi kesehatan pendidikan. Percobaan ini meliputi pengujian pengaruh metode word embedding glove, dimensi embedding (ukuran embedding) 50D-150D, pada metode pemodelan kalimat, metode klasifikasi, ukuran keluaran LSTM, dropout, dan fitur tambahan lainnya.

Data hasil Word Embedding Glove akan dijalankan untuk training dengan metode LSTM, data tersebut akan divalidasi dengan skor f1, fit and recall, dan anda akan dapat menentukan hasil akurasi dari data test dan training.

Hasil membuktikan hasil dari aspect base adalah: Akurasi 82%, kemudian hasil dari Sentiment Analisis mendapatkan Akurasi 80% dari hasil kedua aspect dan sentiment ini peneliti rata-rata mendapatkan hasil 81%. Berikut adalah latihan data untuk mengetahui validasi akurasi dari dataset gambar 6. Untuk multi aspect based.



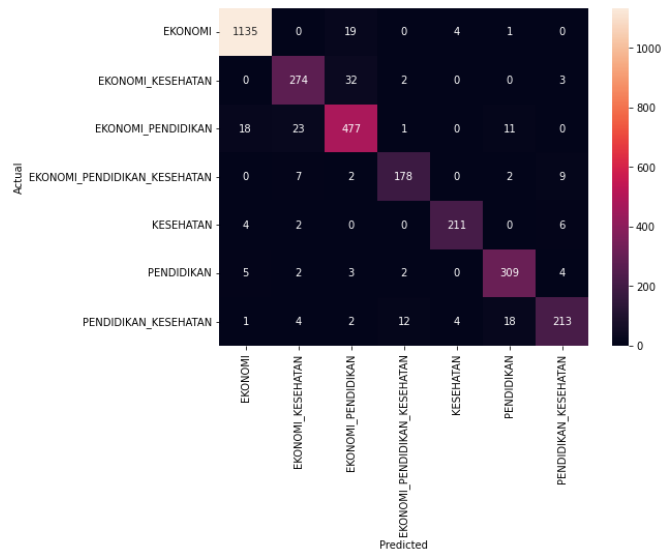
GAMBAR 7. Grafik validation Loss Multi Aspect

Hasil grafik dari *validation akurasi* saat epoch ke 7 ada titik temu data train dan data test, kemudian saat melaju ke epoch 8 mulai terjadi pemisahan antara data test dan data train, dari epoch 10 – 50 data train mengalami peningkatan sedangkan data test stabil di akurasi 80%.

Selanjutnya, tingkat kehilangan verifikasi karena penyematan kata GloVe dan LSTM berbasis aspek dapat dikonfirmasi dalam grafik berikut di mana eksperimen yang sama dilakukan Gambar 7.

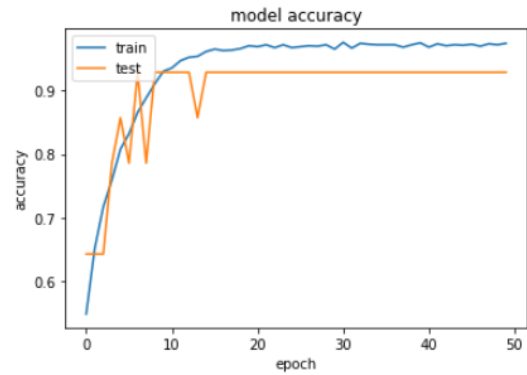
Hasil grafik dari *validation loss* multi aspect pada epoch ke 5 terdapat titik temu data test dan train, akan tetapi dalam epoch selanjutnya data train semakin menurun dan data test stabil di 10%.

Setelah medapat hasil akurasi aspect base peneliti membuat tabel matrik untuk pengecekan dari hasil training dan testing hasil aktual dan prediksi ekonomi: 1135, pendidikan: 309, kesehatan : 211, ekonomi pendidikan : 477, ekonomi kesehatan : 274, pendidikan kesehatan : 213, ekonomi pendidikan kesehatan : 178 jadi ada sebagian data aduan mahasiswa yang tidak sesuai dengan label manual dan prediksi sistem yang ditampilkan seperti gambar 8 di bawah ini.



GAMBAR 8. Matriks Actual & Prediksi Aspect Base

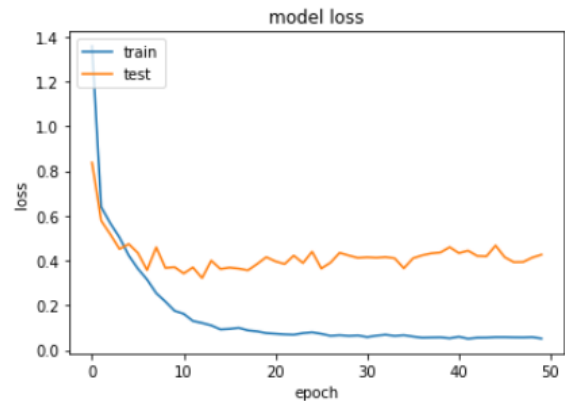
Setelah mendapatkan hasil training dan testing dari aspect based, kemudian di ulang kembali ke proses semula, setelah dataset aduan mahasiswa ditraining dan juga ditesting ke sentiment analysis, supaya pada mendapat model sesuai dengan sentiment analisis. Berikut hasil grafik validasi akurasi sentiment analisis gambar 9.



GAMBAR 9. Ilustrasi validasi Akurasi Sentiment Analisis

Hasil grafik *validasi akurasi* sentiment analisis pada data training saat epoch 10 sampai 50 sudah stabil yang di tunjukkan dengan garis warna biru kemudian meningkat secara perlahan, sedangkan data testing mulai epoch 7 sampai epoch 15 nilai akurasi naik dan turun setelah epoch 16 grafik sudah membaik.

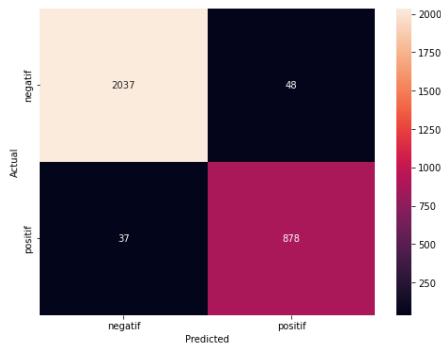
Selanjutnya, grafik berikut menunjukkan tingkat kehilangan validasi karena penyisipan kata GloVe dan LSTM untuk analisis sentimen dalam eksperimen yang sama pada Gambar 10.



GAMBAR 10. Ilustrasi Validasi Loss Sentiment Analisis

Dari hasil *validasi loss* data training mengalami kenaikan pada epoch ke 10 dan data testing naik turun pada epoch ke 7 samapi epoch 50.

Setelah medapat hasil akurasi aspect based peneliti membuat tabel matrik untuk pengecekan dari hasil training dan testing hasil aktual dan prediksi negatif yang sesuai mendapat 2037 kalimat, sedangkan yang aktual dan prediksi positif mendapat 878 kalimat seperti matrik gambar 11 di bawah ini.



GAMBAR 11. Matriks Sentiment Analisis

Dengan demikian hasil yang di peroleh dari multi aspect dan sentiment analysis berbeda, akan tetapi model ini bisa melakukan pemrosesan degan baik

V. KESIMPULAN

Implementasi berbasis multi aspek menggunakan metode LSTM dan analisis uji analisis sentiment, Kesimpulan dari hasil analisis dapat digunakan untuk menyimpulkan bagaimana mengambil keputusan menggunakan kumpulan data pengaduan mahasiswa dari UCCC umsida Covid Command Center dapat disimpulkan bisa. Pemrosesan covid19 yang lebih cepat di umsida dapat dijadikan sebagai tolok ukur untuk mengevaluasi pelayanan kepada mahasiswa umsida.

Hasil evaluasi data aduan mahasiswa mendapatkan hasil akhir dengan akurasi 81%. Oleh karena itu, mengingat keakuratan penelitian ini, kami dapat menyimpulkan bahwa data yang disajikan dapat digunakan sebagai tolok ukur tim Umsida Covid Command Center (UCCC) dalam pengambilan keputusan saat menangani Covid 19. Untuk memastikan bahwa mahasiswa terus menerima layanan yang tepat dan terbaik dari tim UCCC.

Untuk Penelitian yang akan datang ketika data aduan memiliki banyak bahasa seperti bahasa indonesia, bahasa jawa, dan banyak lainnya dan juga banyak data mengandung singkatan – singkatan, data ini harus benar - benar di perhatikan di tahap preprocessingnya. Karna peneliti mengalami hal tersebut sehingga membuat hasil akhir tidak sesuai dengan harapan, juga data aduan mahasiswa harus lebih banyak dari peneliti agar LSTM bisa bekerja lebih optimal lagi.

VI. REFERENSI

- [1] W. H. Organization and others, "WHO coronavirus disease (COVID-19) dashboard. 2020." 2020.
- [2] "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2020 Tentang Pedoman Pembatasan Sosial Berskala Besar dalam Rangka Percepatan Penanganan Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)." 2020. [Online]. Available: http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_9

- [3] "_Th_2020_ttg_Pedoman_Pembatasan_Sosial_Berskala_Besar_Dalam_Penanganan_COVID-19.pdf.
- [3] "Mulai 3 Juli, Pemerintah Berlakukan PPKM Darurat di Jawa-Bali," 2021. <https://setkab.go.id/mulai-3-juli-pemerintah-berlakukan-ppkm-darurat-di-jawa-bali/> (accessed Jul. 01, 2021).
- [4] M. Al-Smadi, B. Talafha, M. Al-Ayyoub, and Y. Jararweh, "Using long short-term memory deep neural networks for aspect-based sentiment analysis of Arabic reviews," *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 10, no. 8, pp. 2163–2175, 2019.
- [5] S. M. Mohammad, P. Sobhani, and S. Kiritchenko, "Stance and sentiment in tweets," *ACM Trans. Internet Technol.*, vol. 17, no. 3, pp. 1–23, 2017.
- [6] J. Ebrahimi, D. Dou, and D. Lowd, "A joint sentiment-target-stance model for stance classification in tweets," in *Proceedings of COLING 2016, the 26th international conference on computational linguistics: Technical papers*, 2016, pp. 2656–2665.
- [7] P. Sobhani, S. Mohammad, and S. Kiritchenko, "Detecting stance in tweets and analyzing its interaction with sentiment," in *Proceedings of the fifth joint conference on lexical and computational semantics*, 2016, pp. 159–169.
- [8] P. Krejzl, B. Hourová, and J. Steinberger, "Stance detection in online discussions," *arXiv Prepr. arXiv1701.00504*, 2017.
- [9] A. Aker, L. Derczynski, and K. Bontcheva, "Simple open stance classification for rumour analysis," *arXiv Prepr. arXiv1708.05286*, 2017.
- [10] G. Zarrella and A. Marsh, "Mitre at semeval-2016 task 6: Transfer learning for stance detection," *arXiv Prepr. arXiv1606.03784*, 2016.
- [11] A. Zaini, M. A. Muslim, and others, "Pengelompokan artikel berbahasa indonesia berdasarkan struktur laten menggunakan pendekatan self organizing map," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 3, pp. 259–267, 2017.
- [12] J. Santoso *et al.*, "Self-Training Naive Bayes Berbasis Word2Vec untuk Kategorisasi Berita Bahasa Indonesia," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 158–166, 2018.
- [13] E. I. Setiawan *et al.*, "Analisis Pendapat Masyarakat terhadap Berita Kesehatan Indonesia menggunakan Pemodelan Kalimat berbasis LSTM (Indonesian Stance Analysis of Healthcare News using Sentence Embedding Based on LSTM)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 8–17, 2020.
- [14] S. Y. Maw and M. A. Khine, "Aspect based Sentiment Analysis for travel and tourism in Myanmar Language using LSTM," *MERAL Portal*, 2019.
- [15] J. Gao, R. Yao, H. Lai, and T.-C. Chang, "Sentiment analysis with CNNs built on LSTM on tourists comments," in *2019 IEEE Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)*, 2019, pp. 108–111.
- [16] J. B. Ahire, "Introduction to Word Vectors," *Retrieved March*, vol. 12, p. 2018, 2018.
- [17] J. Pennington, R. Socher, and C. D. Manning, "Glove: Global vectors for word representation," in *Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP)*, 2014, pp. 1532–1543.
- [18] S. Hochreiter and J. Uergen Schmidhuber, "LONG SHORT-TERM MEMORY," *Neural Comput.*, 1997, doi: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
- [19] E. Lim, E. I. Setiawan, and J. Santoso, "Stance Classification Post Kesehatan di Media Sosial Dengan FastText Embedding dan Deep Learning," *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1, no. 2, pp. 65–73, 2019.
- [20] E. Kochkina, M. Liakata, and I. Augenstein, "Turing at semeval-2017 task 8: Sequential approach to rumour stance classification with branch-lstm," *arXiv Prepr. arXiv1704.07221*, 2017.

- [21] A. D. Tahitoe and D. Purwitasari, "Implementasi modifikasi enhanced confix stripping stemmer untuk bahasa indonesia dengan metode corpus based stemming," *J. Ilm*, vol. 12, no. 15, pp. 1–15, 2010.
- [22] R. Johnson and T. Zhang, "Semi-supervised convolutional neural networks for text categorization via region embedding," *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 28, 2015.

Analisis Pemanfaatan Animasi 3D Interaktif pada Pembelajaran Tulang Manusia

Lisana Lisana¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Lisana Lisana (e-mail: lisana@staff.ubaya.ac.id).

ABSTRACT This study investigates the utilization of an interactive 3D animation in learning biology among high school students in Indonesia. The specific topic chosen in this research was human bone structure. An interactive 3D application was further developed using Unity and can be used as a tool for the targeted students to get a good experience in their learning process. Thirty volunteer students were invited to participate in the research and divided into two groups containing fifteen students each. The first group (control group) students had to learn the human bone structure using books. In contrast, students in the second group (experiment group) adopted the developed 3D animation as their new learning method. The statistical testing, an independent t-test, was then executed to determine whether students who adopted the 3D animation could obtain better scores than the ones who used ordinary books. Meanwhile, a self-administered questionnaire was delivered to examine students' level of satisfaction based on the Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM). The results confirmed the impact of interactive 3D animation usage on students' level of understanding in learning human bone structure, which leads to higher scores. In addition, the findings showed that students get high satisfaction in using a 3D application in terms of enjoyment, usefulness, ease of use, controllability, and behavior intention.

KEYWORDS 3D animation, Biology, Interactive, Learning

ABSTRAK Penelitian ini bertujuan menganalisa pemanfaatan animasi 3D interaktif dalam pembelajaran Biologi pada siswa SMA di Indonesia. Adapun topik yang dipilih dalam penelitian ini adalah struktur tulang manusia. Penelitian dilakukan dengan bantuan sebuah aplikasi 3D interaktif yang dikembangkan dengan menggunakan Unity. Aplikasi ini digunakan siswa sebagai alat untuk mendapatkan pengalaman yang baik dalam proses belajar mereka. Tiga puluh siswa dengan sukarela berpartisipasi dalam penelitian ini yang dibagi menjadi dua kelompok masing-masing terdiri dari lima belas siswa. Kelompok pertama adalah kelompok kontrol dimana siswa harus mempelajari struktur tulang manusia dengan menggunakan buku. Sebaliknya, siswa pada kelompok kedua yaitu kelompok eksperimen akan belajar dengan mengadopsi animasi 3D sebagai metode pembelajaran yang baru. Pengujian statistik, t-test independen, dilakukan untuk menentukan apakah siswa yang belajar dengan mengadopsi animasi 3D dapat memperoleh skor yang lebih baik daripada siswa yang menggunakan buku biasa. Selain itu, siswa diminta untuk mengisi kuesioner yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan siswa terhadap penggunaan aplikasi animasi 3D dengan menggunakan Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM). Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa penggunaan animasi 3D interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam mempelajari struktur tulang manusia, dimana mempunyai nilai rata-rata yang lebih tinggi. Selain itu, hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa siswa mendapatkan kepuasan yang tinggi dalam menggunakan aplikasi animasi 3D terutama dalam hal kenyamanan, kegunaan, kemudahan untuk digunakan, pengendalian, serta niat perilaku siswa untuk terus menggunakan aplikasi animasi 3D.

KATA KUNCI Animasi 3D, Biologi, Interaktif, Pembelajaran

I. PENDAHULUAN

Media pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dalam menentukan kesuksesan proses belajar mengajar siswa [1]. Adapun media pembelajaran yang masih banyak dipakai oleh sebagian besar sekolah saat ini adalah buku yang menyajikan materi secara statis [2]. Meskipun buku dianggap cukup efektif untuk digunakan dalam pembelajaran akan tetapi mempunyai kelemahan yaitu ketidakmampuan buku dalam memvisualisasikan beberapa materi terutama untuk mata pelajaran sains, yang mengakibatkan proses pembelajaran tidak berjalan secara optimal [2], [3]. Biologi merupakan salah satu mata pelajaran sains yang utama dan penting yang harus dipelajari oleh siswa pelajar SMA. Salah satu materi pada mata pelajaran Biologi adalah susunan tulang pada manusia, dimana siswa dituntut untuk dapat memahami susunan anatomi tulang manusia yang sangat rumit. Selain itu, mereka juga harus mengenali posisi setiap bagian tulang dalam tubuh manusia beserta dengan fungsinya. Mempelajari semua konsep tersebut dengan hanya menggunakan grafik 2D dari buku akan membuat siswa merasa kesulitan.

Beberapa penelitian telah mengusulkan berbagai macam pendekatan dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat pengetahuan kognitif siswa dalam mempelajari berbagai konsep pada mata pelajaran Biologi. Konsep flipped classroom diperkenalkan oleh [4] untuk meningkatkan prestasi dan retensi siswa. Beberapa cara lain yang dianggap efektif dan kreatif untuk mengajarkan materi Biologi adalah melalui paket pembelajaran multimedia [5], virtual reality [6], dan augmented reality [7]. Sebuah studi dari [8] juga menegaskan dampak penggunaan audiovisual pada peningkatan prestasi Biologi siswa. Selanjutnya, beberapa penulis juga menyatakan bahwa pembelajaran Biologi menggunakan animasi 2D dapat meningkatkan tingkat kognitif siswa [9], [10].

Meskipun semua penelitian yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya telah menawarkan beberapa metode inovatif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap pembelajaran Biologi, akan tetapi masih sedikit penelitian yang mengeksplorasi penggunaan animasi 3D interaktif. Terlebih lagi, tidak banyak penelitian yang membahas tentang adopsi animasi 3D dalam menciptakan proses pembelajaran yang lebih efektif dan menyenangkan bagi siswa SMA, terutama dalam memvisualisasikan struktur tulang manusia sebagai salah satu materi penting dalam mata pelajaran Biologi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menjawab dua pertanyaan berikut:

1. Apakah adopsi animasi 3D interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam pembelajaran materi Biologi.
2. Bagaimana tingkat kepuasan siswa dalam menggunakan animasi 3D interaktif yang meliputi kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), kenyamanan (*enjoyment*), kontrol (*controllability*), dan keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*).

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi secara keilmuan yang bertujuan untuk menganalisis dampak

penggunaan animasi 3D yang interaktif pada mata pelajaran Biologi SMA khususnya topik struktur tulang pada manusia.

II. Kajian Literatur

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan tujuan meningkatkan level pemahaman dari siswa dalam mempelajari materi Biologi. Sebagian besar penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode augmented reality (AR) dan virtual reality (VR). Adapun rangkuman dari seluruh penelitian tersebut dapat terlihat pada Tabel I.

TABEL I
PENELITIAN PEMBELAJARAN BIOLOGI

Peneliti	Tahun	Topik Penelitian	Metode
[3]	2021	Augmented Reality pada pembelajaran di bidang Kedokteran	Augmented Reality
[7]	2021	Augmented Reality untuk mendukung pembelajaran pada mata pelajaran Sains	Augmented Reality
[11]	2021	Potensi penggunaan Augmented Reality berbasis mobile pada pembelajaran anatomy tubuh manusia	Augmented Reality
[12]	2020	Aplikasi berbasis mobile untuk membantu pembelajaran anatomi tubuh manusia bagi siswa SD dengan menggunakan Augmented Reality	Augmented Reality
[13]	2020	Aplikasi interaktif berbasis Augmented Reality untuk pembelajaran anatomi tulang manusia	Augmented Reality
[14]	2022	Penelitian sistem pengajaran kerangka manusia berbasis Leap Motion	Virtual Reality
[15]	2021	Pendekatan konstruktivis dengan menggunakan Virtual Reality pada pengajaran anatomi	Virtual Reality
[6]	2019	Real-time body tracking berbasis Virtual Reality dengan menggunakan Vive tracker	Virtual Reality

Penelitian dalam konteks penggunaan animasi 3D dalam proses pembelajaran juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh [16] yang menunjukkan bahwa penggunaan 3D animation terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa dalam pembelajaran kimia untuk materi hidrokarbon. Penelitian lain juga membuktikan bahwa siswa yang menggunakan animasi 3D berbasis multimedia dalam pembelajaran materi fotosintesis mendapatkan nilai yang jauh lebih tinggi serta lebih dapat memahami materi dibandingkan dengan siswa yang menggunakan buku [17].

III. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain kuasi-eksperimen. Adopsi desain kuasi-

eksperimen dilakukan pada suatu kasus dimana kelompok eksperimen dan kontrol tidak dibentuk secara acak; sebaliknya, mereka dibentuk dengan kelas yang sudah ada [18]. Siswa yang berpartisipasi dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kontrol. Kelompok eksperimen akan melakukan proses belajar dengan menggunakan aplikasi 3D sedangkan kelompok kontrol menggunakan metode tradisional yaitu menggunakan buku. Untuk memastikan bahwa siswa pada tiap kelompok memiliki tingkat pengetahuan awal yang sama maka dilakukan pre-test.

Untuk mendukung penelitian yang dilakukan maka dikembangkan sebuah aplikasi animasi 3D interaktif pembelajaran struktur tulang pada manusia. Konten materi dari aplikasi dibuat dengan mengacu pada hasil observasi dan wawancara terhadap beberapa guru pengajar mata pelajaran Biologi di kelas XI. Aplikasi yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan oleh siswa yang berada pada kelompok eksperimen. Setelah melakukan proses belajar struktur tulang maka akan dilakukan post-test pada kedua kelompok untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa.

Langkah terakhir adalah membuat kuesioner untuk menentukan tingkat kepuasan siswa dengan menggunakan Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM) [19]. Tingkat kepuasan yang akan diukur berkaitan dengan: kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), kenyamanan (*enjoyment*), kontrol (*controllability*), dan keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*).

IV. Hasil dan Pembahasan

Terdapat 30 siswa yang berpartisipasi pada penelitian ini yang semuanya merupakan siswa kelas XI. Siswa kemudian terbagi menjadi 2 kelompok, kelompok eksperimen dan kelompok control, yang masing-masing berisi 15 siswa. Adapun profil responden dari tiap kelompok dapat terlihat pada Tabel II.

A. Pengukuran Sebelum Pembelajaran

Pre-test dilakukan pada awal untuk memastikan siswa pada kedua kelompok mempunyai tingkat pemahaman yang sama. Hasil pre-test dari dua kelompok dapat terlihat pada Tabel III. Selanjutnya dari hasil pre-test tersebut dilakukan uji statistik independen t-test dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak perbedaan rata-rata dari kelompok 1 dan kelompok 2.

TABEL II
PROFIL RESPONDEN

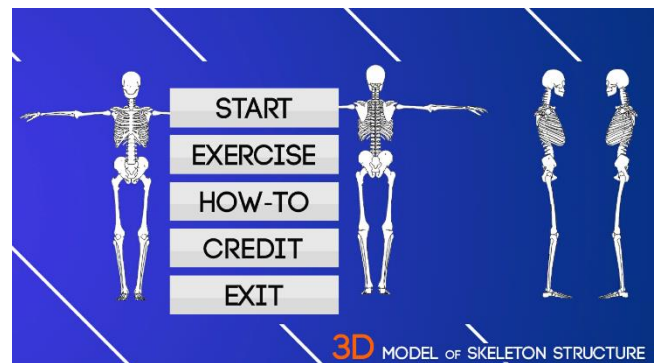
	Perempuan	Laki-Laki	Total
Kelompok Eksperimen	7	8	15
Kelompok Kontrol	5	10	15
Total	12	18	30

TABEL III
HASIL PRE-TEST

	Jumlah	Rata-rata	Std. Deviasi	Varian
Kelompok Eksperimen	15	63,333	9,759	95,238
Kelompok Kontrol	15	59,333	9,611	92,371

B. Pengembangan Aplikasi 3D Animation

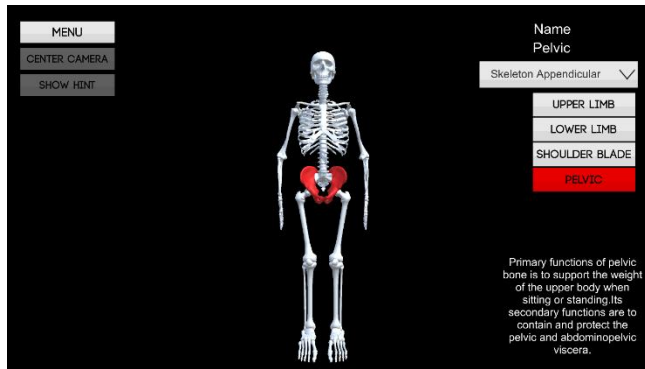
Selanjutnya siswa dari kelompok eksperimen akan melakukan proses belajar Biologi materi struktur tulang dengan menggunakan aplikasi animasi 3D yang interaktif yang telah dikembangkan sebelumnya. Adapun pengembangan aplikasi dilakukan dengan menggunakan beberapa software antara lain: (1) Unity yang digunakan untuk membuat program dan menyusun aset menjadi sebuah aplikasi; (2) 3DS Max yang digunakan untuk membuat seluruh aset 3D yaitu seluruh jenis tulang yang akan ditampilkan pada aplikasi; (3) Adobe Illustrator yang digunakan untuk membuat aset 2D yaitu berupa tombol, background, dan logo. Tampilan menu utama dari aplikasi animasi 3D yang dihasilkan dapat terlihat pada Gambar 1. Pada menu utama terdapat 5 pilihan yaitu: (i) Start untuk memulai belajar; (ii) Exercise untuk latihan soal; (iii) How-to untuk memandu penggunaan aplikasi; (iv) Credit; dan (v) Exit untuk keluar dari aplikasi.



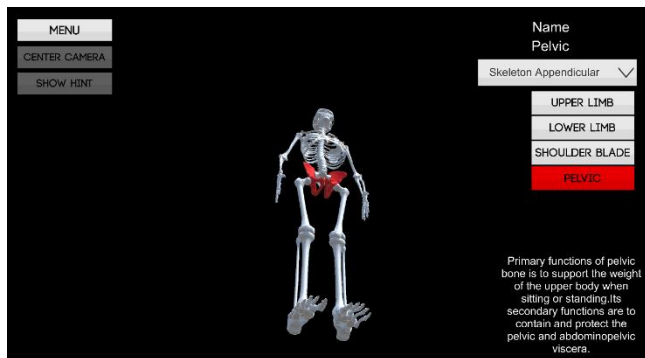
GAMBAR 1. Tampilan Menu Utama Aplikasi Animasi 3D

Sedangkan Gambar 2 menunjukkan tampilan apabila menu Start dipilih. Siswa dapat dengan mudah berinteraksi dengan aplikasi dengan cara memilih bagian dari tulang yang diinginkan baik dengan cara memilih langsung pada gambar 3D maupun lewat menu yang disediakan. Apabila siswa telah memilih tulang tertentu maka secara otomatis akan ditampilkan informasi lengkap dari tulang yang dipilih tersebut beserta nama latinnya serta informasi pendukung lainnya. Selain itu aplikasi juga menyediakan beberapa fitur yang menunjang pembelajaran seperti: zoom in dan zoom out untuk dapat lebih memperjelas gambar 3D yang ditampilkan; menggerakkan kamera ke segala arah dan memutar kamera secara 360° sehingga dapat menghasilkan animasi 3D.

Gambar 3 menunjukkan tampilan apabila gambar 3D diputar secara 360°.



GAMBAR 2. Tampilan Start Aplikasi



GAMBAR 3. Tampilan Kerangka yang Diputar

C. Pengukuran Setelah Pembelajaran

Setelah siswa dari kedua kelompok selesai melakukan proses belajar maka dilakukan post-test untuk mengukur tingkat pemahaman mereka. Terdapat 10 macam soal yang diberikan ke siswa dimana semua soal telah disesuaikan dengan soal yang diberikan oleh guru pengajar mata pelajaran Biologi di kelas XI. Rekap nilai hasil post-test kedua kelompok dapat terlihat pada Tabel IV. Kelompok eksperimen mendapatkan nilai rata-rata sebesar 83.333 dengan standar deviasi 9,759. Sedangkan kelompok kontrol mendapat nilai rata-rata sebesar 68 dengan standar deviasi 9,411.

Selanjutnya dilakukan uji statistik independen t-test. Hasil menunjukkan bahwa ada bukti yang cukup kuat untuk menyatakan bahwa rata-rata dari nilai kelompok eksperimen lebih baik dari rata-rata nilai kelompok kontrol. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan animasi 3D yang interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa terutama untuk materi struktur tulang pada manusia. Penemuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [16], [17], [19].

TABEL IV
HASIL POST-TEST

	Jumlah	Rata-rata	Std. Deviasi	Varian
Kelompok Eksperimen	15	83,333	9,759	95,238
Kelompok Kontrol	15	68	9,411	88,571

D. Pengukuran Tingkat Kepuasan

Setelah diketahui efektifitas dari penggunaan aplikasi animasi 3D maka selanjutnya dilakukan pengukuran tingkat kepuasan siswa terhadap aplikasi serta niat perilaku untuk menggunakan aplikasi dengan menggunakan kuesioner. Semua pernyataan pada kuesioner dibuat dengan mengacu pada metode Hedonic-Motivation System Adoption Model (HMSAM) [20]. Setiap pernyataan akan memiliki lima skala Likert yang menyatakan tingkat persetujuan siswa [21]. Adapun kelima skala Likert tersebut beserta nilai dari masing-masing dapat terlihat pada Tabel V.

TABEL V
SKALA PENGUKURAN

Skala Likert	Nilai
Sangat tidak setuju	1
Tidak setuju	2
Netral	3
Setuju	4
Sangat setuju	5

Terdapat 5 kategori kepuasan yang akan diukur pada penelitian ini yaitu: (1) kegunaan (*usefulness*); (2) kemudahan untuk digunakan (*ease of use*); (3) kenyamanan (*enjoyment*); (4) kontrol (*controllability*); dan (5) keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*). Jumlah serta pernyataan lengkap dari semua kategori dapat terlihat pada Tabel VI. Adapun siswa mengisi kuesioner tersebut adalah siswa yang berada pada kelompok eksperimen dikarenakan kelompok ini yang merasakan penggunaan dari aplikasi animasi 3D.

TABEL VI
KUESIONER

Kategori	Pertanyaan
Kegunaan (Usefulness)	PU1. Saya merasa aplikasi 3D berguna untuk saya
	PU2. Saya merasa aplikasi 3D membantu saya dalam memahami materi tulang pada manusia
	PU3. Saya dapat lebih mudah memahami materi dengan aplikasi 3D
	PU4. Aplikasi 3D dapat meningkatkan nilai saya
Kemudahan (Ease of use)	PEU1. Saya bisa dengan mudah menggunakan aplikasi 3D
	PEU2. Saya dapat dengan cepat menggunakan aplikasi 3D
	PEU3. Interaksi pada aplikasi 3D mudah dimengerti
	PEU4. Semua interaksi pada aplikasi 3D mudah dimengerti
Kenyamanan (Enjoyment)	PEJ1. Saya senang belajar melalui aplikasi 3D
	PEJ2. Belajar melalui aplikasi 3D sangat menyenangkan

	PEJ3. Belajar melalui aplikasi 3D tidak membosankan
	PEJ4. Saya mempunyai pengalaman yang menyenangkan belajar dengan aplikasi 3D
Kontrol (Control)	CTL1. Saya dapat mengontrol aplikasi 3D dengan mudah
	CTL2. Saya dapat belajar materi sesuai keinginan saya
	CTL3. Semua interaksi dapat saya kontrol dengan mudah
Keinginan (Behavior intention)	BI1. Saya akan sering menggunakan aplikasi 3D tulang
	BI2. Saya akan menggunakan aplikasi 3D tulang pada kesempatan mendatang
	BI3. Saya akan terus belajar dengan menggunakan aplikasi 3D tulang

Proses selanjutnya adalah melakukan pengecekan validitas dan reliabilitas dari data yang diperoleh. Validitas data diperiksa dengan menggunakan faktor analisis sedangkan reliabilitas dicek dengan menggunakan Cronbach's Alpha. Semua nilai kategori mempunyai nilai koefisien Cronbach's Alpha lebih dari 0.7 yang merupakan nilai batas bawah yang menandakan reliabilitas data sudah bisa diterima sesuai dengan pedoman dari [22]. Detail nilai koefisien Cronbach's Alpha pada semua kategori dapat terlihat pada Tabel VII.

TABEL VII
KOEFSIEN CRONBACH'S ALPHA

Kategori	Cronbach's Alpha	Interpretasi
Kegunaan (Usefulness)	0,929	Bagus Sekali
Kemudahan (Ease of use)	0,931	Bagus Sekali
Kenyamanan (Enjoyment)	0,814	Bagus
Kontrol (Controllability)	0,885	Bagus
Keinginan (Behavior intention)	0,800	Bagus

Selanjutnya dilakukan analisa terhadap kepuasan siswa terhadap aplikasi 3D dengan menggunakan hasil kuesioner. Proses perhitungan dilakukan dengan pembobotan terhadap masing-masing jawaban sesuai dengan pedoman yang disarankan oleh [23]. Tabel VIII merepresentasikan hasil perhitungan tingkat kepuasan siswa secara lengkap.

TABEL VIII
HASIL EVALUASI BERDASARKAN HMSAM

No	Kategori	Rata-rata
1	Kegunaan (Usefulness)	82,33%
2	Kemudahan (Ease of use)	81,63%
3	Kenyamanan (Enjoyment)	94,13%
4	Kontrol (Controllability)	73,33%
5	Keinginan (Behavior intention)	90,00%

Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut terlihat bahwa semua kategori mempunyai prosentase rata-rata di atas 70%. Kategori kenyamanan (*enjoyment*) merupakan faktor yang paling dirasakan oleh siswa dengan nilai prosentase terbesar yaitu 94,13%. Hal ini membuktikan bahwa siswa sangat merasakan kenyamanan pada saat belajar dengan menggunakan aplikasi 3D animasi. Hal ini mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh [21], [24]. Hasil lain juga menunjukkan bahwa siswa setuju bahwa mereka mempunyai keinginan (*behavior intention*) untuk menggunakan aplikasi 3D animasi untuk meningkatkan pengetahuan mereka pada mata pelajaran Biologi khususnya pada materi struktur tulang pada manusia, dengan prosentasi 90%. Untuk kategori kegunaan (*usefulness*) dan kemudahan untuk digunakan (*ease of use*) masing-masing mempunyai prosentase rata-rata 82,33% dan 81,63%. Sedangkan kepuasan siswa terhadap kemampuan aplikasi 3D untuk bisa dikontrol dengan mudah berada pada urutan terakhir yaitu dengan prosentasi rata-rata 73,33%.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan aplikasi 3D animasi interaktif sebagai salah satu metoda yang inovatif untuk membantu siswa dalam memahami mata pelajaran Biologi khususnya materi struktur tulang pada manusia. Berdasarkan analisa dari hasil uji statistik independen t-test serta kuesioner diperoleh hasil bahwa aplikasi 3D animasi interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang materi struktur tulang pada manusia. Selain itu dari hasil analisa kuesioner ditemukan bahwa tingkat kepuasan tertinggi yang dirasakan siswa adalah pada kategori kenyamanan (*enjoyment*) yang dilanjutkan dengan kategori keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*), kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), dan yang terakhir adalah kontrol (*controllability*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. McGovern, G. Moreira, and C. Luna-Nevarez, "An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience?," *J. Educ. Bus.*, vol. 95, no. 7, pp. 490–496, 2020.
- [2] C. Weng, S. Otanga, S. M. Christianto, and R. J.-C. Chu, "Enhancing students' biology learning by using augmented reality as a learning supplement," *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 58, no. 4, pp. 747–770, 2020.
- [3] M. F. Hossain, S. Barman, N. Biswas, and A. K. M. B. Haque, "Augmented Reality in Medical Education: AR Bones," *2021 Int. Conf. Comput. Commun. Intell. Syst.*, pp. 348–353, 2021.
- [4] C. J. Adonu, C. R. Nwagbo, C. S. Ugwuanyi, and I. O. Okeke, "Improving students' achievement and retention in biology using flipped classroom and powerpoint instructional approaches: implication for physics teaching," *Int. J. Psychosoc. Rehabil.*, vol. 25, no. 2, pp. 234–247, 2021.
- [5] B. O. Akinbadewa and O. A. Sofowora, "The effectiveness of multimedia instructional learning packages in enhancing secondary school students' attitudes toward Biology," *Int. J.*

- Stud. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 119–133, 2020.
- [6] P. Caserman, A. Garcia-Agundez, R. Konrad, S. Göbel, and R. Steinmetz, “Real-time body tracking in virtual reality using a Vive tracker,” *Virtual Real.*, vol. 23, no. 2, pp. 155–168, 2019.
- [7] G. Sontay and O. Karamustafaoglu, “Science Teaching with Augmented Reality Applications: Student Views about ‘Systems in Our Body’ Unit.,” *Malaysian Online J. Educ. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 13–23, 2021.
- [8] E. Ibe and J. Abamu, “Effects of audiovisual technological aids on students’ achievement and interest in secondary school biology in Nigeria,” *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01812, 2019.
- [9] A. P. Utomo, L. Hasanah, S. Hariyadi, E. Narulita, N. Umamah, and others, “The Effectiveness of STEAM-Based Biotechnology Module Equipped with Flash Animation for Biology Learning in High School.,” *Int. J. Instr.*, vol. 13, no. 2, pp. 463–476, 2020.
- [10] L. Mnguni and D. Moyo, “An Assessment of the Impact of an Animation on Biology Students’ Visualization Skills Related to Basic Concepts of Mitosis,” *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 17, no. 8, p. em1997, 2021.
- [11] S. Dreimane and L. Daniela, “Educational potential of augmented reality mobile applications for learning the anatomy of the human body,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 26, no. 4, pp. 763–788, 2021.
- [12] B. Sotelo-Castro and D. I. Becerra, “Human Body AR: A Mobile Application for Teaching Anatomy for Elementary Students Using Augmented Reality,” in *Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction*, 2020, pp. 146–154.
- [13] J. Chagas, P. Santiago, and A. Conci, “BN Anatomy an Interactive Augmented Reality System for Learning Bone Anatomy,” *Proc. GET*, 2020.
- [14] Y. Feng, “Research on Human Skeleton Teaching System Based on Leap Motion,” *Acad. J. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, p. 2022.
- [15] J. H. Seo, E. Malone, B. Beams, and M. Pine, “Toward Constructivist Approach Using Virtual Reality in Anatomy Education,” in *Digital Anatomy*, Springer, 2021, pp. 343–366.
- [16] S. Zakir, E. Maiyana, A. N. Khomarudin, R. Novita, and M. Deurama, “Development of 3D Animation Based Hydrocarbon Learning Media,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1779, no. 1, p. 12008.
- [17] G. A. Bhutto, Z. Bhatti, S. Rehman, and S. Joyo, “Multimedia based learning paradigm for School going children using 3D Animation,” *Univ. Sindh J. Inf. Commun. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 202–207, 2018.
- [18] D. Sahin and R. M. Yilmaz, “The effect of Augmented Reality Technology on middle school students’ achievements and attitudes towards science education,” *Comput. & Educ.*, vol. 144, p. 103710, 2020.
- [19] I. P. Sari, F. C. Permana, F. H. Firmansyah, and A. H. Hernawan, “Computer-based learning: 3D visualization and animation as content development for digital learning materials for traditional Indonesian cloth (Songket Palembang),” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1987, no. 1, p. 12003.
- [20] J. Sampoerna, W. Istiono, and A. Suryadibrata, “Virtual Reality Game for Introducing Pencak Silat,” 2021.
- [21] E. Pramana, “Determinants of the adoption of mobile learning systems among university students in Indonesia,” *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 17, p. 365, 2018.
- [22] D. George, *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*. Pearson Education India, 2011.
- [23] D. Daniel and G. Virginia, “Implementasi sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit dengan gejala demam menggunakan metode certainty factor,” *J. Inform.*, vol. 6, no. 1, 2010.
- [24] L. Lisana and M. F. Suciadi, “The Acceptance of Mobile Learning: A Case Study of 3D Simulation Android App for Learning Physics,” *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 15, no. 17, pp. 205–214, 2021.

INSYST

Journal of Intelligent System and Computation

Volume 04 Nomor 01 April 2022

Author Guidelines

- Manuscript should be written in Indonesia and be submitted online via journal website. Online Submission will be charged at no Cost
- Manuscript should not exceed 15 pages including embedded figures and tables, without any appendix, and the file should be in Microsoft Office (.doc/.docx). [download template](#)
- Title should be less than 15 words
- Abstracts consists of no more than 200 words, contains the essence of the article and includes a brief background, objectives, methods and results or findings of the study. Abstract is written in one paragraph.
- Keywords are written in Indonesia three to five words/phrases, separated with coma and consist of important words/phrases from the article.
- Author's name, affiliation, affiliation address and email. State clearly and include country's name on your affiliation address.
- The main text of the writing should be consists of: Introduction, Method, Result and Discussion, and Conclusion; followed by Acknowledgment and Reference
- Introduction State adequate background, issues and objectives, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results. Explain how you addressed the problem and clearly state the aims of your study.
- Used method is the scientific in the form of study of literature, observation, surveys, interviews, Focus Group Discussion, system testing or simulation and other techniques commonly used in the world of research. It is also recommended to describe analysis techniques used briefly and clearly, so that the reader can easily understand.
- Results should be clear, concise and not in the form of raw data. Discussion should explore the significance of the results of the work, not repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature. INSYST will do the final formatting of your paper.
- Conclusion should lead the reader to important matter of the paper. Authors are allowed to include suggestion or recommendation in this section. Write conclusion, suggestion and/or recommendation in narrative form (avoid of using bulleting and numbering)
- Acknowledgments. It is highly recommended to acknowledge a person and/or organizations helping author(s) in many ways. Sponsor and financial support acknowledgments should be included in this section. Should you have lots of parties

to be acknowledged, state your acknowledgments only in one paragraph. Avoid of using bulleting and numbering in this section

- The number of references are not less than 10 with at least 8 primary references. Primary references are include journal, thesis, disertasion and all kinds of research reports. All refferences must come from source published in last 7 years.
- Figure and table should be in black and white, and if it is made in color, it should be readable when it is later printed in black and white.
- Figure and table should be clearly readable and in a proportional measure to the overall page.

Tim Redaksi

Journal of Intelligent System and Computation

Departement of Informatics

Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

Jl. Ngagel Jaya Tengah 73-77 Surabaya

Email: insyst@istts.ac.id

Website: <https://jurnal.stts.edu/index.php/INSYST/index>