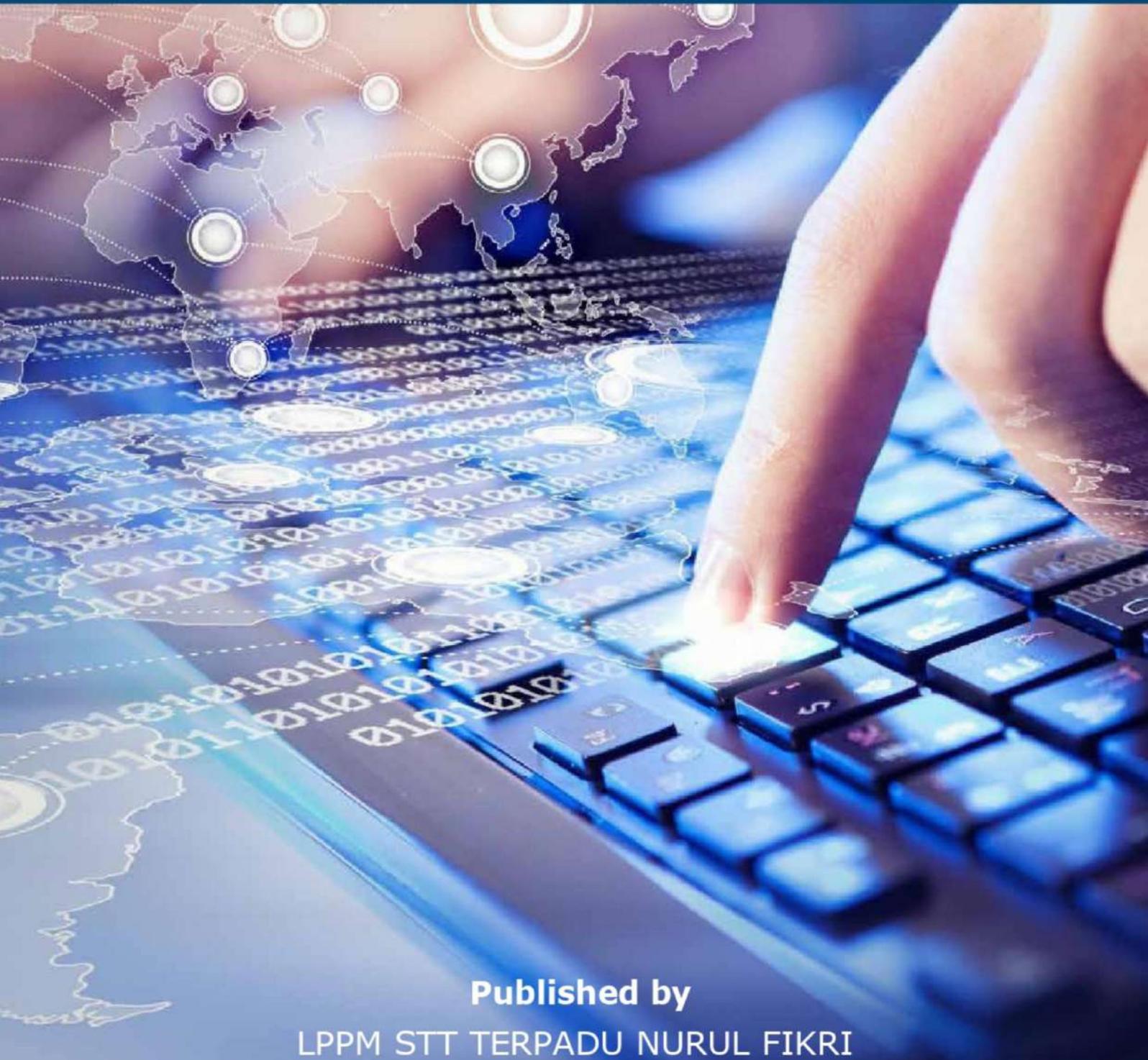


ISSN 2477-0043
E-ISSN 2460-7908

Jurnal Teknologi Terpadu

Volume 9 No. 2, Desember 2023



Published by
LPPM STT TERPADU NURUL FIKRI

Jurnal Teknologi Terpadu

Jurnal Teknologi Terpadu memuat jurnal ilmiah di bidang Ilmu Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika. Jurnal Teknologi Terpadu diterbitkan oleh LPPM STT Nurul Fikri dengan periode dua kali dalam setahun, yakni pada bulan Juli dan Desember. Jurnal Teknologi Terpadu telah terakreditasi nasional Sinta 4 sesuai dengan Surat Keputusan No. 5/E/KPT/2022 tanggal 7 Desember 2022 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Ketua Penyunting (*Editor-in-chief*)

Drs. Rusmanto, M.M,
Sistem Informasi,
STT Terpadu Nurul Fikri

Anggota Penyunting (*Managing Editor*)

Yekti Wirani, S.T., M.T.I.,
Sistem Informasi,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dewan Penyunting (*Editorial Board Member*)

Dr. Yan Riyanto,
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Indonesia

Dr. Lukman Rosyidi, S.T., M.M., M.T.,
Teknik Informatika,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Amalia Rahmah, S.T., M.T.,
Sistem Informasi,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Sigit Puspito Wigati Jarot,
Teknik Informatika,
STT Terpadu Nurul Fikri

Pristi Sukmasetya, S.Komp., M.kom.,
Universitas Muhammadiyah Magelang
Indonesia

Mitra Bestari (*Reviewer*)

Indra Hermawan, S.Kom., M.Kom,
Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Sirojul Munir, S.Si., M.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Tirsa Ninia Lina, S.Kom., M.Cs.,
Universitas Victory Sorong, Indonesia

Oman Somantri, S.Kom., M.Kom.,
Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia

Kelik Sussolaikah, S.Kom., M.Kom.,
Universitas PGRI Madiun, Indonesia

Candro Kartiko, S.Kom., M.T.I.,
Institut Teknologi Telkom Purwokerto,
Indonesia

Matheus Supriyanto Rumetna, S.Kom., M.Cs.,
Universitas Victory Sorong, Indonesia

Tifani Nabarian, S.Kom., M.T.I.,
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Ninik Sri Lestari, S.T., M.Kom.,
STT Mandala, Indonesia

Afif Zuhri Arfianto, S.T, M.T.,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Indonesia

Edy Victor Haryanto, M.Kom.,
Universitas Potensi Utama, Indonesia

Rismayani, S.Kom., M.T.,
STMIK Dipanegara Makassar, Indonesia

Arnisa Stefanie, S.T., M.T.,
Universitas Singaperbangsa Karawang,
Indonesia

Taufik Hidayat, S.Kom., M.T.,
Universitas Wiralodra, Indonesia

Rahmad Hidayat, S.T., M.T.,
Sekolah Tinggi Teknologi Mandala,
Indonesia

Ahmad Rio Adriansyah, S.Si., M.Si.
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Joko Kuswanto, M.Kom.
Universitas Baturaja, Indonesia

Penyunting Pelaksana (*Assistant Editors*)

Nurul Janah, S.IIP, M.Hum.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Muh Syaiful Romadhon, S.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Miftahussa'adah Putri Siddiq, S.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Hilmia Zahra, S.T.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Jurnal Teknologi Terpadu telah terindeks oleh Google Scholar, Index Copernicus International, Garuda, Neliti, dan Sinta. Tanggung jawab isi artikel berada di penulis bukan pada penerbit atau editor.

Diterbitkan oleh:

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri

Alamat Redaksi dan Distribusi:

Kampus B STT Terpadu Nurul Fikri Lantai 3

Jl. Lenteng Agung Raya 20, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12640

Telp. 021 – 786 3191 dan WhatsApp. 0851 7444 3360

Email: journal@nurulfikri.ac.id

Website: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt/> dan lppm.nurulfikri.ac.id

Daftar Isi

Penerapan <i>K-Means</i> dan <i>Rank Order Centroid</i> pada Proporsi Individu dengan Keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer	70
Diana Nurfitriana, Apriade Voutama	
Pengaruh Keseimbangan Data terhadap Akurasi Model <i>Support Vector Machine</i> pada <i>Data Set</i> Donor Darah	79
Agung Widyanto, Kusrini, Kusnawi	
Klasifikasi Jenis Burung menggunakan Metode <i>Transfer Learning</i>	89
Yeremia Yosefan Pane, Jeremia Jordan Sihombing	
Analisis dan Perbandingan <i>Tools</i> Forensik menggunakan Metode NIST dalam Penanganan Kasus Kejahatan Siber	95
Achmad Iqbal Yuladi, Rini Indrayani	
Strategi Implementasi SIEM untuk Mengurangi Risiko terhadap Kebocoran Informasi	101
Taufik Rendi Anggara	
<i>Smart Buildings</i> menggunakan <i>Hyperledger Fabric Blockchain</i> untuk Manajemen Transaksi dan Pemodelan 3D	108
Siti Asmiatun, Astrid Novita Putri, Badroe Zaman	
Implementasi Metode <i>Clarke and Wright Savings</i> dalam Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i> di PT. Adiguna Gasindo	116
Misbahul Munir, Muchamad Kurniawan, Moch. Kalam M, Indah Setyawati	
Analisis dan Perancangan Antarmuka Aplikasi Wisata menggunakan Metode <i>User-Centered Design (UCD)</i>	123
Yevi Septiray Purbo, Fandy Setyo Utomo, Yuli Purwati	
Rancang Bangun <i>Website</i> Lelang Mobil menggunakan <i>Framework Codeigniter 3</i> pada PT.ABC	133
Alfin Adi Surya, Imam Haromain	
Klasifikasi Motif Songket Palembang menggunakan <i>Support Vector Machine</i> berdasarkan <i>Histogram of Oriented Gradients</i>	143
Yohannes, Muhammad Ezar Al Rivan, Siska Devella, Meiriyama	



PENERAPAN *K-MEANS* DAN *RANK ORDER CENTROID* PADA PROPORSI INDIVIDU DENGAN KETERAMPILAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMPUTER

Diana Nurfitriana¹, Apriade Voutama²

^{1,2}Sistem Informasi, Universitas Singaperbangsa Karawang
Karawang, Jawa Barat, Indonesia 41361

diana.nurfitriana19011@student.unsika.ac.id, apriade.voutama@staff.unsika.ac.id

Abstract

Technological developments occur so quickly, resulting in continuous changes that qualified human resources are needed to support the endless times that run. This study will classify individuals with information technology and computer skills in Indonesia based on region. This research used K-Means clustering, the Rank Order Centroid method, and the Davies-Bouldin Index clustering evaluation method to assess accuracy. K-means clustering is a simple algorithm and does not require a target class. There are areas for improvement in the K-Means process, namely at the initial centroid determination stage. Therefore, the ROC method is used. Based on data taken from the website of Badan Pusat Statistik Nasional about the proportion of productive age individuals 15-59 years who have Information and Computer Technology skills by the province during 2017-2021. It produces 3 clusters, including a high-level cluster in which there are 8 provinces, a medium-level cluster in which there are 22 provinces, and a low-level cluster in which there are 4 provinces, and obtained a DBI value of 0.163625 which is close to 0, meaning that the quality of the accuracy of the clustering results is good. Based on clustering results with good accuracy, using K-Means can be combined with ROC and is quite effective. The government can use the results of this study to prioritize improving the quality of human resources in areas with low-level information and computer technology skills. Suggestions for further research using other clustering algorithms and ROC as a comparison.

Keywords: data mining, Davies-Bouldin Index, information and computer technology, K-Means clustering, Rank Order Centroid

Abstrak

Perkembangan teknologi yang berlangsung begitu cepat mengakibatkan perubahan yang terus terjadi dan sumber daya manusia yang mumpuni dibutuhkan guna mendukung zaman yang kian berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan individu keterampilan teknologi informasi dan komputer di Indonesia berdasarkan wilayah. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *K-Means clustering* dan metode *Rank Order Centroid*, serta metode evaluasi *clustering Davies-Bouldin Index* untuk menilai akurasi. *K-means clustering* merupakan algoritma yang sederhana dan tidak membutuhkan target kelas. Terdapat kekurangan pada proses *K-Means* yaitu pada tahap penentuan *centroid* awal, maka dari itu digunakan metode ROC. Berdasarkan data yang diambil dari situs Badan Pusat Statistik Nasional tentang data proporsi individu usia 15-59 tahun dengan keterampilan TIK menurut provinsi selama rentang tahun 2017-2021 menghasilkan 3 *cluster* di antaranya adalah *cluster* tingkat tinggi terdapat 8 provinsi, *cluster* tingkat sedang terdapat 22 provinsi dan *cluster* tingkat rendah terdapat 4 provinsi dan didapatkan nilai evaluasi *DBI* sebesar 0,163625 yang mendekati 0, berarti kualitas akurasi dari hasil *clustering* baik. Berdasarkan hasil *clustering* dengan akurasi yang baik, penggunaan *K-Means* dapat dikombinasikan dengan *ROC* dan cukup efektif. Dari hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia di wilayah dengan tingkat keterampilan teknologi informasi dan komputer yang rendah. Saran untuk penelitian selanjutnya, menggunakan algoritma *clustering* lain dan *ROC* sebagai perbandingan.

Kata kunci: data mining, Davies-Bouldin Index, K-Means clustering, Rank Order Centroid, teknologi informasi dan komputer

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi pada era revolusi industri 4.0, teknologi informasi dan komputer menjadi tolak ukur

penting dalam perkembangan teknologi yang semakin canggih dan efisien. Teknologi yang saat ini berkembang pesat mendorong pemanfaatan teknologi ini di segala

bidang dan dapat membawa keuntungan untuk pemrosesan dan pengambilan informasi untuk meningkatkan kualitas bisnis di masa depan [1]. Pemanfaatan teknologi ini dapat mempermudah proses kegiatan baik dari segi lokasi maupun biaya [2]. Perkembangan teknologi yang berlangsung begitu cepat mengakibatkan perubahan yang terus terjadi dan sumber daya manusia yang mumpuni dibutuhkan untuk mendukung perkembangan zaman yang terus berjalan tanpa henti. Tidak menutup kemungkinan bahwa manusia dituntut untuk mengembangkan keterampilan terutama di bidang ini untuk menyesuaikan dengan pekerjaan baru yang tidak pernah terpikirkan sebelumnya. Pekerjaan yang dimaksud beberapa di antaranya adalah *social media specialist*, *content creator*, *cyber security*, *data scientist*, *data engineer* dan *big data specialist*. Dilihat dari hal tersebut, keterampilan teknologi informasi dan komputer kini telah menjadi kebutuhan primer dan bukan sekunder [3]. Untuk mencapai sumber daya manusia yang berkualitas diperlukan pendidikan yang berkualitas pula. Dari segi proses pembelajaran dan juga tenaga pendidik yang bermutu. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan informasi kepada pemerintah mengenai daerah-daerah di Indonesia yang memiliki tingkat keterampilan teknologi informasi dan komputer yang rendah dalam menghadapi kemajuan teknologi, supaya tidak menjadi masyarakat yang tertinggal.

Data yang berkaitan dengan permasalahan ini bersumber dari situs <http://bps.go.id>. Data tersebut merupakan salah satu Indikator Pembangunan Berkelanjutan bagian Pendidikan Berkualitas, yaitu proporsi remaja dan dewasa usia (15-59 tahun) dengan keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer (TIK) menurut provinsi. Rentang waktu data yang diteliti adalah tahun 2017-2021. Untuk mengetahui daerah-daerah yang memiliki keterampilan teknologi informasi dan komputer yang rendah perlu dilakukan pengelompokan pada keseluruhan wilayah di Indonesia menjadi kelompok tingkat rendah, tingkat sedang dan tingkat tinggi.

Terdapat banyak metode di bidang teknologi informasi dalam mengolah data tersebut, salah satunya adalah *data mining*. *Data mining* adalah suatu proses ekstraksi pola dari data dan informasi berukuran besar yang menghasilkan pengetahuan untuk menyederhanakan data dan mendapatkan informasi yang informatif serta bermanfaat dengan bantuan ilmu statistik dan matematika [4]. *Data mining* dapat digunakan di berbagai bidang dan untuk tujuan yang berbeda yaitu untuk meningkatkan pengetahuan, meningkatkan penjualan di beberapa sektor, dll [5]. Algoritma *K-Means* adalah metode umum dan paling sederhana dalam *clustering*. *Clustering* adalah termasuk dari ilmu *data mining* tanpa arahan (*unsupervised learning*). *Clustering* atau klusterisasi adalah proses membagi data ke dalam kelas atau klaster berdasarkan kesamaan. *Clustering* menempatkan data yang kadar kesamaannya tinggi pada klaster yang sama sedangkan data yang kadar kesamaannya rendah dimasukkan dalam klaster yang berbeda. Dalam

algoritma *K-Means Clustering*, *K* berarti konstanta untuk jumlah klaster yang dibutuhkan dan *Means* berarti nilai rata-rata dari sekelompok data yang dalam hal ini didefinisikan sebagai klaster. Kemiripan anggota klaster diukur dengan kedekatan objek dengan *Mean* dalam klaster atau disebut sebagai *centroid*. Jadi, *K-Means Clustering* adalah teknik analisis data dengan proses pemodelan tanpa arahan (*unsupervised*) dan merupakan salah satu metode yang melakukan pengelompokan data dengan sistem partisi [6]. Alasan pemilihan algoritma *K-Means* ini karena dalam mengelompokkan data tidak perlu mengetahui target kelas dan merupakan metode yang sederhana dibanding *clustering* lainnya [7].

Proses dari algoritma *K-Means* dimulai dari tahap pemilihan jumlah klaster yang diinginkan, dan selanjutnya menentukan *centroid* awal secara acak sejumlah dengan klaster yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu, jarak *Euclidean* dari setiap data ke pusat klaster dihitung. Untuk menghindari pergeseran data ke klaster lain, proses ini dilakukan secara berulang [8]. Terdapat celah kekurangan pada proses *K-Means* yaitu pada tahap penentuan *centroid* awal yang secara acak, karena berpengaruh terhadap hasil *clustering* yang berbeda dan tidak konsisten. Maka dari itu, penentuan *centroid* awal pada penelitian ini akan menggunakan metode *Rank Order Centroid (ROC)*. *ROC* merupakan metode yang mementingkan tingkat prioritas dari kriteria, teknik *ROC* melakukan pembobotan pada setiap kriteria berdasarkan *ranking* prioritas. Penentuan prioritas dilakukan dengan cara mencari nilai tertinggi dan menjadikannya nilai yang paling penting dibandingkan nilai lainnya [7]. Metode yang akan digunakan untuk evaluasi hasil *clustering* adalah *Davies-Bouldin Index (DBI)*. Evaluasi dengan *DBI* mempunyai skema evaluasi klaster internal yang menentukan baik atau tidaknya hasil klaster dilihat dari kuantitas dan kedekatan antara hasil klaster [9]. Pendekatan dalam pengujian nilai *DBI* mencakup nilai separasi dan kohesi. Klaster dapat dikatakan optimal apabila klaster tersebut mempunyai nilai kohesi yang rendah dan nilai separasi yang tinggi [10].

Beberapa penelitian yang mendasari penelitian penulis adalah sebagai berikut. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [11] menunjukkan bahwa *K-Means clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan data wilayah (puskesmas) di Banyuwangi yang dikelompokkan menjadi 3 kategori. Hasil dari penelitian tersebut menjadi informasi bagi Dinas Kesehatan dalam meningkatkan kinerja di puskesmas dengan target imunisasi kurang. Namun, pada penelitian ini akurasi dari hasil *clustering* tidak diketahui. Pada penelitian lainnya oleh [12] dalam proses algoritma *K-Means* pada penentuan jumlah *cluster* menggunakan metode *elbow* dengan hasil 3 *cluster* optimal dan evaluasi menggunakan *Silhouette Coefficient* dengan nilai 0,4960 yang menunjukkan bahwa kualitas *cluster* yang baik. Penelitian ini menggunakan *dataset* Penyakit ISPA di kabupaten Karawang dari tahun 2019-2021. Pada penelitian oleh [7] membahas tentang perbandingan kinerja algoritma

K-Means konvensional dengan *K-Means* menggunakan metode *ROC* untuk penentuan *centroid*. Dikatakan bahwa *centroid* awal pada algoritma *K-Means* sangat berpengaruh pada kualitas *cluster* yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai akurasi dari *K-Means* dengan metode *ROC* memiliki akurasi yang lebih tinggi dibanding *K-Means* konvensional. Maka dari itu, penelitian sekarang menggunakan metode *ROC* dalam *K-Means* untuk mendapatkan nilai akurasi yang lebih baik. Perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian [7] yaitu pada evaluasi hasil *clustering*. Penelitian tersebut melakukan evaluasi *clustering* menggunakan *Relative Standard Deviation (RSD)* [7]. Penelitian sekarang akan menggunakan evaluasi *Davies-Bouldin Index*, berbeda dengan penelitian [7] dan [12].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode pengumpulan data dan metode pengujian

Penelitian ini menggunakan data tentang proporsi individu usia produktif (15-59 tahun) dengan keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer yang diperoleh dari situs resmi terbuka milik lembaga pemerintah Badan Pusat Statistik Nasional <https://www.bps.go.id>. Data yang digunakan adalah data dalam rentang waktu tahun 2017-2021 yang terdiri dari 34 provinsi. *Tools* yang digunakan untuk membantu perhitungan data di penelitian ini adalah Microsoft Excel.

Algoritma yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode *K-Means clustering* untuk menentukan tiap-tiap *clusternya* dan metode *Rank Order Centroid (ROC)* untuk menentukan *centroid* awal. Metode yang digunakan dalam evaluasi *cluster* yang telah ditentukan menggunakan *Davies-Bouldin Index (DBI)*.

2.2 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian merupakan rentetan proses yang sistematis selama dilakukannya penelitian. Tahapan penelitian dimaksudkan untuk memudahkan pencapaian hasil penelitian, menyelesaikan penelitian tepat waktu, dan memajukan penelitian sesuai dengan yang diharapkan [13]. Tahapan penelitian ini tertera pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan bagian dari proses paling awal penelitian atau dapat dipahami sebagai langkah pertama dalam penelitian sebagai mendefinisikan masalah dan mencoba untuk membuat definisi tersebut menjadi lebih terukur. Masalah pada penelitian ini yaitu tidak adanya pengelompokan tingkatan wilayah yang memiliki keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer (TIK) rendah di Indonesia.

2.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi jurnal penelitian/tulisan penelitian yang berkaitan dengan metode-metode yang dapat digunakan pada penelitian ini. Dalam hal ini yaitu, algoritma *K-Means clustering*, metode *ROC* dan pengujian *DBI*.

2.2.3 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data dikumpulkan dari situs resmi terbuka milik lembaga pemerintah Badan Pusat Statistik Nasional <https://www.bps.go.id>. Data tersebut merupakan salah satu data Indikator Pembangunan Berkelanjutan bagian Pendidikan Berkualitas yaitu proporsi remaja dan dewasa usia (15-59 tahun) dengan keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer menurut provinsi. Data berikut hasil dari survei pada proporsi remaja (umur 15-24 tahun) dan dewasa (umur 15-59 tahun) dalam periode waktu tertentu yang telah melakukan kegiatan yang berkaitan dengan komputer tertentu (desktop, laptop atau tablet). Data yang digunakan adalah data dalam rentang waktu tahun 2017-2021 yang terdiri dari 34 provinsi. Dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Proporsi Remaja Dan Dewasa Usia 15-59 Tahun Dengan Keterampilan Teknologi Informasi Dan Komputer (TIK) Menurut Provinsi

Provinsi	Proporsi Remaja Dan Dewasa Usia 15-59 Tahun Dengan Keterampilan TIK Menurut Provinsi (Persen)				
	2017	2018	2019	2020	2021
ACEH	30,56	40,47	46,77	54,25	60,21
SUMATERA UTARA	35,11	43,65	51,78	58,6	67,41
SUMATERA BARAT	38,03	47,49	52,85	58,67	68
RIAU	39,78	49,45	55,37	62,67	70,69
JAMBI	32,8	43,42	50,83	56,87	64,47
SUMATERA SELATAN	32,03	41,33	46,5	54,52	62,59
BENGKULU	32,9	40,42	48,7	53,42	62,1
LAMPUNG	28,36	40,23	48,37	55,57	65,76

Provinsi	Proporsi Remaja Dan Dewasa Usia 15-59 Tahun Dengan Keterampilan TIK Menurut Provinsi (Persen)				
	2017	2018	2019	2020	2021
KEP. BANGKA BELITUNG	35,31	45,45	54,93	60,37	66,33
KEP. RIAU	58,87	65,6	77,18	81,73	89,06
DKI JAKARTA	71,39	77,14	85,17	88,08	91,79
JAWA BARAT	46,09	55,91	65,37	71,09	76,08
JAWA TENGAH	38,75	48,63	58,75	65,78	71,15
DI YOGYAKARTA	57,37	68,82	75,04	81,36	84,72
JAWA TIMUR	38,76	48,07	57,23	63,91	68,07
BANTEN	45,49	57,86	66,96	69,35	75,69
BALI	48,33	57,71	65,48	72,56	77,09
NUSA TENGGARA BARAT	30,04	37,11	47,85	52,72	58,69
NUSA TENGGARA TIMUR	25,3	29,65	36,33	42,89	53,16
KALIMANTAN BARAT	30,38	38,92	47,04	54,1	62,04
KALIMANTAN TENGAH	35,43	43,17	54,54	59,66	66,43
KALIMANTAN SELATAN	37,37	49,32	57,82	62,88	70,39
KALIMANTAN TIMUR	50,56	60,85	69,44	75,33	81,17
KALIMANTAN UTARA	45,68	58,42	65,36	71,99	76,94
SULAWESI UTARA	44,7	51,22	57,48	63,03	69,77
SULAWESI TENGAH	31,7	37,02	44,13	51,68	58,19
SULAWESI SELATAN	38,74	47,07	54,85	60,5	67,29
SULAWESI TENGGARA	35,14	43,94	53,36	60,35	65,75
GORONTALO	34,39	42,71	50,62	55,68	61,94
SULAWESI BARAT	26,24	33,95	40,95	47,66	55,72
MALUKU	31,55	39,2	44,02	49,96	59,26
MALUKU UTARA	25,1	34,24	38,11	45,22	51,53
PAPUA BARAT	34,68	45,41	52,37	59,45	62,31
PAPUA	21,29	24,23	26,45	30,93	30,58

2.2.4 Implementasi *Clustering*

Klasterisasi menggunakan algoritma *K-Means clustering* dimulai dengan melakukan pemilihan jumlah *cluster* k , jumlahnya ditentukan sesuai kebutuhan. Dalam kasus ini *cluster* yang ditentukan adalah 3 yaitu *cluster* tingkat rendah, sedang dan tinggi. Selanjutnya inisialisasi pusat *cluster* atau *centroid*, umumnya dilakukan dengan cara *random*. Pencarian *centroid* awal pada algoritma *K-Means* ini memegang peranan yang penting bagi kualitas *cluster* yang dihasilkan. Pada penelitian ini metode penentuan *centroid* awal yang digunakan adalah metode *Rank Order Centroid (ROC)* yaitu dengan terlebih dahulu mencari *ranking ROC* dari keseluruhan data kemudian menggunakan data *ranking* tertinggi, tengah dan terendah sebagai *centroid* awal. Pada persamaan (1) merupakan rumus pembobotan sebelum menentukan nilai *ROC data*.

$$W_i = \frac{1}{k} \sum_{n=i}^k \left(\frac{1}{n}\right) \quad (1)$$

Keterangan:

W_i = bobot
 k = jumlah atribut
 i = atribut ke-

Dari rumus pada persamaan (1) untuk pembobotan nilai atribut, didapat perhitungan sebagai berikut:

- 1) $W_1 = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right) = 0,457$
- 2) $W_2 = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right) = 0,257$
- 3) $W_3 = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right) = 0,157$
- 4) $W_4 = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right) = 0,09$
- 5) $W_5 = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{1}{5}\right) = 0,04$

Selanjutnya didapatkan nilai bobot tiap atribut yang dibulatkan dari perhitungan di atas, tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Bobot Atribut

No.	Atribut (Tahun)	Nilai Bobot Atribut
1.	2017	0,46
2.	2018	0,26
3.	2019	0,16
4.	2020	0,09
5.	2021	0,04

Setelah nilai bobot atribut diperoleh, langkah selanjutnya melakukan perkalian antara nilai bobot atribut dengan data atribut pada *dataset*, maka didapatkan nilai *ROC data* yang

akan menjadi nilai *centroid* awal [7]. Nilai *ROC* tiap data tersebut di dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai *ROC* per data

Data ke -	Provinsi	ROC Data
1	ACEH	0,183966451
2	SUMATERA UTARA	0,166241586
3	SUMATERA BARAT	0,162688256
4	RIAU	0,155251278
5	JAMBI	0,172194317
6	SUMATERA SELATAN	0,179712602
7	BENGGKULU	0,180027938
8	LAMPUNG	0,176317794
9	KEP. BANGKA BELITUNG	0,164185018
10	KEP. RIAU	0,118639179
11	DKI JAKARTA	0,110440408
12	JAWA BARAT	0,139293211
13	JAWA TENGAH	0,152371533
14	DI YOGYAKARTA	0,121745174
15	JAWA TIMUR	0,157286214
16	BANTEN	0,139622818
17	BALI	0,136900418
18	NUSA TENGGARA BARAT	0,18866995
19	NUSA TENGGARA TIMUR	0,223403422
20	KALIMANTAN BARAT	0,182318374
21	KALIMANTAN TENGAH	0,165524504
22	KALIMANTAN SELATAN	0,155223585
23	KALIMANTAN TIMUR	0,130340861
24	KALIMANTAN UTARA	0,137664293
25	SULAWESI UTARA	0,153412166
26	SULAWESI TENGAH	0,191744804
27	SULAWESI SELATAN	0,161390983
28	SULAWESI TENGGARA	0,166172914
29	GORONTALO	0,175980936
30	SULAWESI BARAT	0,206113198
31	MALUKU	0,19065414
32	MALUKU UTARA	0,218760978
33	PAPUA BARAT	0,170968915
34	PAPUA	0,334780317

Penentuan nilai *centroid* awal berdasarkan kebutuhan *cluster* yang datanya meliputi, C1 merupakan data dengan nilai *ROC* terendah, C2 dengan nilai tengah *ROC* dan C3 dengan nilai *ROC* tertinggi. Nilai *centroid* yang didapatkan di antaranya adalah data untuk C1 yaitu provinsi DKI Jakarta dengan nilai *ROC* 0,110440408, data untuk C2 yaitu provinsi Sulawesi Tenggara dengan nilai *ROC* 0,166172914 dan data untuk C3 yaitu provinsi Papua dengan nilai *ROC* 0,334780317.

Setelah mendapatkan *centroid* awal, selanjutnya adalah mencari nilai *Euclidean distance* (D) atau jarak data dari masing-masing data ke nilai *centroid*. Rumus *Euclidean distance* terdapat di persamaan (2).

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

D = selisih jarak data pada titik x dan y

x = nilai data ke- i

y = nilai *centroid* data ke- i

n = jumlah atribut data

Kemudian dilakukan pengelompokan data ke *cluster-cluster* yang dibutuhkan yaitu *cluster* rendah, *cluster* sedang, dan *cluster* tinggi berdasarkan nilai *Euclidean distance*. Jarak data terpendek di tiap data yang akan dikelompokkan ke klusternya, antara C1, C2 ataupun C3. Setelah pengelompokan data, maka keseluruhan proses itu adalah iterasi 1.

Tabel 4. Iterasi 1

Data ke -	D ke C ₁	D ke C ₂	D ke C ₃	Jarak Terpendek	Cluster
1	81,413	12,014	46,737	12,014	2
2	70,825	2,8982	57,722	2,8982	2
3	66,839	5,3944	60,729	5,3944	2
4	61,195	9,2583	66,562	9,2583	2
5	74,336	5,0888	54,005	5,0888	2
6	79,409	10,369	48,897	10,369	2
7	79,011	10,024	48,901	10,024	2
8	79,389	10,367	51,296	10,367	2
9	68,092	2,2607	60,023	2,2607	2
10	20,038	50,991	108,16	20,038	1
11	0	69,823	125,58	0	1
12	44,926	25,089	82,562	25,089	2
13	59,157	11,078	69,311	11,078	2
14	21,53	48,831	105,48	21,53	1
15	61,946	7,9495	65,682	7,9495	2
16	44,544	25,8	82,878	25,8	2
17	41,88	28,074	85,274	28,074	2

Data ke -	D ke C ₁	D ke C ₂	D ke C ₃	Jarak Terpendek	Cluster
18	83,97	14,529	44,333	14,529	2
19	101,49	32,472	28,213	28,213	3
20	81,463	11,859	47,423	11,859	2
21	69,542	1,7343	58,808	1,7343	2
22	61,419	9,041	66,916	9,041	2
23	34,958	35,277	92,61	34,958	1
24	43,397	26,935	84,339	26,935	2
25	57,125	13,591	69,323	13,591	2
26	85,575	16,65	42,159	16,65	2
27	65,195	5,2317	62,087	5,2317	2
28	69,823	0	58,369	0	2
29	75,425	6,7755	51,897	6,7755	2
30	93,777	24,386	35,23	24,386	2
31	85,037	16,513	42,694	16,513	2
32	98,263	29,302	29,896	29,302	2
33	71,547	3,9995	55,856	3,9995	2
34	125,58	58,369	0	0	3

Jarak terpendek antara data yang menjadi penentuan untuk mengelompokkan data ke *cluster*, seperti yang terlihat di tabel 4. Pada data ke-1 jarak terpendeknya adalah terhadap nilai *centroid* 2, maka data ke-1 termasuk *cluster* 2. Selanjutnya proses iterasi ini diulang kembali dimulai dari penentuan *centroid*. Tidak seperti sebelumnya (*centroid* awal), untuk menentukan *centroid* berikutnya dilakukan dengan menghitung rata-rata dari nilai data di masing-masing *cluster* yang telah dikelompokkan. Proses *K-Means* tersebut dilakukan kembali hingga data yang dikelompokkan tidak berubah dari iterasi sebelumnya, yang berarti perhitungan dinyatakan selesai [14]. Setelah proses iterasi diulang terus-menerus didapatkan nilai *centroid* akhir yang ada di tabel 5. Dari rata-rata nilai *centroid* akhir dapat ditentukan bahwa data di *cluster* 1 menunjukkan *cluster* tingkat tinggi, *cluster* 2 menunjukkan *cluster* tingkat sedang dan *cluster* 3 menunjukkan *cluster* tingkat rendah.

Tabel 5. Nilai Centroid Akhir

Centroid	Atribut				
	2017	2018	2019	2020	2021
C1	52,9725	62,7888	71,25	76,44	81,568
C2	31,9379	40,1542	47,34	53,11	59,535
C3	24,4825	30,5175	35,46	41,68	47,748

Iterasi berhenti di iterasi keempat yang menunjukkan tidak ada perbedaan *cluster* dengan iterasi sebelumnya. Dari proses iterasi 4 menghasilkan *cluster* 1 terdapat 8 anggota,

cluster 2 terdapat 22 anggota. dan *cluster* 3 terdapat 4 anggota.

2.2.5 Evaluasi Clustering

Evaluasi *clustering* yang akan dilakukan menggunakan metode *Davies-Bouldin Index* terdapat empat tahapan, sebagai berikut.

1) Perhitungan Sum of Square Within Cluster (SSW)

SSW merupakan keterikatan anggota kluster, di mana lebih kecil lebih mirip dan karenanya lebih baik. Perhitungan ini untuk menentukan matriks/kohesi/homogenitas. Kohesi adalah keterikatan anggota kluster dalam satu kluster.

$$SSW_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=i}^{m_i} d(x_j, c_i) \quad (3)$$

Keterangan:

m_i = jumlah data dalam kluster ke- i

x_j = data pada kluster tersebut

c_i = *centroid* kluster ke- i

$d(x_j, c_i)$ = jarak data ke *centroid*

Hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan (3) terlihat di tabel 6.

Tabel 6. Nilai SSW

Cluster	SSW
1	13,522935
2	11,294253
3	11,988898

2) Menghitung Sum of Square Between Cluster (SSB)

SSB adalah persamaan untuk mengetahui nilai separasi antara kluster. Separasi adalah jarak antara satu kluster dengan kluster lainnya.

$$SSB_{i,j} = d(c_i, c_j) \quad (4)$$

Keterangan:

$d(c_i, c_j)$ = jarak antar *centroid*

Hasil dari perhitungan nilai *SSB* tertuang di tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai SSB

SSB	Centroid		
	1	2	3
1	0	50,557	74,069
2	50,557	0	20,527
3	74,069	20,527	0

3) Menghitung Rasio

Setelah didapatkan nilai separasi dan kohesi, kemudian melakukan perhitungan rasio untuk mendapatkan nilai seberapa baik satu kluster dibandingkan dengan kluster lain.

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}} \quad (5)$$

Keterangan:

- $R_{i,j}$ = rasio antar *cluster*
- SSW_i = *cluster* 1
- SSW_j = *cluster* 2
- $SSB_{i,j}$ = separasi dari *cluster* 1 dan 2

Berikutnya melakukan perhitungan nilai rasio dengan rumus persamaan (5). Karena terdapat 3 *cluster*, maka jumlah rasionya juga 3.

Tabel 8. Nilai Rasio

Rasio	
R1,2	0,4908753
R2,3	1,1342905
R1,3	0,3444347

4) Perhitungan *DBI (Davis-Bouldin Index)*

Apabila hasil berdasarkan perhitungan *DBI* yang didapatkan semakin kecil dan atau mendekati nol tetapi tidak negatif ($\text{non-negatif} \geq 0$), maka nilai hasil *clustering* semakin baik.

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{i \neq j} (R_{i,j}) \quad (6)$$

Keterangan:

- k = jumlah *cluster* yang ada
- $R_{i,j}$ = rasio antara *cluster* i dan j
- \max = rasio antar *cluster* terbesar

Hasil nilai *Davies-Bouldin Index (DBI)* yang semakin rendah, maka semakin baik kualitas *cluster* dari *clustering* data menggunakan metode yang dipakai [10][15].

Dari nilai rasio yang tertera di tabel 8. Diambil nilai terbesar rasio untuk menghitung nilai *DBI* menggunakan rumus persamaan (6). Didapatkan nilai *DBI* sebesar 0,163625.

2.2.6 Hasil

Hasil dan kesimpulan dari tahapan penelitian yang telah dilakukan. Berupa pengetahuan yang berkaitan dengan tujuan dari penelitian ini dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses *K-Means clustering* yang dimulai dari penentuan *centroid* awal menggunakan metode *ROC*. Penentuan nilai *centroid* awal berdasarkan kebutuhan *cluster* yang datanya meliputi, C1 merupakan data dengan nilai *ROC* terendah yaitu provinsi DKI Jakarta dengan nilai *ROC* 0,110440408, C2 dengan nilai tengah *ROC* yaitu provinsi Sulawesi Tenggara dengan nilai *ROC* 0,166172914 dan C3 dengan nilai *ROC* tertinggi yaitu provinsi Papua dengan nilai *ROC* 0,334780317. Data nilai *centroid* awal tertera pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai Data *Centroid* Awal

Data ke -	<i>Centroid</i> Awal	Atribut				
		2017	2018	2019	2020	2021
11	C1	71,39	77,14	85,17	88,08	91,79
28	C2	35,14	43,94	53,36	60,35	65,75
34	C3	21,29	24,23	26,45	30,93	30,58

Iterasi berhenti di iterasi keempat yang menunjukkan tidak ada perbedaan *cluster* dengan iterasi sebelumnya, hasilnya tertera di tabel 10. Dari proses iterasi 4 dihasilkan bahwa pada *cluster* 1 terdapat 8 anggota, *cluster* 2 terdapat 22 anggota. dan *cluster* 3 terdapat 4 anggota.

Tabel 10. Iterasi 4

Data ke -	D ke C ₁	D ke C ₂	D ke C ₃	Jarak Terpendek	Cluster
1	50,479	2,0195	24,028	2,0195	2
2	39,787	11,582	34,997	11,582	2
3	35,995	14,962	38,38	14,962	2
4	30,199	20,693	44,227	20,693	2
5	43,292	7,8791	31,344	7,8791	2
6	48,498	3,663	26,097	3,663	2
7	48,172	3,0856	26,233	3,0856	2
8	48,202	7,6597	28,17	7,6597	2
9	37,003	13,997	37,605	13,997	2
10	12,728	62,882	86,4	12,728	1
11	31,289	81,356	104,59	31,289	1
12	13,71	37,022	60,616	13,71	1
13	27,948	23,321	46,934	23,321	2
14	10,211	60,565	84,007	10,211	1
15	30,892	19,912	43,512	19,912	2
16	13,544	37,508	61,056	13,544	1
17	10,757	39,905	63,437	10,757	1
18	53,091	3,741	21,67	3,741	2
19	70,822	20,511	5,7401	5,7401	3
20	50,463	3,3609	24,457	3,3609	2
21	38,503	12,79	36,283	12,79	2
22	30,231	20,896	44,519	20,896	2
23	3,7732	47,173	70,742	3,7732	1
24	12,171	38,815	62,395	12,171	1
25	26,661	24,317	47,574	24,317	2
26	54,876	4,9028	19,46	4,9028	2

Data ke -	D ke C ₁	D ke C ₂	D ke C ₃	Jarak Terpendek	Cluster
27	34,299	16,286	39,869	16,286	2
28	38,759	12,324	35,875	12,324	2
29	44,611	5,9743	29,567	5,9743	2
30	62,933	12,492	12,016	12,016	3
31	54,364	4,6991	19,995	4,6991	2
32	67,579	17,125	6,9379	6,9379	3
33	40,651	10,409	33,76	10,409	2
34	95,75	46,192	23,261	23,261	3

Evaluasi *clustering* menggunakan *DBI* dilakukan mulai dari perhitungan nilai *SSW*, *SSB*, rasio dan terakhir *DBI*. Dari keseluruhan perhitungan tersebut didapatkan nilai *DBI* sebesar 0,163625, yang berarti akurasi dari hasil *clustering* baik karena nilainya mendekati 0. Penelitian oleh [7] juga menghasilkan akurasi yang baik. Maka dari itu, penelitian ini yang menggunakan *dataset* berbeda pun mendapatkan hasil *clustering* yang baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode *K-Means clustering* dengan *Rank Order Centroid (ROC)* untuk *centroid* awal dan pengujian *Davies-Bouldin Index (DBI)*. Didapatkan hasil dari *clustering* yang terdiri dari *cluster* 1 merupakan *cluster* dengan tingkat proporsi individu yang memiliki keterampilan TIK tinggi terdapat 8 provinsi yaitu, provinsi Riau, DKI Jakarta, Jawa Barat, DI Yogyakarta, Banten, Bali, Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara. *Cluster* 2 merupakan *cluster* dengan tingkat proporsi individu yang memiliki keterampilan TIK sedang memiliki anggota terbanyak di mana terdapat 22 provinsi yaitu provinsi Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Kep. Bangka Belitung, Jawa Tengah, Jawa Timur, NTB, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Maluku, dan Papua Barat. *Cluster* 3 merupakan *cluster* dengan tingkat proporsi individu yang memiliki keterampilan TIK rendah terdapat 4 provinsi yaitu, provinsi NTT, Sulawesi Barat, Maluku Utara, dan Papua. Dari hasil *clustering* di dapatkan nilai pengujian *DBI* 0,163625, yang berarti kualitas dari hasil *clustering* baik. Maka dari itu, *K-Means* dengan metode *ROC* untuk penentuan *centroid* awal cukup efektif untuk digunakan. Dari hasil *clustering* ini, informasi tersebut dapat menjadi masukan bagi pemerintah mengenai wilayah yang termasuk tingkat rendah perlu dilakukan perkembangan supaya dapat menjaga dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia dalam bidang TIK. Sebagai pertimbangan untuk penelitian selanjutnya ada baiknya untuk menggunakan algoritma *clustering* lain sebagai

perbandingan dan atau menggunakan metode evaluasi *clustering* lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Wilandini and Purwantoro, "Penerapan Algoritma Naive Bayes dalam Mengklasifikasikan Media Sosial Untuk Mengamati Trend Kuliner," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 31–39, 2022, doi: <https://doi.org/10.54914/jtt.v8i1.535>.
- [2] A. Voutama, U. Enri, I. Maulana, and E. Novalia, "Sosialisasi Literasi Digital Bagi Remaja dan Calistung Untuk Anak-Anak di Desa Telukbuyung Karawang," *J. Pemberdaya. Komunitas MH Thamrin*, vol. 4, no. 1, pp. 34–41, 2022, doi: 10.37012/jpkmht.v4i1.870.
- [3] R. Muntaqo, "Teknologi Informasi dan Komunikasi Dalam Perkembangan Budaya Masyarakat," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 4, no. 1, pp. 12–20, 2017, doi: <https://doi.org/10.32699/ppkm.v4i1.401>.
- [4] A. Purwanto, A. Primajaya, and A. Voutama, "Penerapan Algoritma C4.5 Dalam Prediksi Potensi Tingkat Kasus Pneumonia Di Kabupaten Karawang," *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 4, p. 390, 2020, doi: 10.26418/justin.v8i4.41959.
- [5] A. Yoga Pratama, Y. Umaidah, and A. Voutama, "Analisis Sentimen Media Sosial Twitter Dengan Algoritma K-Nearest Neighbor Dan Seleksi Fitur Chi-Square (Kasus Omnibus Law Cipta Kerja)," *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 5, no. 2, pp. 897–910, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.30645/j-sakti.v5i2.386>.
- [6] F. Yunita, "Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering Pada Penerimaan Mahasiswa Baru," *Sistemasi*, vol. 7, no. 3, p. 238, 2018, doi: 10.32520/stmsi.v7i3.388.
- [7] P. Sari, "Analisis Kinerja Algoritma K-Means Dengan Penentuan Centroid Menggunakan Metode Rank Order Centroid (Roc)," Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [8] H. Irwandi, O. S. Sitompul, and S. Sutarman, "K-Means Performance Optimization Using Rank Order Centroid (ROC) And Braycurtis Distance," *Sinkron*, 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i2.11371.
- [9] M. Herviany, S. P. Delima, T. Nurhidayah, and Kasini, "Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids untuk Pengelompokan Daerah Rawan Tanah Longsor di Provinsi Jawa Barat," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–40, 2021.
- [10] D. A. I. C. Dewi and D. A. K. Pramita, "Analisis Perbandingan Metode Elbow dan Silhouette pada Algoritma Clustering K-Medoids dalam Pengelompokan Produksi Kerajinan Bali," *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 3, pp.

- 102–109, 2019, doi: 10.31940/matrix.v9i3.1662.
- [11] A. Chusyairi and P. Ramadar Noor Saputra, “Pengelompokan Data Puskesmas Banyuwangi Dalam Pemberian Imunisasi Menggunakan Metode K-Means Clustering,” *Telematika*, vol. 12, no. 2, pp. 139–148, 2019, doi: 10.35671/telematika.v12i2.848.
- [12] V. Ramadhan and A. Voutama, “Clustering Menggunakan Algoritma K-Means Pada Penyakit ISPA di Puskesmas Kabupaten Karawang,” *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 4, pp. 462–473, 2022, doi: <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i5.6632>.
- [13] P. Alam Jusia, F. Muhammad Irfan, and Kurniabudi, “Clustering Data Untuk Rekomendasi Penentuan Jurusan Perguruan Tinggi Menggunakan Metode K-Means,” *J. IKRA-ITH Inform.*, vol. 3, no. 3, p. 75, 2019.
- [14] Carudin, “Pemanfaatan Data Transaksi Untuk Dasar Membangun Strategi Berdasarkan Karakteristik Pelanggan Dengan Algoritma K-Means Clustering dan Model RFM,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 15–22, 2021, doi: <https://doi.org/10.54914/jtt.v7i1.318>.
- [15] I. W. Septiani, A. C. Fauzan, and M. M. Huda, “Implementasi Algoritma K-Medoids Dengan Evaluasi Davies-Bouldin- Index Untuk Klasterisasi Harapan Hidup Pasca Operasi Pada Pasien Penderita Kanker Paru-Paru,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 4, pp. 556–566, 2022, doi: 10.30865/json.v3i4.4055.



PENGARUH KESEIMBANGAN DATA TERHADAP AKURASI MODEL SUPPORT VECTOR MACHINE PADA DATA SET DONOR DARAH

Agung Widyanto¹, Kusrini², Kusnawi³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia 55281
agungwidyanto@students.amikom.ac.id, kusrini@amikom.ac.id, kusnawi@amikom.ac.id

Abstract

In classification, unbalanced data is expected. Unbalanced data has an inequality ratio between the majority and minority classes. Models trained with unbalanced data tend to predict the minority class as the majority class. This study aims to determine the effect of data balance on the accuracy of the Support Vector Machine (SVM) classification model. The data set used is the blood donor data set downloaded from the repository belonging to the University of California, Irvine (UCI). The Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) tool was chosen to present the results of training development and model testing. The research framework scheme is used as a reference for knowledge flow. In scenario 1, data pre-processing includes handling missing values using mean-impulse and normalizing MinMax scaling. With a data set that has an inequality ratio of 1:3, the SVM classifier gets an accuracy performance of 76.7%. In scenario 2, post-pre-processing is done by balancing the data using the Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE). SVM classifier gets 69.8% accuracy performance. Model performance is evaluated using confusion metrics. The gap in recall values for each class is very high in scenario 1 (2.8% and 99.8%). Things are different in scenario 2 (75.6% and 64%). The test results of 748 samples obtained an accuracy of 76.7% for the scenario-1 model and 93.2% for the scenario-2 model. This proves that the balance of data influences the accuracy of the SVM classification model.

Keywords: Data imbalance, Min-Max scaling, SMOTE, SVM, WEKA

Abstrak

Pada klasifikasi, data yang tidak seimbang menjadi hal yang umum ditemukan. Data yang tidak seimbang memiliki rasio ketimpangan kelas mayoritas dan minoritas. Model yang dilatih dengan data yang tidak seimbang mengakibatkan model cenderung memprediksi kelas minoritas sebagai kelas mayoritas. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh keseimbangan data terhadap akurasi model klasifikasi *Support Vector Machine (SVM)*. *Data set* yang digunakan adalah *data set* donor darah yang diunduh dari repositori milik *University of California, Irvine (UCI)*. Alat *Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)* dipilih untuk menyajikan hasil pengembangan pelatihan dan pengujian model. Skema kerangka kerja penelitian digunakan sebagai acuan *Knowledge Flow*. Pada skenario-1, pra-pemrosesan data mencakup penanganan *missing value* menggunakan *mean-impulse* dan normalisasi *MinMax Scaling*. Dengan *data set* yang memiliki rasio ketimpangan 1:3, pengklasifikasi *SVM* mendapatkan performa akurasi sebesar 76.7%. Sedangkan pada skenario-2, pasca pra-pemrosesan dilakukan penyeimbangan data menerapkan *Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE)*. Pengklasifikasi *SVM* mendapatkan performansi akurasi 69.8%. Kinerja model dievaluasi menggunakan *confusion metric*. Gap nilai *recall* tiap kelas sangat tinggi pada skenario-1 (2.8% dan 99.8%). Hal yang berbeda pada skenario-2 (75.6% dan 64%). Hasil uji 748 sampel, didapatkan akurasi 76.7% model skenario-1, dan akurasi 93.2% model skenario-2. Hal ini membuktikan bahwa keseimbangan data memiliki pengaruh terhadap akurasi model klasifikasi *SVM*.

Kata kunci: Data imbalance, Min-Max scaling, SMOTE, SVM, WEKA

1. PENDAHULUAN

Permasalahan ketidakseimbangan pada kumpulan data memberikan kecenderungan hasil latih pembelajaran mesin melakukan prediksi sering kali kelas minoritas di salah klasifikasikan sebagai kelas mayoritas. Hal ini tentunya

mengakibatkan penurunan performa akurasi pada *class* yang diprediksi.

Pada penelitian [1][2] transfusi/donor darah, perilaku data donor dapat dilihat dari *Recency* adalah berapa bulan

dihitung dari sukarelawan mendonorkan darah terakhir kalinya, *Frequency* adalah berapa kali sukarelawan telah mendonorkan darah, *Monetary* adalah berapakah jumlah(cc) darah yang telah sukarelawan donorkan, *Time* adalah berapakah bulan akumulasi sukarelawan mendonor. Studi kasus donor darah ini dipilih dengan pendekatan *Recency;Frequency;Monetary;Time;Churn (RFMTC)* sebagai modifikasi dari *Recency of purchase, Frequency of purchase, dan Monetary value of purchase (RFM)* yang digunakan untuk memprediksi perilaku pendonor darah sehingga diperoleh formula yang dapat memperkirakan probabilitas pendonor diklasifikasikan apakah akan mendonorkan darahnya atau tidak. Penelitian [2] mendapatkan akurasi 78.13% dengan menerapkan pengklasifikasi *Naïve Bayes*, dan kenaikan akurasi 80.8% setelah dilakukan kombinasi *Naïve Bayes* dan *K-Mean*. Perbandingan kelas mayoritas dan minoritas pada kelas biner mendonorkan atau tidak mendonorkan menunjukkan bahwa *data set* ini memiliki ketidakseimbangan data dengan rasio ketimpangan 1 berbanding 3. Ketimpangan ini merupakan bentuk ketidakseimbangan pada kumpulan data dengan kondisi kelas mayoritas memiliki jumlah sampel yang tinggi dibandingkan dengan kelas lainnya (minoritas) secara kuantitas[3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengidentifikasi ketidakseimbangan data. Penelitian [4] menggambarkan hasil deteksi peristiwa suara (*SED*) lebih cenderung ke *frame* yang tidak aktif daripada *frame* aktif. Hal ini didapatkan, karena perbedaan durasi waktu antar *class event* suara membuat perbedaan jumlah secara signifikan sampel data antar *class event*. Hasil latihan yang tidak seimbang ini memberikan pengaruh model kinerja deteksi peristiwa suara (*SED*) yang dihasilkan. *Imbalanced ratio* menunjukkan ukuran ketidakseimbangan *data set* [5][6].

Dalam penelitian [7] diterapkan algoritma *SMOTE* untuk mendapatkan keseimbangan kumpulan data yang dipergunakan. Penelitian tersebut menggunakan beberapa *data set*. *Data set* pertama sebanyak 68 data, *data set* kedua sejumlah 180 data, dan *data set* ketiga dengan 371 data. Pasca dilakukan *SMOTE treatment*, seluruh kumpulan data tersebut menjadi *balance data set*. Teknik *oversampling* menunjukkan perbaikan terhadap akurasi [8][9][10].

Penelitian lainnya [11] memprediksi probabilitas pendonor darah akan berdonor kembali atau tidak dengan menggunakan algoritma *Random Forest, SVM* dan *Regresi Logistik*. *Instance* dari *data set* terdapat 9 fitur di antaranya memiliki kesamaan dengan pendekatan *rfmt* yakni tanggal terakhir berdonor, jumlah akumulasi berdonor, tanggal pertama berdonor darah dan periodenya.

Dengan demikian, penelitian yang dilakukan ini adalah upaya untuk mendapatkan *data set* donor darah yang seimbang yang tidak dilakukan pada penelitian sebelumnya[2]. Teknik penambahan data sintesis *SMOTE*

pada penelitian [7] dengan pengaturan standar digunakan untuk mendapatkan *data set* dengan rasio ketimpangan 1:1. Upaya lainnya untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah dengan melakukan perbandingan hasil evaluasi model klasifikasi *SVM* yang diterapkan *data set* sebelum seimbang dan sesudah seimbang. Pengukuran performa tiap model mencakup evaluasi seluruh *class* dan evaluasi masing-masing *class*. Untuk mendapatkan kesimpulan pengaruh keseimbangan data pada penelitian ini dilakukan simulasi prediksi dengan 748 sampel pada model yang telah dihasilkan untuk mengetahui performa akurasinya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis, sifat, pendekatan dan pengumpulan data penelitian

Jenis penelitian adalah studi kasus, penelitian dengan melakukan pengamatan pengaruh keseimbangan data dengan pengklasifikasi *Support Vector Machine* pada kasus probabilitas pendonor untuk melakukan donor darah kembali atau tidak melakukan donor darah.

Sifat dari penelitian yang dilakukan adalah kausal, dengan sebab keseimbangan data maka didapatkan akibat dalam data latihan pada algoritma klasifikasi pendonor darah. Variabel bebas yakni *class* variabel adalah variabel yang dimanipulasi dalam kondisi terkontrol.

Pendekatan penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan melakukan penelitian sesuai dengan tahap-tahap atau alur penelitian yang telah dibuat. Dilakukan secara objektif dan verifikatif terhadap hasil pengukuran secara numerik.

Data set yang diunggah di repositori milik *UCI* ini adalah kumpulan data yang berasal dari Taiwan, di mana di Kota Hsin-Chu saat itu menyelenggarakan kegiatan Layanan Transfusi Darah. Terdapat sebanyak 748 *instances*, dengan 5 atribut (variabel) lihat Tabel 1, yakni *Recency* adalah berapa bulan sejak dihitung dari terakhir sukarelawan mendonorkan darah, *Frequency* adalah berapa kali sukarelawan telah mendonorkan darah, *Monetary* adalah berapakah jumlah (cc) darah yang telah sukarelawan donorkan, *Time* adalah berapakah bulan akumulasi sukarelawan mendonor dan sebuah kelas biner yang merepresentasikan berdonor(2) atau tidak berdonor(1). Penelitian sebelumnya menggunakan *data set* yang sama.

Tabel 1. Deskripsi

No	Nama Variabel	Deskripsi Variabel
1	<i>Recency</i>	adalah berapa bulan sejak dihitung dari terakhir sukarelawan mendonorkan darah
2	<i>Frequency</i>	adalah berapa kali sukarelawan telah mendonorkan darah
3	<i>Monetary</i>	adalah berapakah jumlah (cc) darah yang telah sukarelawan donorkan
4	<i>Time</i>	adalah berapakah bulan akumulasi sukarelawan mendonor

No	Nama Variabel	Deskripsi Variabel
5	Class	representasi mendonorkan darah di bulan Maret 2007, 1 tidak mendonorkan, 2 mendonorkan.

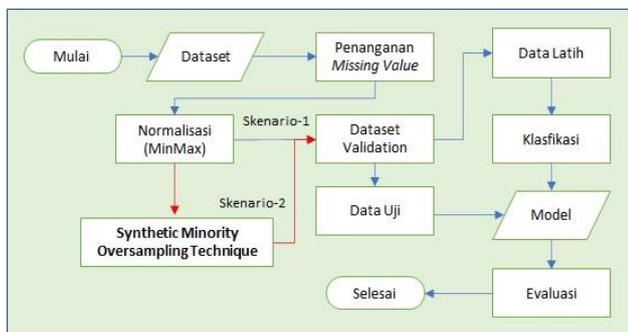
Tabel 2 menyajikan isi (sampel) dari *data set* yang dipergunakan. Variabel fitur bertipe numerik, sedangkan variabel target (*class*) bertipe nominal.

Tabel 2. Contoh Sampel *Data set*

Recency	Frequency	Monetary	Time	Class
2	50	12500	98	1
0	13	3250	28	1
1	16	4000	35	1
2	20	5000	45	1
1	24	6000	77	2

2.2 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari beberapa proses yang ditunjukkan Gambar 1. Terdapat dua skenario. Pada skenario 1, dimulai dengan mengumpulkan *data set*, penanganan *missing value*, normalisasi, validasi, dan mengklasifikasikan menggunakan *Support Vector Machine (SVM)*. Hasilnya adalah model klasifikasi, yang dievaluasi menggunakan akurasi, presisi, *recall* dan *F-Measure* berdasarkan *confusion matrix*. Sedangkan pada skenario 2, yang membedakan sebelum proses normalisasi data, dilakukan *balancing data set*. Dilanjutkan dengan proses seperti pada skenario 1 untuk mendapatkan hasil evaluasi skenario 2. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan hasil evaluasi skenario 1 dan skenario 2 dengan melihat performa pada tiap *class* dan reratanya (*weighted average*).

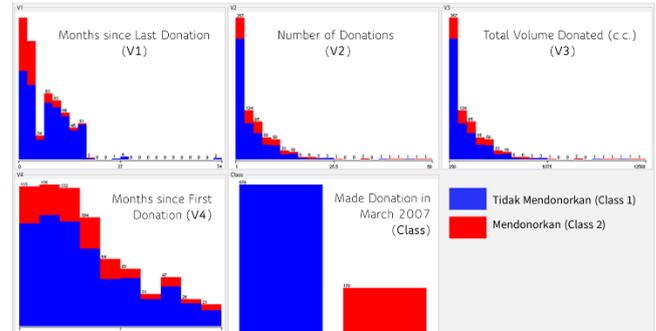


Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

2.2.1 Data set

Di awal aliran kerangka kerja penelitian pada gambar 1 adalah *Data set*. *Data set* yang telah didapatkan dieksplorasi untuk lebih mengenal karakter data. Dilakukan pengecekan terhadap kesesuaian deskripsi *data set* dengan data yang diunduh. Dilakukan pemastian kesesuaian pada format *type file data set(.data)*, jumlah (748 sampel), identitas fitur (*rfmt*), atribut(*class*). Terdapat sebanyak 748 sampel, dengan 5 atribut yakni *Recency* adalah berapa bulan sejak dihitung dari terakhir sukarelawan mendonorkan darah (**V1**), *Frequency* adalah berapa kali sukarelawan telah

mendonorkan darah (**V2**), *Monetary* adalah berapakah jumlah (cc) darah yang telah sukarelawan donorkan (**V3**), *Time* adalah berapakah bulan akumulasi sukarelawan mendonor (**V4**) dan sebuah kelas biner yang merepresentasikan berdonor(2) atau tidak berdonor(1) (**V5**). Pada Gambar 2, adalah visualisasi *data set* yang dipergunakan.



Gambar 2. Visualisasi *Data set*

2.2.2 Penanganan *Missing Value*

Pada penelitian ini jumlah sampel *data set* sebanyak 748, ditemukan pada V1 sebanyak 5 (~1%) data dengan status *missing value*. Yakni pada *record* ke 2;12;68;107;5055. Penanganan *missing value* ini dilakukan dengan teknik *impulse mean*[12]. Hasilnya, pada kelima *record* yang kosong tersebut di V1, telah disesuaikan dengan nilai 9.570659 yakni nilai *mean* dari data V1.

2.2.3 Normalisasi *Data set*

Tahap berikutnya yang dilakukan pada skenario-1 adalah melakukan normalisasi data. Normalisasi adalah bagian dari teknik pra-pemrosesan data. Dengan kumpulan data yang sudah dinormalkan, hal tersebut berkontribusi dalam pembelajaran mesin untuk mendapatkan model yang baik[11]. Metode normalisasi yang digunakan penelitian adalah *Min-Max Scaling*.

Dalam *Min-Max Scaling* data disesuaikan dalam jangkauan rentang standar antara 0-1. Persamaan (1) merupakan formula untuk menghitung nilai yang diskalakan.

$$X_{std} = \frac{(X - X_{min}(axis=0))}{(X_{max}(axis=0) - X_{min}(axis=0))}$$

$$X_{scaled} = X_{std} \times (\max - \min) + \min \quad (1)$$

2.2.4 *Data balancing*

Pada skenario 2, sebelum dilakukan normalisasi data terlebih dahulu dilakukan penyeimbangan data. Pada Gambar 2, perbandingan kelas mayoritas dan minoritas pada kelas biner mendonorkan atau tidak mendonorkan menunjukkan bahwa himpunan data ini memiliki ketidakseimbangan data dengan rasio ketimpangan 1:3. Ketimpangan kelas ini merupakan bentuk ketidakseimbangan dengan kondisi kelompok kelas mayoritas memiliki jumlah sampel berbeda, biasanya lebih

tinggi dibandingkan dengan kelas lainnya (minoritas) secara kuantitas [3].

Teknik yang digunakan untuk menyeimbangkan himpunan data adalah dengan menerapkan *random over sampling*, *Sythetic Minority Oversampling Technique (SMOTE)* [13][14]. Dengan menambahkan data sintesis melalui *SMOTE* maka didapatkan 570 sampel masing-masing *class*.

2.2.4 Distribusi data untuk *training* dan *testing*

Tahap selanjutnya data dibagi menjadi *data training* dan *data testing*. *Data training* digunakan untuk pemodelan dan *data testing* dilakukan untuk menguji kinerja dan kebenaran dalam model yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan 10 *fold CV*(*Cross Validation*), data dibagi 10 *fold* yang memiliki ukuran mendekati sama, terdapat 10 *subset* data untuk mengevaluasi model. Dalam prosesnya tiap 10 *subset*, digunakan 9 *training fold* dan 1 *testing fold* oleh *Cross Validation*.

Pengklasifikasi menggunakan algoritma *SVM* untuk mendapatkan *hyperplane* sebagai sebuah fungsi untuk mengoptimalkan separasi pada observasi dengan nilai variabel target yang berbeda [15]. Disebut *hyperplane* karena berupa line pada dua dimensi dan disebut *flatplane* pada *multiple* dimensi. Hasil prediksi dari model ditabulasikan ke dalam *confusion matrix* ditunjukkan pada Tabel 3. Evaluasi akurasi didapatkan menggunakan persamaan (2). Evaluasi presisi didapatkan menggunakan persamaan (3). Evaluasi *recall* didapatkan menggunakan persamaan (4), dan *F-1 Score* dengan persamaan (5).

Tabel 3. Confusion Matrix

		Aktual	
		Class 1	Class 2
Prediksi	Class 1	True Positive (TP)	False Negative (FN)
	Class 2	False Positive (FP)	True Negative (TN)

Akurasi dihitung menurut Persamaan (2).

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (2)$$

Presisi dihitung menurut Persamaan (3).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

Recall dihitung menurut Persamaan (4).

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

F-Measure dihitung menurut Persamaan 5.

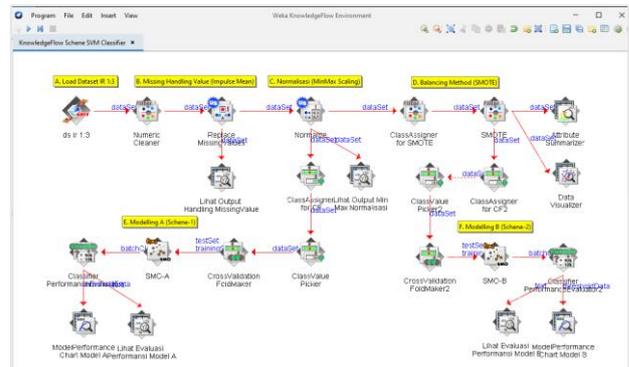
$$FM = 2 \times \frac{Pr * Sn}{Pr + Sn} \quad (5)$$

Tabel evaluasi *confusion matrix* pada Tabel 3 adalah sebagai metrik untuk mendapatkan performa model sebagai hasil latihan pembelajaran mesin. Dilakukan perhitungan dan pengamatan akurasi menggunakan persamaan (2), *precision*

menggunakan persamaan (3), nilai hasil *recall* menggunakan persamaan (4), dan *F-Measure* menggunakan persamaan (5). Secara spesifik dengan mengamati nilai yang dihasilkan pada *precision* dan *recall*, pembelajaran yang dihasilkan digunakan untuk meningkatkan nilai *recall* tanpa mempengaruhi nilai *precision*, dan hal ini didapatkan melalui penerapan keseimbangan data.

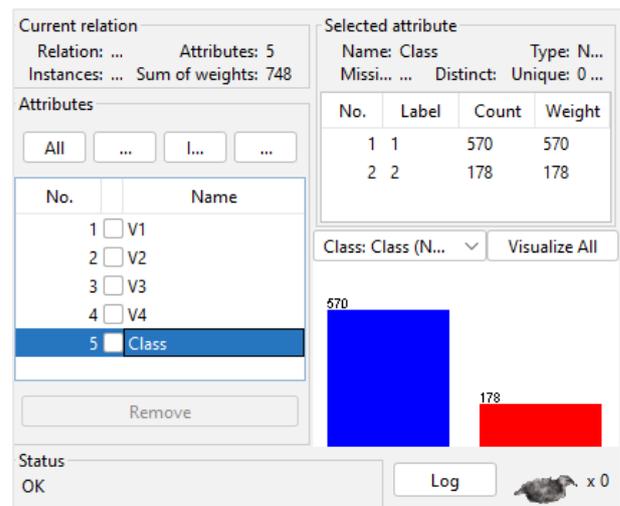
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyiapan lingkungan pengembangan dan pengujian model dilakukan dengan memanfaatkan *tool Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)* - licensed under the *GNU General Public License*. *WEKA* menerapkan berbagai algoritma pembelajaran mesin untuk melakukan beberapa proses yang berkaitan dengan penambangan data.



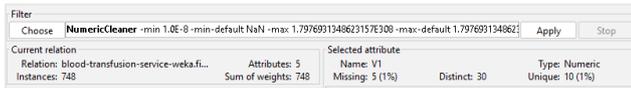
Gambar 3. WEKA Knowledge Flow

Kerangka kerja penelitian pada Gambar 1, ditransformasikan pada sebuah *layout Knowledge Flow WEKA* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Hal ini membuat tahapan penelitian yang dilakukan menjadi runut, utuh dan jelas. Penyiapan *data set* ditunjukkan pada blok "A. Load Data set IR 1:3". *Imbalanced Ratio (IR)* atau rasio ketimpangan kelas didapatkan dari perbandingan jumlah sampel minor 178 terhadap jumlah sampel mayor 570 (lihat Gambar 4).



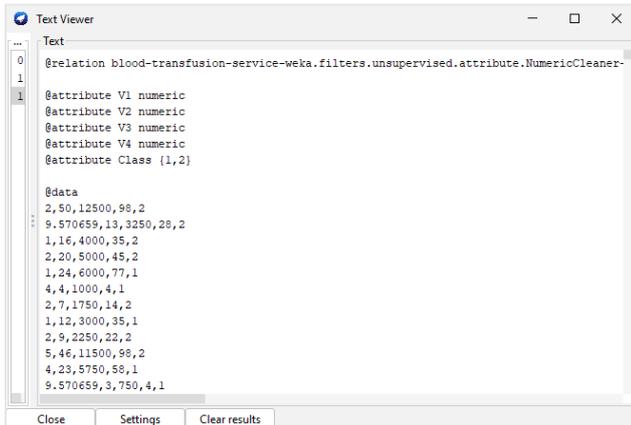
Gambar 4. Rasio Ketimpangan Data set

Tahapan *pre-processing* pada blok “B. Missing Handling Value (*Impulse Mean*)”, Pada penelitian ini jumlah sampel sebanyak 748, pada *filter* yang dipilih gunakan *weka.filters.unsupervised.attribute.NumericCleaner* dengan pengaturan *minDefault* adalah *NaN* dan *minThreshold* 0.1E-7. Ditemukan pada V1 sebanyak 5 sampel (~1%) lihat Gambar 5, data dengan status *missing value*. Yakni pada baris ke 2;12;68;107;5055.



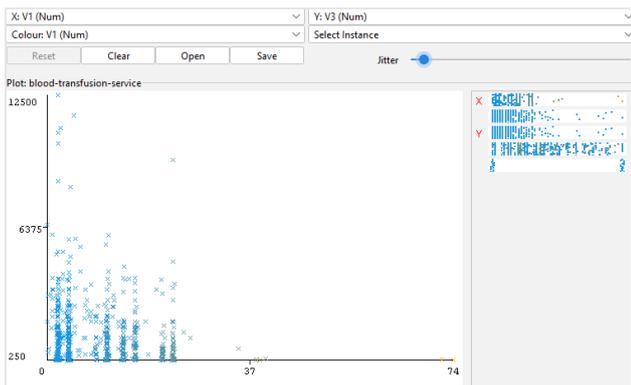
Gambar 5. Status Missing Value

Untuk penanganan *missing value* dengan *mean-impulse*, *weka.filters.unsupervised.attribute.ReplaceMissingValues*.



Gambar 6. Sampel Data Hasil Impulse Mean

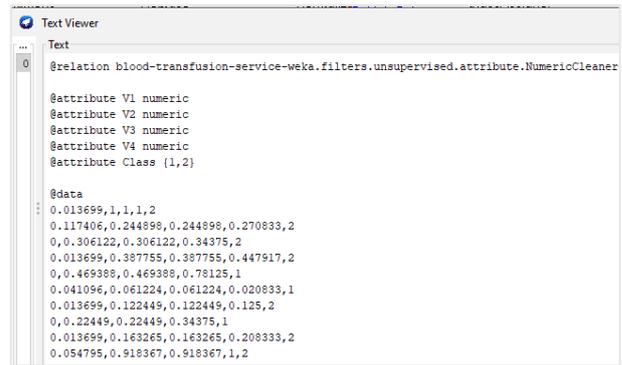
Hasilnya, pada kelima *record* yang kosong tersebut di V1, telah disesuaikan dengan nilai 9.570659. Lihat pada Gambar 6 terdapat 12 baris sampel data. Pada data ke 2 dan 12 telah dilakukan penanganan *missing value* dengan *impulse mean*.



Gambar 7. Distribusi monetary terhadap recency

Gambar 7 memvisualkan sebaran data yang digunakan memiliki jangkauan distribusi nilai sangat jauh, dapat dicermati skala yang digunakan pada *monetary*(V3) sumbu-y adalah ribuan dan *recency*(V1) sumbu-x dengan skala satuan. Proses normalisasi yang digambarkan pada blok “C. Normalisasi (*MinMax Scaling*)”, menghasilkan fitur berada dalam skala distribusi dengan rentang yang sama, gunakan *weka.filters.unsupervised.attribute.Normalize*. Hasilnya

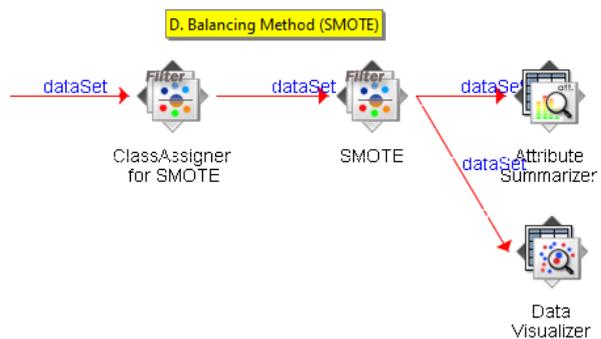
tanpa mengubah “makna data” himpunan data ini diskalakan pada setiap variabel *input*, lihat Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Normalisasi

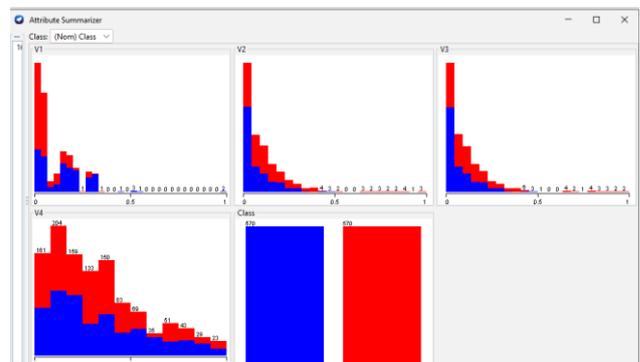
Pada Gambar 8, selain dari atribut *class* dilakukan normalisasi dengan menggunakan *MinMax Scaling*. Atribut V1-V4 memiliki rentang antara 0 hingga 1 setelah dilakukan normalisasi. *Data set* hasil normalisasi digunakan pada pembelajaran mesin model skenario-1.

Tahap penyeimbangan data digambarkan pada Gambar 9 *layout Knowledge Flow* label “D. Balancing Method (*SMOTE*)”.



Gambar 9. Knowledge Flow Balancing Method

SMOTE meningkatkan kuantitas sampel minoritas dalam suatu himpunan data. Untuk mendapatkan rasio 1:1, gunakan pengaturan tetangga terdekat =5 dan persentase duplikasi =220. (*weka.filters.supervised.instance.SMOTE*)



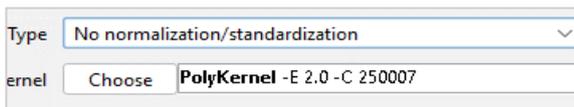
Gambar 10. Visualisasi Data set Hasil SMOTE

Algoritma *SMOTE* bekerja menggunakan sampel pada setiap kelas target dan tetangga terdekatnya untuk menghasilkan contoh data baru dengan menggabungkan fitur kasus target dan fitur tetangganya. Pendekatan ini meningkatkan fitur yang tersedia untuk setiap kelas dan membuat sampel sintesis menjadi lebih mirip. *Data set* hasil *SMOTE* dipergunakan pada pembelajaran mesin model skenario-2.

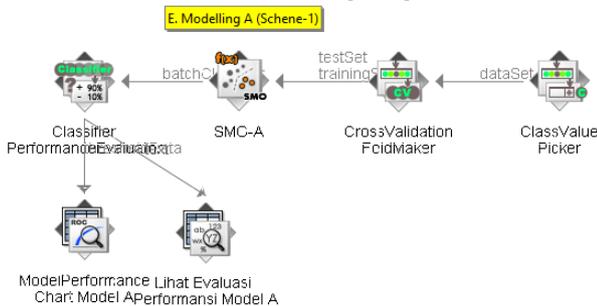
Klasifikasi dengan *SVM* yang dipergunakan pada *WEKA library(weka.classifiers.functions.SMO)* adalah dengan menerapkan *Sequential Minimum Optimization (SMO)* [16]. Pengaturan standar dilakukan proses normalisasi pada data latih. Karena sudah dilakukan tahap pra-pemrosesan pada himpunan data yang dipergunakan maka pilihan ini diabaikan seperti ditunjukkan pada Gambar 11. *Kernel* yang dipergunakan adalah *polynomial kernel (weka.classifiers.functions.supportVector.PolyKernel)* dengan nilai eksponen adalah 2 yang memperhitungkan Persamaan (6) dan Persamaan (7)

$$K(x,y) = \langle x, y \rangle^p \tag{6}$$

$$K(x,y) = (\langle x, y \rangle + 1)^p \tag{7}$$



Gambar 11. Kernel SMO



Gambar 12. Layout Pembelajaran Mesin Model A

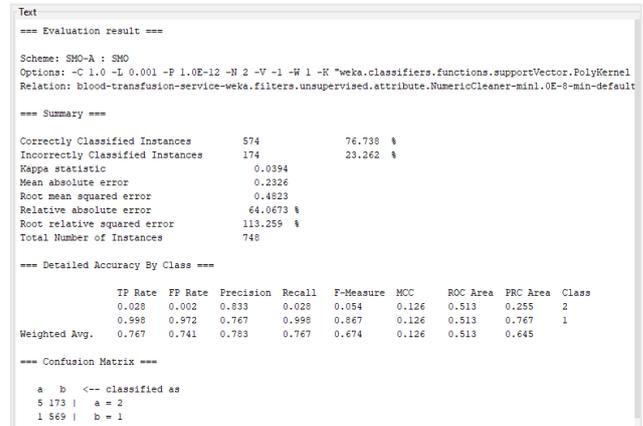
Pada skenario-1 persiapan pembelajaran mesin divisualkan pada Gambar 12, *data set* dengan rasio ketimpangan 1:3 dipergunakan sebagai data latih dan uji. Pada penelitian ini digunakan 10 *fold CV*(*Cross Validation*). Dalam prosesnya tiap 10 *subset*, digunakan 9 *training fold* dan 1 *testing fold* oleh *Cross Validation*. Hasilnya didapatkan performa model seperti pada Tabel 4, dengan akurasi 76.7%, *precision* 78.3%, *recall* 76.7% *F score* 67.4%.

Tabel 4. Confusion Matrix SVM Skenario 1

	Aktual 1	Aktual 2
Prediksi 1	569	1
Prediksi 2	173	5

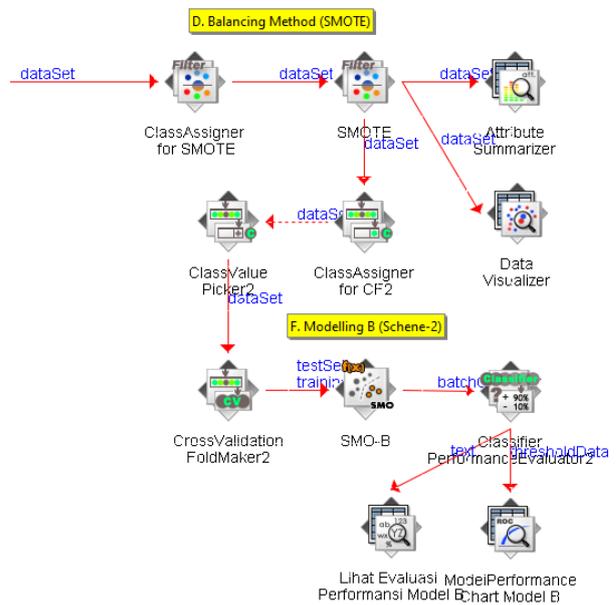
WEKA menampilkan *output* hasil perhitungan pada tiap *class* dan reratanya, lihat Gambar 13. Terdapat gap yang

sangat jauh pada performa *recall* atau *sensitivity (True Positive Rate)*. Bahwa *class 1*, memiliki *recall* 99.8% dan *class 2* yang hanya memiliki *recall* 2.8%. Meskipun *weighted average* yang dihasilkan cukup tinggi sebesar 76.6%, namun model ini akan cenderung menghasilkan klasifikasi pada *class 1* (tidak mendonorkan darah). Sementara *class 2* (mendonorkan darah) cenderung diabaikan, karena *recall* pada *class 2* ini sangat kecil 2.8%.



Gambar 13. Hasil Evaluasi Model A

Pada skenario-2, *data set* dengan rasio ketimpangan 1:1 dipergunakan untuk melatih dan menguji model yang dihasilkan, lihat Gambar 14.



Gambar 14. Layout Pembelajaran Mesin Model A

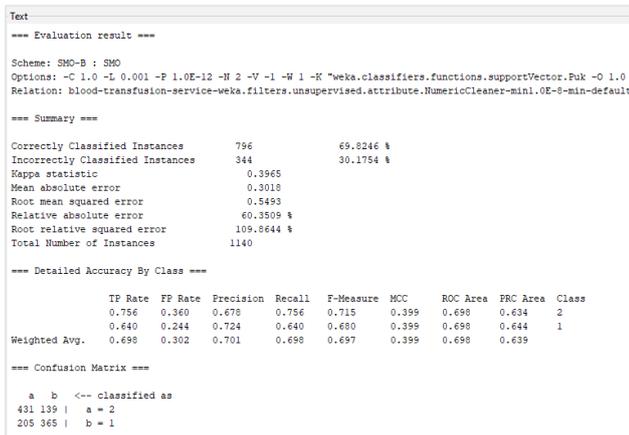
Data set tersebut dihasilkan melalui proses penambahan data sintesis pada *class minor*. Menerapkan teknik *Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE)* salah satu varian *Random Over Sampling (weka.filters.supervised.instance.SMOTE)*[17]. Dengan pengaturan standar menggunakan nilai 5 pada jumlah tetangga terdekat (*nearestNeighbors*) dan peningkatan populasi minor 570 maka diberikan nilai 220 pada

pengaturan label prosentase. Diterapkan *CrossValidation* dengan 10 *fold*. Hasilnya didapatkan performa model, dengan akurasi 69.8%, presisi 70.1%, *recall* 69.8%, *F score* 69.7%. Nilai tersebut dengan memperhitungkan pada metrik *error* yang diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Confusion Matrix SVM Skenario 2

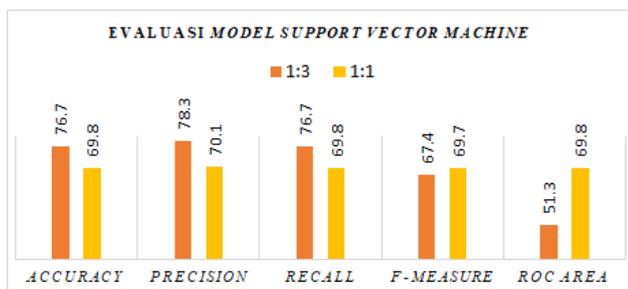
	Aktual 1	Aktual 2
Prediksi 1	365	205
Prediksi 2	139	431

Sepintas terlihat penurunan akurasi ~6% dibandingkan skenario 1. Namun jika dilihat lebih dalam pada Gambar 15, *class 1* menunjukkan *recall* 64.0% dan *class 2* dengan *recall* 75.6% Hal yang sangat berbeda pada skenario 1 adalah di mana *class 1*, memiliki *recall* 99.8% dan *class 2* yang hanya memiliki *recall* 2.8%. Gap yang terlalu jauh ini (~97%) adalah fakta performa metrik *recall* pada skenario 1. Pada skenario 2, gap antar *class* pada metrik *recall* cenderung berimbang dan ketimpangannya tidak terlalu jauh seperti pada skenario 1.



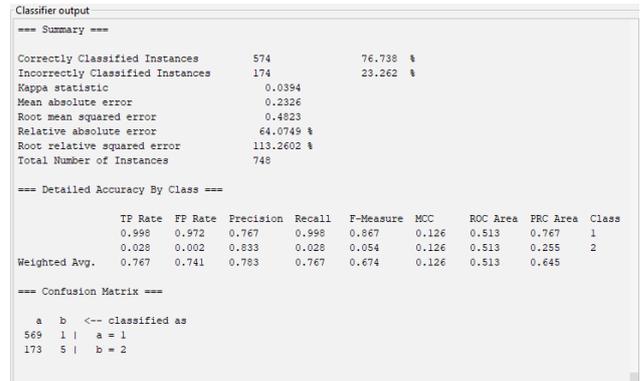
Gambar 15. Hasil evaluasi model B

Gambar 16 menampilkan perbandingan performa model klasifikasi yang dihasilkan oleh SVM dengan menggunakan *data set* dengan variasi *imbalanced ratio (IR)* yang berbeda. Untuk memudahkan penyebutan selanjutnya maka *IR* 1:3 adalah model A, *IR* 1:1 adalah model B. Dari 5 parameter performa, nilai model A lebih unggul ~6-8% di 3 parameter (akurasi, presisi dan *recall*). Namun pada 2 parameter lainnya *F-Score* dan *ROC Area* nilai model B lebih unggul.



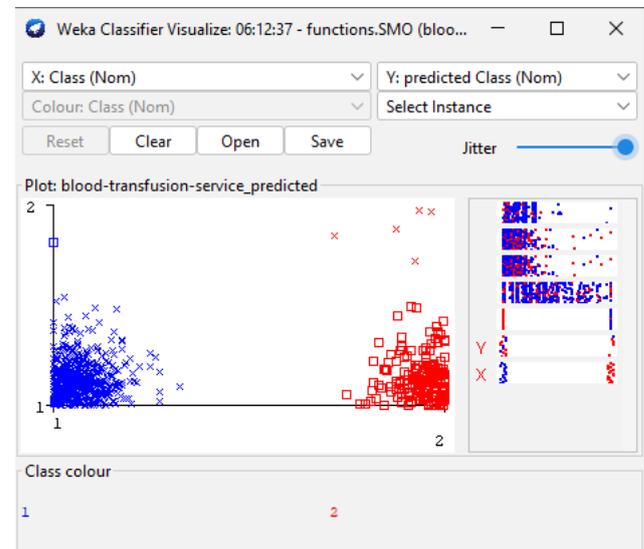
Gambar 16. Grafik Performa Model

Weka menyediakan fitur *load/save* setelah model didefinisikan. Konfigurasi yang telah diatur di awal dapat dipanggil secara cepat tanpa melalui proses tahapan pengaturan awal untuk penyiapan model. Dalam simulasi diberikan data lokal pada kedua model tersebut dengan populasi 748 data sukarelawan yang telah memiliki label. Dalam simulasi pengujian, label dihilangkan untuk diprediksi oleh model A dan model B. Label sebagai fakta sekaligus pembanding terhadap hasil prediksi masing-masing model.



Gambar 17. Performa Model A

Lihat pada Gambar 17, hasilnya terdapat 174 hasil prediksi keliru terhadap data uji pada model A di mana 173 keliru memprediksi mendonorkan darah (faktanya tidak mendonor) dan 1 tidak mendonorkan darah (faktanya mendonor).



Gambar 18. Grafik Plot Hasil Prediksi Model A

Visualisasi plot distribusi hasil prediksi diperlihatkan pada Gambar 18. Terdapat 1 *outlier* label 1 yang diprediksi sebagai label 2. Namun pada label 2, *outlier* didominasi prediksi label 1 sebagai label 2, artinya lebih banyak kekeliruan hasil prediksi pada label 2.

Tabel 6. Hasil Pengujian Model A

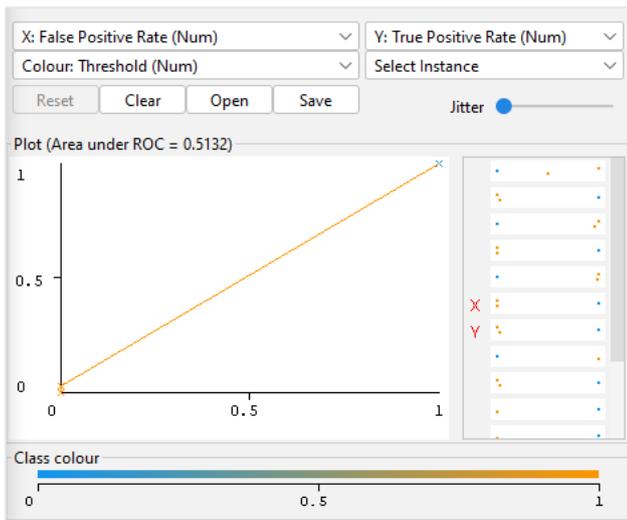
	Aktual 1	Aktual 2
Prediksi 1	569	173
Prediksi 2	1	5

Dengan menggunakan persamaan (2) maka didapatkan nilai akurasi untuk model A sebagai berikut,

$$Accuracy = \frac{569 + 5}{569 + 1 + 5 + 173} \times 100\%$$

$$Accuracy = \frac{574}{748} \times 100\% = 76.7\%$$

Terhadap data tes ini model A memiliki prediksi benar 76.7%, sesuai dengan *output* pengklasifikasi pada Gambar 17.



Gambar 19. Plot ROC Model A

Diperlihatkan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) pada Gambar 19. Distribusi ROC cenderung mendekati garis *baseline*. Nilai *Area Under Curve* (AUC) = 0.5132, sesuai dengan perhitungan pada Gambar 17.

Skenario yang sama disimulasikan pada model B.

```

Classifier output
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      697      93.1818 %
Incorrectly Classified Instances    51       6.8182 %
Kappa statistic                    0.7932
Mean absolute error                0.0682
Root mean squared error            0.2611
Relative absolute error            18.7506 %
Root relative squared error        61.318 %
Total Number of Instances         748

=== Detailed Accuracy By Class ===
      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC   ROC Area  PRC Area  Class
-----
0.996  0.275  0.921    0.996  0.957    0.808  0.861    0.920    1
0.725  0.004  0.985    0.725  0.835    0.808  0.861    0.779    2
Weighted Avg.   0.932  0.211  0.936    0.932  0.928    0.808  0.861    0.887

=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
568  2 | a = 1
 49 129 | b = 2
    
```

Gambar 20. Performa Model B

Dan hasil uji pada model B pada Gambar 20 didapatkan 51 prediksi keliru, yakni sebanyak 49 kejadian mendonorkan

darah (seharusnya tidak mendonorkan) dan 2 kejadian tidak mendonorkan darah (seharusnya mendonorkan).



Gambar 21. Grafik Plot Hasil Prediksi Model B

Hasil visualisasi plot distribusi prediksi diperlihatkan pada Gambar 21. Terdapat 2 *outlier* label 1 yang diprediksi sebagai label 2. Pada label 2, prediksi pada label 2 sebagai label 1 jauh lebih sedikit (49) dibandingkan dengan hasil pada simulasi model A. Lihat pada Gambar 20 Nilai *recall* pada kelas 2 ini nilainya 75%. Jauh lebih baik dibanding dengan model A, lihat Gambar 17 dengan nilai *recall* 2.8%.

Tabel 7. Hasil Pengujian Model B

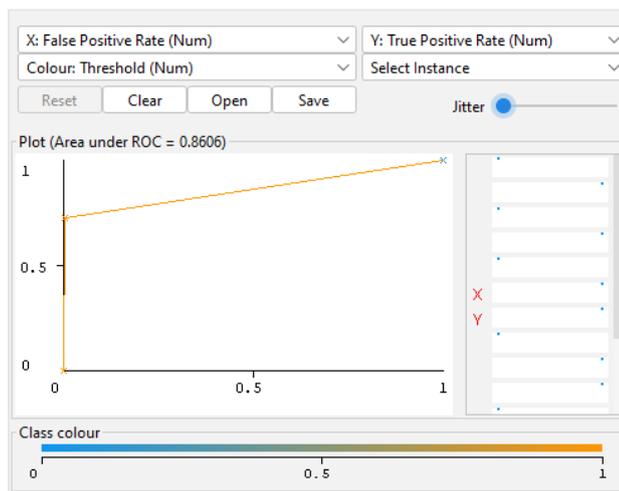
	Aktual 1	Aktual 2
Prediksi 1	568	49
Prediksi 2	2	129

Dengan menggunakan persamaan (2) maka didapatkan nilai akurasi untuk model B sebagai berikut,

$$Accuracy = \frac{568 + 129}{568 + 2 + 129 + 49} \times 100\%$$

$$Accuracy = \frac{697}{748} \times 100\% = 93.2\%$$

Terhadap data uji ini model B memiliki prediksi benar 93.2% sesuai dengan *output* pengklasifikasi model B pada Gambar 20.



Gambar 22. Plot ROC Model B

Diperlihatkan kurva *Receiver Operating Characteristic (ROC)* pada Gambar 22. Distribusi ROC cenderung menjauh di atas dari garis *baseline*. Nilai *Area Under Curve (AUC)* = 0.8606, sesuai dengan perhitungan pada Gambar 20.

4. KESIMPULAN

Terhadap tujuan penelitian, telah didapatkan *data set* yang seimbang dengan rasio ketimpangan 1:1. Himpunan data sebanyak 1.440 sampel, lihat Gambar 4 dan Gambar 10. Namun ini hanya digunakan untuk kebutuhan analisa, tidak untuk menggantikan *data set* donor darah sebelumnya pada repositori *UCI*.

Perbandingan evaluasi masing-masing model klasifikasi *SVM* telah dilakukan, lihat Gambar 13 dan Gambar 15. Mendasari atas hasil dari percobaan berulang, performa hasil latih yang didapatkan dengan *data set* yang tidak seimbang memang lebih tinggi dibandingkan dengan performa hasil latih setelah diterapkan *data set* yang seimbang. Performa tersebut lebih tinggi 6 hingga 8 persen pada metrik akurasi, presisi, dan *recall*.

Namun simulasi prediksi dengan 748 sampel pada model yang telah dihasilkan, lihat Tabel 6 dan Tabel 7, menunjukkan hal yang berbeda dalam performa akurasi prediksinya. Setelah dilakukan simulasi prediksi dengan populasi 748 sampel, terlihat akurasi dari model yang dilatih dengan data seimbang faktanya lebih tinggi 15.8%. Model hasil pembelajaran mesin yang dihasilkan melalui pelatihan dengan rasio ketimpangan 1:1 memiliki akurasi 93.2%. Dan model yang dilatih dengan data tidak seimbang memiliki akurasi 76.7%. *Area Under Curve (AUC)* pada model B (lihat Gambar 22) dengan $ROC=0.8606$ lebih baik dibandingkan dengan model A dengan $ROC=0.5132$ (lihat Gambar 19).

Hal ini menjelaskan bahwa keseimbangan data memiliki pengaruh terhadap prediksi yang dihasilkan dari suatu model. Pengaruh ini hendaknya diberikan perhatian di tahapan pra-pemrosesan data guna melatih mesin sehingga

menghasilkan prediksi dengan akurasi yang baik di masing-masing kelas. Teknik *SMOTE* dan normalisasi *Min-Max Scaling* turut berkontribusi positif dalam menunjang data latih yang baik dalam pembelajaran mesin.

Untuk mendukung lebih dalam optimasi keseimbangan data, variasi pelatihan dan pengujian dapat dilakukan dengan rasio ketimpangan yang lebih variatif. Kombinasi *SMOTE* dengan varian *ROS* lainnya berpotensi mendapatkan data sintesis yang lebih baik pada pembelajaran mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. C. Yeh, K. J. Yang, and T. M. Ting, "Knowledge discovery on RFM model using Bernoulli sequence," *Expert Syst Appl*, vol. 36, no. 3, pp. 5866–5871, Apr. 2009, doi: 10.1016/J.ESWA.2008.07.018.
- [2] C. Kurniawan Putra Rukma, "Increase Accuracy of Naïve Bayes Classifier Algorithm with K-Means Clustering for Prediction of Potential Blood Donors," *Journal of Advances in Information Systems and Technology*, vol. 4, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jaist>
- [3] K. Akbar and M. Hayaty, "Data Balancing untuk Mengatasi Imbalance Data set pada Prediksi Produksi Padi Balancing Data to Overcome Imbalance Data set on Rice Production Prediction," *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, vol. 2, no. 02, pp. 1–14, 2020.
- [4] K. Imoto, S. Mishima, Y. Arai, and R. Kondo, "Impact of data imbalance caused by inactive frames and difference in sound duration on sound event detection performance," *Applied Acoustics*, vol. 196, p. 108882, Jul. 2022, doi: 10.1016/J.APACOUST.2022.108882.
- [5] S. Mutmainah, "PENANGANAN IMBALANCE DATA PADA KLASIFIKASI KEMUNGKINAN PENYAKIT STROKE," 2021. [Online]. Available: <https://library.uui.ac.id/osr>
- [6] F. Yulian Pamuji, "Pengujian Metode SMOTE Untuk Penanganan Data Tidak Seimbang Pada Data set Binary," *Seminar Nasional Sistem Informasi*, vol. 2022, 2022.
- [7] R. Kembang Hapsari and T. Surabaya, "SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika Implementasi Algoritma SMOTE Sebagai Penyelesaian Imbalance Hight Dimensional Data sets," p. 427, doi: 10.31284/p.snestik.2022.2868.
- [8] E. Sutoyo, M. Asri Fadlurrahman, J. Telekomunikasi Jl Terusan Buah Batu, K.

- Dayuehkolot, K. Bandung, and J. Barat, "JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika) Penerapan SMOTE untuk Mengatasi Imbalance Class dalam Klasifikasi Television Advertisement Performance Rating Menggunakan Artificial Neural Network".
- [9] R. Siringoringo, "KLASIFIKASI DATA TIDAK SEIMBANG MENGGUNAKAN ALGORITMA SMOTE DAN k-NEAREST NEIGHBOR," 2018.
- [10] E. Erlin, Y. Desnelita, N. Nasution, L. Suryati, and F. Zoromi, "Dampak SMOTE terhadap Kinerja Random Forest Classifier berdasarkan Data Tidak seimbang," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 3, pp. 677–690, Jul. 2022, doi: 10.30812/matrik.v21i3.1726.
- [11] A. S. Alkahtani and M. Jilani, "Predicting return donor and analyzing blood donation time series using data mining techniques," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 8, 2019.
- [12] T. Emmanuel, T. Maupong, D. Mpoeleng, T. Semong, B. Mphago, and O. Tabona, "A survey on missing data in machine learning," *J Big Data*, vol. 8, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s40537-021-00516-9.
- [13] Y. A. Sir and A. H. H. Soepranoto, "Pendekatan Resampling Data Untuk Menangani Masalah Ketidakseimbangan Kelas," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 31–38, Mar. 2022, doi: 10.35508/jicon.v10i1.6554.
- [14] A. Arafa, N. El-Fishawy, M. Badawy, and M. Radad, "RN-SMOTE: Reduced Noise SMOTE based on DBSCAN for enhancing imbalanced data classification," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 8, pp. 5059–5074, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2022.06.005.
- [15] N. Sekar Ramadhanti and W. Ananta Kusuma, "OPTIMASI DATA TIDAK SEIMBANG PADA INTERAKSI DRUG TARGET DENGAN SAMPLING DAN ENSEMBLE SUPPORT VECTOR MACHINE," vol. 7, no. 6, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202072857.
- [16] J. Platt, "Sequential minimal optimization: A fast algorithm for training support vector machines," 1998.
- [17] N. V Chawla, K. W. Bowyer, L. O. Hall, and W. S. Philip Kegelmeyer, "synthetic minority over-sampling Technique," *J Artif Intell Res*, p. 16, 2018.



KLASIFIKASI JENIS BURUNG MENGGUNAKAN METODE *TRANSFER LEARNING*

Yeremia Yosefan Pane¹, Jeremia Jordan Sihombing²

^{1,2} Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan
Medan, Sumatera Utara, Indonesia 20371
yeremiyosefan@mhs.unimed.ac.id, jeremiasihombing@mhs.unimed.ac.id

Abstract

Indonesia is known for its abundant natural resources, including its diverse bird fauna. The identification and classification of bird species is essential in maintaining biodiversity as well as for practical habitat management. Therefore, an efficient and accurate approach is needed to identify bird species. This study uses a deep learning approach to test and compare the MobileNetV2 architecture with architectures used in previous studies in recognizing bird species. We use a transfer learning approach that utilizes existing knowledge from pre-trained models and combines it with a Convolutional Neural Network (CNN) algorithm to detect and classify birds based on images with a total image data of 95376. Experimental results show that by using the MobileNetV2 architecture, we achieved an accuracy of 96.4% with a loss value of 0.241. Compared with the architecture used in previous research, our results show a significant improvement in accuracy and efficiency. The time taken to perform the classification at each step is about 646 ms. This study shows that using MobileNetV2 architecture in the transfer learning approach with CNN effectively performs bird species classification.

Keywords: Classification, convolutional neural network, image processing, MobileNetV2, transfer learning

Abstrak

Indonesia dikenal karena kekayaan sumber daya alamnya yang melimpah, termasuk keberagaman fauna jenis burung yang dimiliki negara ini. Identifikasi dan klasifikasi jenis burung menjadi penting dalam menjaga keanekaragaman hayati serta untuk pengelolaan habitat yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang efisien dan akurat untuk mengidentifikasi jenis burung. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan arsitektur MobileNetV2 dengan arsitektur yang sudah pernah digunakan pada penelitian sebelumnya dalam mengenali jenis burung menggunakan pendekatan *deep learning*. Kami menggunakan pendekatan *transfer learning* yang memanfaatkan pengetahuan yang sudah ada dari model yang telah dilatih sebelumnya, dan mengombinasikannya dengan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan burung berdasarkan citra dengan total data gambar yaitu 95.376 data. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan menggunakan arsitektur MobileNetV2, kami mencapai akurasi sebesar 96,4% dengan nilai *loss* sebesar 0,241. Dalam membandingkannya dengan arsitektur yang sudah pernah digunakan pada penelitian sebelumnya, hasil yang kami dapatkan menunjukkan peningkatan signifikan dalam akurasi dan efisiensi. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan klasifikasi pada setiap langkah adalah sekitar 646 ms. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan arsitektur MobileNetV2 dalam pendekatan *transfer learning* dengan CNN sangat efektif dalam melakukan klasifikasi jenis burung.

Kata kunci: Convolutional neural network, klasifikasi, MobileNetV2, pengolahan citra, transfer learning

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terletak di garis khatulistiwa yang terkenal dengan kekayaan flora dan faunanya. Salah satu kekayaan alam fauna Indonesia adalah burung. Indonesia merupakan rumah bagi 1.539 jenis burung, atau 17% dari populasi burung di dunia. Pada saat ini jenis burung didunia adalah 9.600 jenis burung, dan hampir sekitar 1.111 burung terancam punah [1].

Kemajuan ilmu dan pengetahuan pada saat ini, teknologi sudah dapat diterapkan untuk memberikan ataupun mengakses informasi menggunakan internet. Salah satu pemanfaatan teknologi untuk melakukan klasifikasi pada jenis burung dengan memanfaatkan *machine learning* atau sering disebut dengan *computer vision*. Penggunaan teknologi ini dapat membantu mengedukasi masyarakat untuk mengenal berbagai spesies burung.

Machine learning mempunyai berbagai fungsi untuk dapat dipergunakan dalam berbagai bidang, misalnya adalah klasifikasi. Klasifikasi pada gambar dilakukan dengan mengaplikasikan model matematika yang dapat dimengerti oleh komputer untuk dapat mengenai pola yang ada pada gambar[2]. Model yang sering digunakan untuk melakukan pekerjaan ini adalah jaringan syaraf tiruan (*neural network*), yang mengadopsi cara kerja syaraf manusia. [3]

Deep learning saat ini digunakan dalam proses pelatihan khususnya di dunia gambar adalah dengan menggunakan *transfer learning*. *Transfer learning* adalah suatu metode pembelajaran yang mendalam di mana pengetahuan yang diperoleh dari mempelajari satu masalah digunakan untuk memecahkan masalah yang berbeda-beda. *Transfer learning* adalah proses pembelajaran yang mendalam di mana contoh-contoh yang dipelajari dari satu masalah digunakan untuk memecahkan masalah lain [4]. *Transfer learning* memungkinkan pelatihan model *deep learning* pembelajaran mendalam mencapai akurasi yang tinggi bahkan dengan menggunakan sedikit data latih dan waktu yang lebih singkat untuk melatih data tersebut[5]. Salah satu arsitektur yang sering diterapkan dalam *transfer learning* adalah *MobileNet*. Arsitektur *MobileNet* merupakan salah satu arsitektur *deep convolutional neural network* dengan mengadopsi total jumlah lapisan sejumlah 32 lapisan dan juga arsitektur ini didesain khusus untuk perangkat yang memiliki sumber daya latensi yang rendah seperti *smartphone* sehingga arsitektur ini dapat bekerja dengan efektif pada berbagai kondisi perangkat yang ada [6]. Dalam kasus pengolahan citra, *ImageNet* merupakan arsitektur yang sudah biasa digunakan dalam melatih citra. *ImageNet* banyak dipakai terutama dalam kompetisi *machine learning*, salah satu keunggulan dari arsitektur ini adalah banyaknya *dataset* yang telah dilabelkan sehingga dapat mendeteksi objek [7].

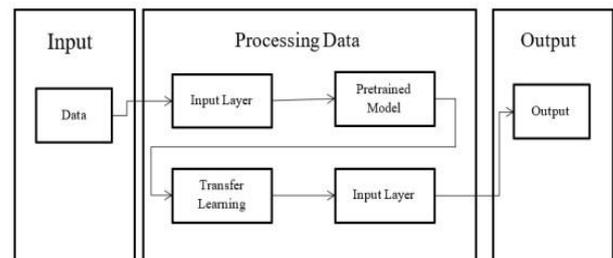
Prima Nugraha, dkk [8] melakukan penelitian dengan identifikasi jenis burung dengan metode *deep learning*. Jaringan saraf tiruan menunjukkan akurasi klasifikasi yang tinggi yaitu sebesar 97,89%. Alswaiti, dkk [9] melakukan penelitian dengan klasifikasi jenis burung dengan metode *transfer learning*. Hasil percobaan akhirnya membuktikan bahwa *deep learning* lebih efektif daripada algoritma pembelajaran mesin tradisional dalam pengenalan gambar karena jumlah spesies burung meningkat. Selain itu, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketika data sampel kecil, *transfer learning* dapat membantu pengklasifikasi jaringan saraf dalam untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Pada penelitian lainnya, wijaya dan wahyuningsih [10] melakukan penelitian dengan klasifikasi jenis burung menggunakan *deep learning* dengan arsitektur CNN *inception v3*. Hasil dari penelitian ini mendapatkan nilai akurasi 86%.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan keakuratan model *deep learning* dengan metode *transfer learning* pada arsitektur *MobileNetV2*. Klasifikasi yang

digunakan ialah sebanyak 450 jenis burung contohnya adalah, *Northern Cardinal*, *Little Auk*, *Campo Flicker*, *Common Firecrest*, *Trumpeter Swan*, *Purple Finch*, *California Quail*, *White Cheeked Turaco*, *Cape Glossy Starlin dll*. Data penelitian ini diperoleh dari sumber Kaggle yang dapat diunduh secara gratis [11].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimental yang melibatkan serangkaian tahapan dalam proses pelaksanaannya, sebagaimana yang dapat dilihat dalam Gambar 1.

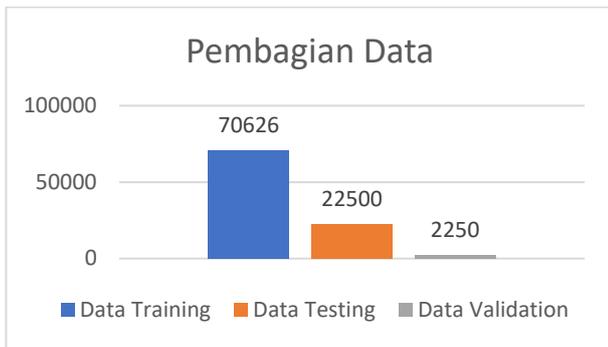


Gambar 1. Tahapan Arsitektur *Transfer Learning*

Seperti dapat dilihat pada alur pemodelan menggunakan *transfer learning* pada Gambar 1, hal yang pertama sekali dilakukan adalah dengan memasukkan data lalu melakukan pemrosesan awal pada data dengan berbagai teknik pengolahan citra, lalu menyiapkan model yang sudah pernah di latih sebelumnya dan menghubungkan langsung dengan model yang penulis lakukan. Selanjutnya adalah dengan melakukan klasifikasi pada citra. Pemodelan pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *Python* dikarenakan modul yang disediakan cukup lengkap dalam melakukan teknik *deep learning*.

2.1 Pengumpulan Data

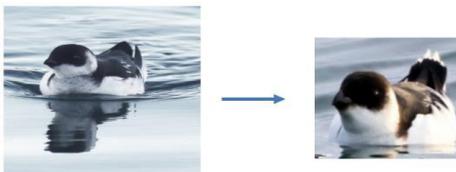
Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia secara terbuka di *Kaggle*. Data yang diperoleh dari situs *kaggle* sudah dilabelkan, yaitu 450 jenis burung dan sudah dibagi menjadi data latih dan data uji. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui penyedia data terbuka melalui media *website*. Kumpulan data ini dikumpulkan dari berbagai sumber di internet lalu dibagikan melalui platform penyedia data terbuka *Kaggle*. Jumlah data gambar yang telah dikumpulkan yaitu sebanyak 70,626 data *training*, 22500 data *testing*, 2250 data *validation*, sehingga total data gambar yang di kumpulkan adalah sebanyak 95376 gambar. Berikut adalah pembagian data yang akan digunakan untuk melakukan pemodelan yang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Tujuan dipisahkannya data *testing* dan data *validation* adalah untuk mengetahui apakah model yang telah dikembangkan sudah mampu mengenali citra dari data yang baru, sehingga kita dapat mengetahui seberapa akurat model ini dapat bekerja dengan data yang baru.



Gambar 2. Pembagian data

2.2 Preprocessing

Pada tahap *preprocessing* penelitian ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan melakukan berbagai teknik pemrosesan data citra atau gambar. Sebelum melakukan pelatihan dan pengujian terhadap model, diperlukan *preprocessing* data terlebih dahulu guna menghindari bias dari data citra. *Preprocessing* yang akan dilakukan melibatkan penyesuaian skala, di mana resolusi gambar akan diubah menjadi 224×224 piksel. Adapun salah satu teknik *preprocessing* yaitu *scaling*, ini merupakan standar *input* yang diperlukan untuk memproses model *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan metode *transfer learning* dengan menggunakan arsitektur *MobileNetV2* [12]. Contoh *scaling* dapat dilihat pada Gambar 3.

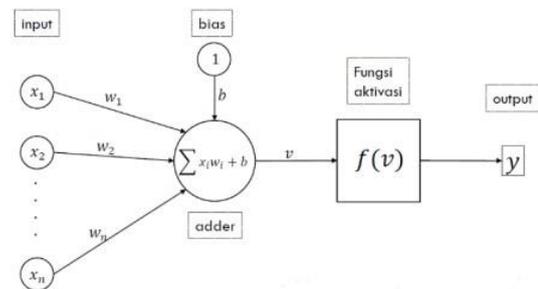
Gambar 3. *Scaling* Citra Asli

Selain itu, metode augmentasi data yang diterapkan pada data latih melibatkan penggunaan metode rotasi horizontal. Teknik ini diharapkan dapat meningkatkan keragaman gambar yang dihasilkan dalam kumpulan data. Selain itu, proses normalisasi juga diterapkan pada *dataset* untuk menyamakan intensitas *piksel*.

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sebuah model komputasi yang menerapkan prinsip kerja otak manusia dalam memproses informasi hingga pada mencapai sebuah tindakan [3]. Gagasan yang mendasari jaringan saraf buatan (JST) adalah generalisasi model matematis yang mencerminkan bagaimana manusia memproses informasi melalui unit dasar yang disebut *neuron*, yang masing-masing memiliki konektor di mana sinyal mengalir, masing-masing tautan memiliki bobot yang berbeda, dan setiap saraf mengarah ke sel-sel saraf lainnya di mana ada fungsi aktivasi. *Input* adalah jumlah dari sinyal tertimbang untuk menentukan sinyal *output* [13]. Selain itu, setiap lapisan

yang terdapat dalam jaringan saraf buatan (JST) memiliki komponen tambahan yang disebut bias, di mana *neuron* di dalamnya memiliki nilai tetap yang selalu sama, yaitu bernilai 1. Gambar 4 merupakan struktur JST. JST terdiri dari lapisan-lapisan neuron yang terhubung, yang dikenal sebagai lapisan-lapisan atau *layer*. Lapisan pertama disebut sebagai lapisan *input*, lalu setelah lapisan *input* terdapat lapisan bias yang membantu *neuron* untuk dapat mempelajari relasi terhadap *input* dan *output*. Lalu lapisan selanjutnya dikenal dengan *activation function* atau fungsi aktivasi yang berguna untuk meningkatkan kemampuan model untuk dapat memprediksi dengan menambahkan fungsi non-linear maupun linear. Adapun contoh fungsi aktivasi yaitu *sigmoid*, ReLU (*Rectified Linear Unit*), tangen hiperbolik dan *softmax*. lapisan terakhir disebut sebagai lapisan *output*, dan lapisan di antaranya disebut sebagai lapisan tersembunyi. Setiap *neuron* di lapisan-lapisan tersebut menerima *input* dari *neuron* di lapisan sebelumnya dan memberikan *output* kepada *neuron* di lapisan berikutnya.



Gambar 4. Struktur JST

2.4 Model Deep Learning

Model *deep learning* yang digunakan untuk penelitian ini adalah klasifikasi dengan *Convolutional Neural Network* (CNN). *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan model *deep learning* yang termasuk ke dalam *supervised learning*. Klasifikasi *supervised learning* adalah model klasifikasi dengan adanya label kelas. Terdapat dua komponen utama dalam *Convolutional Neural Network* yaitu:

1) Convolutional Layer

Convolutional Layer adalah inti dari model *deep learning convolutional neural network*, *kernel* konvolusi digunakan untuk mengekstraksi fitur dari citra masukan. Proses ini mengubah lapisan *piksel* berikutnya menjadi bidang reseptif area yang terhubung dari *kernel* konvolusi apa pun pada citra masukan [14].

2) Pooling Layer

Pooling Layer melakukan pengurangan sampel untuk meningkatkan ekstraksi fitur gambar dengan mengurangi ukuran peta fitur dan parameter dalam jaringan. Ini juga membantu mempercepat proses komputasi dan mengontrol risiko terjadinya *overfitting*. [15].

3) *Dropout*

Dropout merupakan salah satu arsitektur yang digunakan untuk melakukan penghilangan atau penghapusan pada layer secara acak agar menghindari terjadinya *overfitting* pada model JST [16].

2.5 *Training Model*

Model CNN yang dibangun terdiri dari 3 *convolutional layer* dengan fitur berukuran 3x3 dan menggunakan *MaxPooling* dengan fungsi aktivasi *ReLU* dan *kernel* berukuran 2x2. Selanjutnya dilakukan proses *smoothing*. Terdapat 2 lapisan padat dengan fungsi aktivasi *ReLU* dan keluarannya adalah lebih dari dua kelas dengan fungsi aktivasi *softmax*. Model CNN yang dibangun dapat dilihat pada Tabel 1 dengan jumlah parameter total 2.834.434. Setelah membangun model CNN dilakukan pembangunan model untuk memprediksi. Pada penelitian ini menggunakan model CNN kemudian menambahkan prediksi pada model CNN tersebut.

Tabel 1. Arsitektur model

Layer (type)	Output Shape	Param #
Input_2 (Input Layer)	[(None, 224, 224, 3)]	0
Tf.math.truediv (TFOpLambda)	(None, 224, 224, 3)	0
Tf.math.subtract (TFOpLambda)	(None, 224, 224, 3)	0
Mobilenetv2_1.00.224 (functional)	(None, 7, 7, 1280)	2257984
Global_average_pooling_2d (GlobalAveragePooling2D)	(None, 1280)	0
Dropout	(None, 1280)	0
Dense	(None, 450)	576450
Total Params		2,834,434

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini modul yang digunakan untuk mendeteksi suatu objek yang akan digunakan untuk proses latih dan uji adalah *MobileNetV2*. *MobileNetV2* merupakan modul yang tersedia pada modul *keras python* untuk melakukan deteksi objek pada gambar. Selanjutnya pada penelitian ini menggunakan *preprocessing* dengan data augmentasi yang mana tujuan dari data *augmentation* ini adalah untuk melakukan reduksi data pada gambar seperti membalik, melakukan rotasi, memotong, sehingga ketika sudah selesai menggunakan *preprocessing* kita dapat melakukan pemodelan *machine learning*.

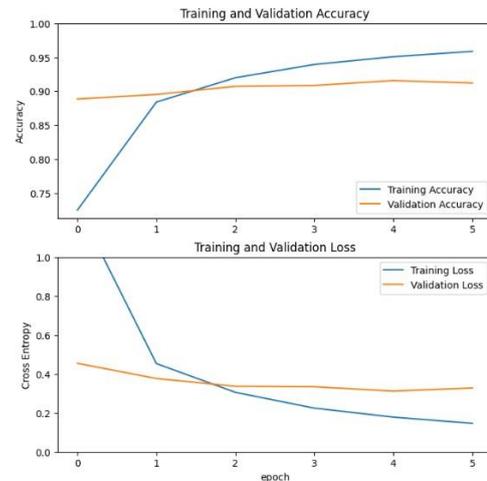
Dalam pengambilan data set penelitian ini sebenarnya sudah dilakukan *preprocessing* data terlebih dahulu dengan menyeleksi gambar di mana hanya terdapat satu jenis burung pada setiap gambar dan dilakukan *scaling* dengan mengubah resolusi gambar menjadi 224x224 piksel. Berikut Gambar 5 adalah *sample* citra yang akan dilakukan proses

latih dan uji pada data yang telah didapatkan dari situs *website kaggle*.



Gambar 5. Contoh citra *training*

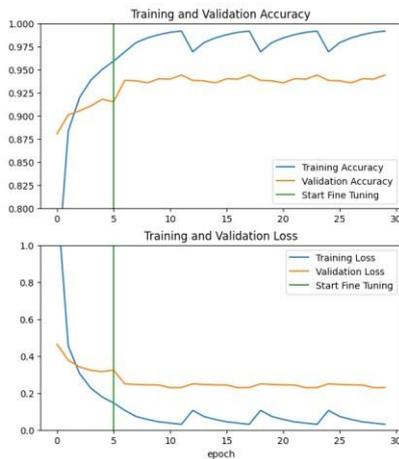
Setelah dilakukan *preprocessing* data, maka selanjutnya adalah melakukan pembagian data latih dan uji pada data yang telah kita sediakan. Pada model latih pertama dengan menggunakan CNN didapatkan hasil akurasi dari model adalah 90,43% dengan menggunakan *optimizer Adam* yang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah. Model CNN yang digunakan terlihat stabil pada kisaran 90 persen, yang mana jumlah akurasi ini sudah terbilang cukup baik, tetapi menurut penulis hasil ini kurang maksimal.



Gambar 6. Grafik dengan model CNN

Tahap selanjutnya adalah melakukan klasifikasi menggunakan metode *transfer learning*. *Transfer learning* digunakan untuk menyelesaikan tugas yang baru dengan melakukan generalisasi pada tiap tugas sehingga dapat membantu mempersingkat waktu dan sumber daya yang ada. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *fine tune hyperparameter* yang mana metode ini untuk mencari *hyperparameter* terbaik untuk dilakukan pelatihan terhadap model. Setelah dilakukan *tuning hyperparameter* maka kita dapat menggunakan CNN dan *transfer learning* untuk melakukan pelatihan pada kumpulan data yang telah ada. Hasil dari penggunaan CNN

dan *transfer learning* ditunjukkan seperti pada gambar 7 di bawah ini.



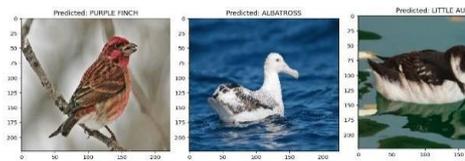
Gambar 7. Model menggunakan *transfer learning*

Dapat kita lihat bahwa hasil yang diperoleh dengan menggunakan CNN dan *transfer learning* lebih baik dibandingkan dengan hasil sebelumnya di mana hasil menggunakan *transfer learning* yaitu dengan tingkat akurasi sebesar 96.3%. Hasil ini cukup memberikan dampak yang signifikan pada model yang telah kita lakukan sebelumnya dengan grafik yang dapat kita lihat pada Gambar 7 pada *epoch* ke-5 sebagai peningkatan yang cukup signifikan terlihat lalu diikuti oleh perulangan selanjutnya. Berikut penulis merangkum hasil dari model yang telah di uji pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan hasil model

Metode	Waktu proses/step	akurasi	Val loss
CNN	849 ms/step	90.4 %	0.376
CNN + <i>Transfer learning</i>	646 ms/step	96.3 %	0.241

Dari Tabel 2, dapat kita perhatikan bahwa algoritma CNN dapat memakan waktu yang cukup banyak yang sehingga kurang efisien dalam melakukan pemodelan yang memerlukan waktu yang singkat. Dengan menggunakan metode *transfer learning*, kita dapat memakai model yang telah di latih sebelumnya pada *dataset* besar, sehingga model tidak lagi melatih dari awal dan dapat memangkas waktu pelatihan. Tidak hanya itu metode ini juga dapat meningkatkan akurasi pada model dengan menggunakan fitur umum yang telah dilatih sebelumnya sehingga mampu mengefisienkan pelatihan pada model. Metode ini juga sering digunakan ketika data yang dimiliki sedikit dan dikombinasikan dengan metode lainnya seperti augmentasi. Berikut penulis melakukan uji terhadap beberapa gambar yang tidak terdapat pada data *train* dan *test*, dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Hasil uji klasifikasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan menerapkan metode *transfer learning* pada *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan model *MobileNetV2*, disimpulkan bahwa dalam mendeteksi citra jenis fauna burung adalah citra dapat melewati proses *preprocessing* dengan baik dengan diubah ukuran dimensinya menjadi 224×224 piksel dan kemudian dilakukan proses *preprocessing*, proses yang dilakukan kali ini yaitu dengan menggunakan data *augmentation* yang mana untuk memanipulasi citra dengan melakukan rotasi, mengubah ukuran, dll. Akurasi yang didapatkan pada pelatihan pertama dengan model CNN dapat dilihat tidak terlalu efektif dengan nilai akurasi 90.4% dan nilai *loss* sebesar 0.376. Setelah dilakukan proses *transfer learning* dengan bantuan metode *tuning hyperparameter*, didapatkan hasil nilai akurasi sebesar 96.3% dengan nilai *loss* sebesar 0.241. Hasil ini memberikan dampak yang cukup signifikan dengan perbandingan waktu proses yaitu 849 ms/step dan 646 ms/step. Dengan hasil ini dapat dinyatakan bahwa metode yang dipakai pada klasifikasi jenis burung menggunakan *transfer learning* sudah cukup baik bila dilihat dalam proses uji menggunakan beberapa gambar yang telah penulis cari di beberapa sumber.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah memberikan dukungan yang berharga sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada bapak Ichwanul Muslim Karo selaku dosen pengampu mata kuliah pengolahan citra digital dan seluruh teman-teman yang membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. G. R. Dalem *et al.*, “BURUNG SEBAGAI ATRAKSI EKOWISATA DI KAWASAN PARIWISATA UBUD, BALI,” Bali, 2014.
- [2] A. Roihan, P. Abas Sunarya, and A. S. Rafika, “IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper,” 2019.
- [3] K. Bun and Humaningsih, “IDENTIFIKASI TELUR RETAK MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN TEKSTUR TELUR,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 3, pp. 183–192, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i3.2468.
- [4] M. Farid Naufal and S. Ferdiana Kusuma, “PENDETEKSI CITRA MASKER WAJAH

- MENGGUNAKAN CNN DAN TRANSFER LEARNING,” *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 8, no. 6, pp. 1293–1300, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202185201.
- [5] Samsul Kamal, Nursalmi Mahdi, and Nisfula Senja, “Keanekaragaman Jenis Burung Pada Perkebunan Kopi_d,” *Jurnal Biotik*, vol. 1, no. 2, pp. 67–136, 2013.
- [6] N. Nufus *et al.*, “Sistem Pendeteksi Pejalan Kaki Di Lingkungan Terbatas Berbasis SSD MobileNet V2 Dengan Menggunakan Gambar 360° Ternormalisasi,” *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, vol. 3, pp. 123–134, Dec. 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.123.
- [7] S. Tammina, “Transfer learning using VGG-16 with Deep Convolutional Neural Network for Classifying Images,” *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, vol. 9, no. 10, p. p9420, Oct. 2019, doi: 10.29322/ijsrp.9.10.2019.p9420.
- [8] P. Nugraha, A. Komarudin, E. Ramadhan, U. Jenderal, A. Yani, and C. Ji, “DETEKSI OBJEK DAN JENIS BURUNG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR INCEPTION RESNET-V2,” *Infotech Journal*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.31949/infotech.v8i2.2889.
- [9] M. Alswaitti, L. Zihao, W. Alomoush, A. Alrosan, and K. Alissa, “Effective classification of birds’ species based on transfer learning,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 4172–4184, Aug. 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i4.pp4172-4184.
- [10] A. B. Wijaya and D. Y. Wahyuningsih, “PENGIDENTIFIKASI SPESIES BURUNG MENGGUNAKAN CITRA DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK,” *ScientiCO: Computer Science and Informatics Journal*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [11] Gerry, Marionette, and Michael Bryant, “BIRDS 525 SPECIES- IMAGE CLASSIFICATION,” Kaggle.
- [12] S. D. Das and A. Kumar, “Bird Species Classification using Transfer Learning with Multistage Training,” *Jurnal Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya*, Oct. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1810.04250>
- [13] G. Thiodorus, A. Prasetia, L. A. Ardhani, and N. Yudistira, “Klasifikasi citra makanan/non makanan menggunakan metode Transfer Learning dengan model Residual Network,” *Teknologi*, vol. 11, no. 2, pp. 74–83, Jul. 2021, doi: 10.26594/teknologi.v11i2.2402.
- [14] J. Kurniawan, C. K. Dewa, and Afiahayati, “Traffic Congestion Detection: Learning from CCTV Monitoring Images using Convolutional Neural Network,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2018, pp. 291–297. doi: 10.1016/j.procs.2018.10.530.
- [15] M. Rafly Alwanda, R. Putra, K. Ramadhan, and D. Alamsyah, “Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle,” 2020.
- [16] Irwan Guntoro, Dwi Marisa Midyanti, and Rahmi Hidayati, “PENERAPAN DROPOUT PADA JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DALAM MENGLASIFIKASI TINGKAT FINE FUEL MOISTURE CODE (FFMC) UNTUK KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN,” 2022.



ANALISIS DAN PERBANDINGAN *TOOLS* FORENSIK MENGGUNAKAN METODE NIST DALAM PENANGANAN KASUS KEJAHATAN SIBER

Achmad Iqbal Yuladi¹, Rini Indrayani²

¹ Teknik Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

² Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Muhammadiyah Palopo

Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia 55281

achmad.11@students.amikom.ac.id , riniindrayani@umpalopo.ac.id

Abstract

Cybercrime cases in Indonesia have increased yearly; during the COVID-19 pandemic as it is now, people rely on the internet to carry out daily activities such as teaching and learning activities, buying and selling online, working from home, etc. Therefore, cybercrime cases in Indonesia have increased. One of the most common examples is Cyberbullying cases on various social media networks with mobile platforms, one of which is WhatsApp Messenger. This study will analyze and compare the results of the MOBILedit Forensic Express and Magnet Axiom tools using the National Institute of Standards and Technology (NIST) method. This method can facilitate the investigation process in the case scenarios in this research. Researchers will also compare the results of the two tools used in this forensic process. The results of this study using the National Institute of Standards and Technology (NIST) method on the WhatsApp apps showed the Magnet Axiom tools were slightly superior with an accuracy of 82,8% compared to MOBILedit Forensics Express 72,7% in the condition that the object was not rooted.

Keywords: Cyberbullying, Cybercrime, Digital Forensic, Forensic Tools, NIST.

Abstrak

Kasus Kejahatan siber di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, pada masa pandemi COVID -19 seperti sekarang, masyarakat mengandalkan internet untuk melakukan kegiatan sehari-hari seperti kegiatan belajar mengajar, jual-beli online, kerja dari rumah, dan lain sebagainya. Oleh karena itu kasus kejahatan siber di Indonesia mengalami peningkatan, salah satu contoh yang paling sering terjadi yaitu kasus *Cyberbullying* di berbagai jejaring *social media* dengan *platform mobile*, salah satunya *WhatsApp Messenger*. Penelitian ini akan menganalisis dan membandingkan hasil dari *tools* MOBILedit Forensic Express dan Magnet Axiom dengan menggunakan metode *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Metode tersebut dapat memudahkan proses investigasi pada skenario kasus yang ada pada penelitian ini. Peneliti juga akan membandingkan hasil yang diperoleh oleh kedua *tools* yang digunakan pada proses forensik ini. Hasil dari penelitian ini pada aplikasi *WhatsApp Messenger* menunjukkan *tools* Magnet Axiom sedikit lebih unggul dengan akurasi 81,8% dibandingkan MOBILedit Forensics Express 72,7% dalam kondisi objek *Un-rooted*.

Kata kunci: Cyberbullying, Forensik Digital, Kejahatan Siber, NIST, *Tools* Forensik.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan era teknologi yang cepat dan dengan adanya pandemi COVID -19 ini mengharuskan kegiatan sehari-hari dilakukan secara digital. Hal tersebut akan membuat kemungkinan terjadinya kejahatan digital atau kejahatan *cybercrime* meningkat. *Cybercrime* adalah segala aktivitas ilegal yang digunakan oleh pelaku kejahatan dengan memanfaatkan teknologi sistem informasi jaringan komputer. Salah satunya *Cyberbullying* atau tindakan merendahkan derajat orang lain dengan memanfaatkan teknologi *smartphone* [1]. Kejahatan *cyberbullying* dapat dilakukan menggunakan *platform instant messenger*

WhatsApp. Menurut Hootsuite (We are Social) pada tahun 2022 pengguna aplikasi pesan singkat *Whatsapp messenger* di Indonesia sebanyak 88,7% dari jumlah populasi orang di Indonesia[2]. Tindakan kejahatan *cyberbullying* tersebut biasanya meninggalkan jejak digital pelaku pada *smartphone* yang digunakan oleh pelaku untuk melakukan tindakan tersebut[3]. Jejak digital ini dapat digunakan sebagai barang bukti tindak kejahatan siber yang menjadi bagian dari tindak pidana dan dapat menjadi barang bukti untuk dibawa ke pihak berwenang [4][5]. Namun sering kali para pelaku tindak kejahatan siber berusaha menghilangkan jejak digitalnya untuk menutupi kejahatan yang

dilakukannya. Oleh karena itu diperlukan *Mobile Forensic* untuk mengembalikan atau menemukan jejak digital yang sudah dihapus oleh pelaku[6][7]. *Mobile forensic* dilakukan dengan menganalisis barang bukti *smartphone* dari pelaku tindak kejahatan siber. Barang bukti tersebut merupakan informasi yang valid dan dapat mendukung penegak hukum dalam mengambil keputusan[8].

Terdapat beberapa kerangka kerja atau *framework* untuk melakukan *digital forensic* maupun *mobile forensic* salah satunya yaitu *National Institute Standards and Technology (NIST)*. Metode NIST terdiri dari 4 tahapan, *Collection, Examination, Analysis, dan Reporting*[9]. NIST memiliki panduan kerja baik itu kebijakan dan standar untuk menjamin setiap orang yang melakukan *digital forensic* akan menggunakan alur kerja yang sama akan menjadikan pekerjaan mereka dapat didokumentasikan sehingga hasilnya bisa diulang dan juga bisa dipertahankan[10].

Beberapa penelitian terkait *Mobile forensic* dengan memanfaatkan beberapa *tools* dan berbagai jenis skenario media sosial telah dilakukan. Salah satu penelitian terkait yaitu penelitian mengenai penggunaan *Mobile forensic* pada analisis bukti digital tindak kejahatan memanfaatkan media *social* Facebook[4]. Penelitian tersebut menggunakan *tool* Oxigen Forensic untuk mendapatkan barang bukti dari *smartphone* yang digunakan pelaku. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa barang bukti yang berhasil didapatkan menggunakan Oxigen Forensic adalah barang bukti berupa percakapan, gambar, dan audio. Sementara barang bukti berupa video tidak berhasil dikembalikan.

Penelitian lain terkait penggunaan metode NIST memanfaatkan *tool* MOBILedit Forensic Express memanfaatkan *platform* Telegram[9]. Penelitian tersebut melakukan upaya pengangkatan barang bukti digital menggunakan skenario penggelapan dana. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan *tool* MOBILedit Forensic Express, barang bukti digital yang didapatkan mencapai persentase sebanyak 75% berupa profil pengguna, kontak, email, *chat*, dan gambar.

Terdapat banyak *tools* yang dapat digunakan untuk melakukan *Mobile forensic* pada *smartphone*, namun penelitian ini menggunakan *tools* MOBILedit Forensic Express dan Magnet Axiom. Kemudian kedua *tools* tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan rekomendasi *tools* mana yang lebih baik untuk penanganan kasus *Cyberbullying* sesuai skenario yang telah ditentukan. [11].

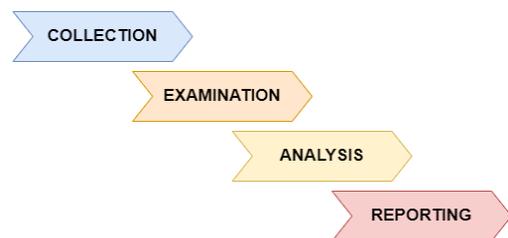
Menurut hasil riset *Polling* Indonesia bersama dengan Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) mengatakan ada sekitar 49 % dari 5.900 *netizen* yang pernah menjadi sasaran *cyberbullying*. Dari 49 % tersebut terdapat 3,6% orang yang melaporkannya[12].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dengan semakin banyaknya kejahatan siber, salah satunya pada bagian *Cyberbullying* maka penelitian ini dilakukan untuk

melakukan analisis kinerja dari dua aplikasi atau *tools mobile forensic* dengan memanfaatkan metode atau kerangka kerja *National Institute of Standard and Technology (NIST)*. Hasil analisa *log chat* pada *smartphone* dan aplikasi WhatsApp yang digunakan untuk melakukan kejahatan *cyberbullying* tersebut dapat membantu merekomendasikan *tools* mana yang lebih efektif dan dapat menjadi alternatif referensi dalam proses pengungkapan barang bukti digital pada kejahatan siber[13].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan metode atau *framework* dari NIST untuk mendapatkan bukti digital. Metode ini digunakan untuk mendapatkan alur atau langkah-langkah secara sistematis dan jelas. Adapun alur dari NIST ini ditunjukkan oleh Gambar 1[14].



Gambar 1. Metode NIST

a. *Collection*, merupakan tahap peneliti mengumpulkan barang bukti fisik dan digital serta menjaga kondisi objek agar sama dengan kondisi saat ditemukan, misalnya jika ditemukan dalam kondisi masih beroperasi (*on*) maka kondisi objek tetap dalam keadaan beroperasi saat proses akuisisi data. Kemudian barang bukti digital yang didapatkan dikenakan prosedur pengawasan agar tidak terjadi perubahan.

b. *Examination*, pada tahap ini peneliti melakukan pencarian data secara sistematis dari bukti digital yang berhubungan dengan skenario kasus pada penelitian ini. Hasil dari tahap ini adalah data-data sesuai variabel yang sudah ditentukan sebelumnya.

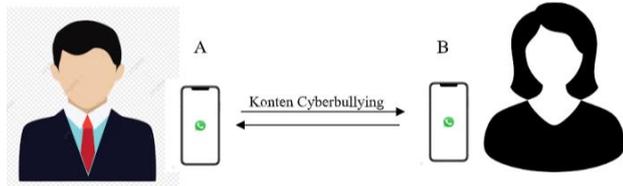
c. *Analysis*, pada tahap ini peneliti melakukan analisis terhadap bukti digital yang telah ditemukan, dan dapat menggambarkan kesimpulan yang didapat untuk dijadikan barang bukti kasus *Cyberbullying*.

d. *Reporting* merupakan tahap di mana peneliti akan melakukan dokumentasi seluruh hasil yang didapatkan dari proses yang telah dilakukan.

Penelitian ini menggunakan barang bukti yang disesuaikan dengan skenario dan tidak diambil dari tindak kejahatan yang sebenarnya. Barang bukti digital yang digunakan disesuaikan dengan skenario kasus yang relevan secara umum mengenai tindak kejahatan kriminal melalui media digital.

Penelitian ini menggunakan skenario kasus yang didapatkan dengan melakukan simulasi kasus kejahatan *cyberbullying*

dan kemudian data simulasi tersebut akan dikenakan proses *forensic* menggunakan beberapa *tools* dan kemudian hasilnya akan dibandingkan. Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan skenario kasus dimulai dari melakukan percakapan melalui aplikasi WhatsApp antara akun Pelaku dan akun korban melalui kejahatan *cyberbullying*. Ilustrasi skenario ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Skenario Percakapan

Penentuan akurasi *tools* dapat ditunjang oleh beberapa parameter yang menjadi variabel penelitian, maka peneliti menentukan fokus pada beberapa variabel yang menjadi bahan perbandingan untuk hasil dari penelitian ini[15]. Adapun variabelnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Skenario Akurasi

No	Variabel skenario hasil
1	Mengirim pesan teks
2	Mengirim pesan suara
3	Mengirim pesan gambar
4	Mengirim pesan video
5	Foto <i>profile</i>
6	Histori panggilan
7	Daftar Kontak
8	Nomor kontak
9	<i>Database file</i>
10	WhatsApp Logs
11	Menarik / menghapus pesan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Collection

Tahap *collection* adalah tahap di mana peneliti mengumpulkan barang bukti dari *smartphone* yang dijadikan objek penelitian dan melakukan dokumentasi. Peneliti menggunakan *smartphone* Samsung Galaxy J2 sebagai properti untuk melakukan skenario *cyber bullying* melalui aplikasi *instant messenger* WhatsApp. *Smartphone* tersebut dalam kondisi normal atau tidak dalam kondisi *root*. Kondisi dan keterangan *smartphone* ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 2.



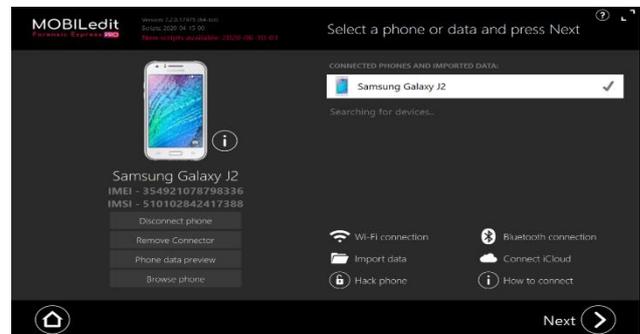
Gambar 3. Barang Bukti Fisik

Tabel 2. Informasi Objek

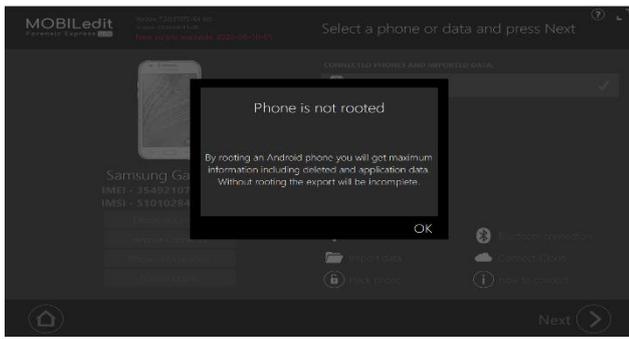
Informasi Perangkat	Spesifikasi
Samsung Galaxy	J2 2015
Nomor model	SM-J200G
Nomor versi	LMY47XJ200GDDU*****
Versi android	5.1.1
<i>Processor</i>	Quad-core 1.3 GHz Cortex-A7
RAM	1GB
ROM	8GB
Imei	3549210***** / 01

3.2. Examination

Tahap *Examination* adalah tahap di mana peneliti melakukan pemeriksaan menggunakan *tools* MOBILedit Forensic Express dan Magnet Axiom dimana *tools* ini dapat melakukan ekstraksi data dan *imaging* data dari *smartphone* karena mendukung berbagai bentuk *image*. *Tools* ini memungkinkan pengguna untuk bisa memilih data apa saja yang diperlukan untuk menunjang kebutuhan analisis pada kasus yang sedang dikerjakan, sehingga tidak perlu melakukan *backup* keseluruhan ponsel. Hal ini dapat mempersingkat waktu untuk melakukan forensik pada *smartphone* tersebut. Proses *examination* menggunakan aplikasi MobilEdit ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Sedangkan proses *examination* menggunakan aplikasi Magnet Axiom ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Examination Menggunakan Mobicedit Forensic Express



Gambar 5. Objek dalam Keadaan *Un-rooted* pada MOBILedit



Gambar 6. Examination Menggunakan Magnet Axiom

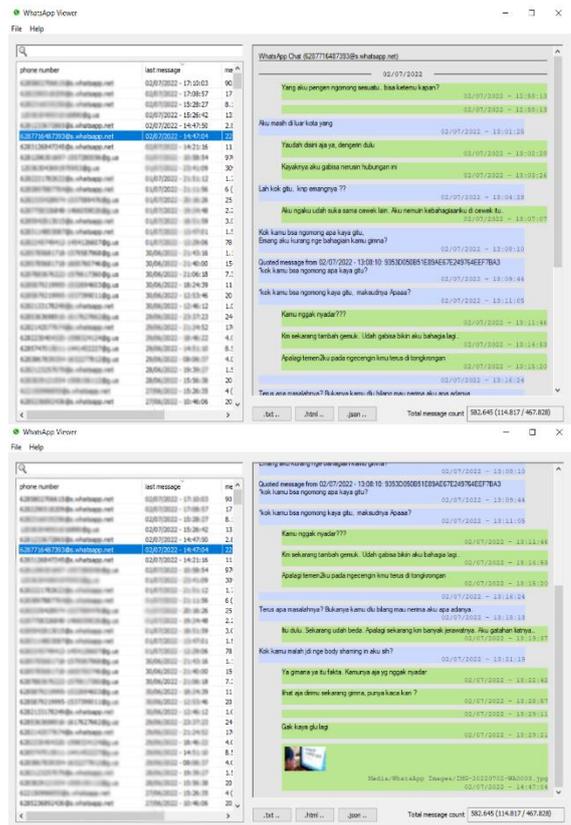
3.3. Analysis

Tahap *analysis* adalah tahap di mana peneliti melakukan proses ekstraksi pada *file databases* msgstore.db yang sudah tidak dalam keadaan *encrypted*. Letak folder dan *file database*-nya ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan *database* percakapan Whatsapp yang diakses menggunakan Whatsapp Viewer ditunjukkan pada Gambar 8.

```
cup_files > phone > applications0 > com.whatsapp > backup > db
```

Name	Date modified	Type	Size
hsm packs.db-wal	02/01/2022 17:21	DB-WAL File	
location.db	02/07/2022 17:21	DB File	
location.db-shm	02/07/2022 17:21	DB-SHM File	
location.db-wal	02/07/2022 17:21	DB-WAL File	
media.db	02/07/2022 17:21	DB File	
media.db-shm	02/07/2022 17:21	DB-SHM File	
media.db-wal	02/07/2022 17:21	DB-WAL File	
msgstore.db	02/07/2022 17:21	DB File	86
msgstore.db-shm	02/07/2022 17:21	DB-SHM File	
msgstore.db-wal	02/07/2022 17:21	DB-WAL File	

Gambar 7. File Database Percakapan Whatsapp



Gambar 8. Database Percakapan Dibuka Menggunakan Whatsapp Viewer

3.4. Reporting

Tahap *reporting* adalah tahap di mana hasil dari proses pemeriksaan dan analisis dimuat dalam laporan hasil investigasi. Hasil analisis dimuat dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Temuan Artefak

Jumlah Artefak MobilEedit Forensic Express	Jumlah Artefak Magnet Axiom
File database (21)	File database (21)
File gambar (3203)	File gambar (3203)
File video (52)	File video (52)
File voice note (105)	File voice note (106)
Foto Profile (0)	Foto profil (968)
Data kontak (6492)	Data kontak (6493)
Data percakapan (1386)	Data percakapan (1396)
Data logs (6)	Data logs (6)

Tabel 4. Perbandingan Hasil Akhir

No	Variabel skenario hasil	MobilEedit Forensic Express	Magnet Axiom
1	Mengirim pesan teks	Ada	Ada
2	Mengirim pesan suara	Ada	Ada
3	Mengirim pesan gambar	Ada	Ada
4	Mengirim pesan video	Ada	Ada
5	Foto <i>profile</i>	Tidak ada	Ada
6	Histori panggilan	Tidak ada	Tidak ada
7	Daftar Kontak	Ada	Ada
8	Nomor kontak	Ada	Ada
9	<i>Database file</i>	Ada	Ada
10	WhatsApp Log	Ada	Ada
11	Menarik/menghapus pesan	Tidak ada	Tidak ada

Berdasarkan tabel perbandingan hasil artefak, maka dapat ditentukan kinerja dari kedua *tools* tersebut menggunakan rumus :

$$Par = \frac{\sum ar0}{\sum arT} \times 100\%$$

Keterangan :

Par adalah angka indeks akurasi alat *forensic*,

ar0 adalah jumlah variabel yang ditemukan,

arT adalah jumlah keseluruhan variabel yang ada dalam skenario. Menggunakan rumus tersebut, maka dapat dihitung hasil skor dari kedua *tools*:

$$\text{MOBILedit Forensic Express yaitu } Par = \frac{8}{11} \times 100\% = 72,7\%$$

$$\text{Magnet Axiom yaitu } Par = \frac{9}{11} \times 100\% = 81,8\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa akurasi kinerja MOBILedit Forensic Express sebesar 72,7% dan akurasi kinerja Magnet Axiom sebesar 81,8% berdasarkan variabel yang telah ditentukan

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prosedur *forensic* digital menggunakan metode *National Institute of Standards and Technology* (NIST) dengan *tools* MOBILedit Forensics Express dan Magnet Axiom berhasil melakukan ekstraksi barang bukti digital dari objek *smartphone* dengan baik. Kinerja kedua *tools* tersebut diukur dari tingkat keberhasilan dalam melakukan *recovery* bukti digital.

Tingkat keberhasilan Magnet Axiom lebih unggul dengan akurasi 81,8% dibandingkan MOBILedit Forensics Express dengan akurasi sebesar 72,7% berdasarkan perhitungan variabel-variabel yang sudah ditentukan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil forensik yang dilakukan pada skenario percakapan yang dilakukan, kedua *tools* tersebut tidak berhasil mengembalikan pesan yang telah dihapus, hal ini terjadi karena keadaan objek dalam kondisi *Un-rooted*. Berdasarkan isi pesan pada percakapan pelaku dan korban, ditemukan bukti tindak *Cyberbullying* dengan jenis *body shaming* atau ejekan terhadap kondisi fisik korban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Siwi, F. Utami, and N. Baiti, "Pengaruh Media Sosial Terhadap Perilaku Cyber Bullying Pada Kalangan RSiwi, A., Utami, F., & Baiti, N. (2018). Pengaruh Media Sosial Terhadap Perilaku Cyber Bullying Pada Kalangan Remaja. 18(2), 257–262.emaja," vol. 18, no. 2, pp. 257–262, 2018, [Online].Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejournal/index.php/cakrawala%0APengaruh>.
- [2] A. D. Riyanto, "Hootsuite (We are Social)_ Indonesian Digital Report 2022," 2022. <https://andi.link/hootsuite-we-are-social-indonesian-digital-report-2022/>.
- [3] Pratomo. Yudha, "49 Persen Netizen di Indonesia Pernah Mengalami 'Bullying' di Medsos," *Kompas.Com*. 2019, [Online]. Available: <https://amp.kompas.com/tekno/read/2019/05/16/08290047/49-persen-netizen-di-indonesia-pernah-mengalami-bullying-di-medsos>.
- [4] A. Yudhana, I. Riadi, and I. Anshori, "Analisis Bukti Digital Facebook Messenger Menggunakan Metode Nist," *It J. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–21, 2018, doi: 10.25299/itjrd.2018.vol3(1).1658.
- [5] Z. S. Daulay dan R. Indrayani, "Analisis Keamanan Browser Dalam Bersosial Media Menggunakan Metode Institute Of Justice (NIJ)," *Djtechno: Journal of Information Techhnology Research*, vol. 3, no. 2, hlm. 167, Des 2022, doi: 10.46576/djtechno.v3i2.2598
- [6] I. Riadi, R. Umar, and I. M. Nasrulloh, "Analisis Forensik Digital Pada Frozen Solid State Drive Dengan Metode National Institute of Justice (Nij)," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 70–82, 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i1.19308.
- [7] A. Leonardo dan R. Indrayani, "The Comparison Performance of Digital Forensic Tools Using Additional Root Access Options," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, vol. 7, no. 3, hlm. 512, Jan 2022, doi:

- 10.26555/jiteki.v7i3.22381.
- [8] H. Nurhairani and I. Riadi, "Analysis Mobile Forensics on Twitter Application using the National Institute of Justice (NIJ) Method," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 177, no. 27, pp. 35–42, 2019, doi: 10.5120/ijca2019919749.
- [9] N. Nasirudin, S. Sunardi, and I. Riadi, "Analisis Forensik *Smartphone* Android Menggunakan Metode NIST dan Tool MOBILedit Forensic Express," *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 5, no. 1, p. 89, 2020, doi: 10.32493/informatika.v5i1.4578.
- [10] A. Yudhana, I. Riadi, and I. Anshori, "Identification of Digital Evidence Facebook Messenger on Mobile Phone With National Institute of Standards Technology (Nist) Method," *Kursor*, vol. 9, no. 3, 2019, doi: 10.28961/kursor.v9i3.152.
- [11] I. Anshori, K. E. Setya Putri, and U. Ghoni, "Analisis Barang Bukti Digital Aplikasi Facebook Messenger Pada *Smartphone* Android Menggunakan Metode NIJ," *IT J. Res. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 118–134, 2020, doi: 10.25299/itjrd.2021.vol5(2).4664.
- [12] R. A. Bintang, R. Umar, and A. Yudhana, "Analisis Media Sosial Facebook Lite dengan *tools* Forensik menggunakan Metode NIST," *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 21, no. 2, p. 125, 2020, doi: 10.30595/techno.v21i2.8494.
- [13] Imam Riadi, Sunardi, and P. Widiandana, "Investigating *Cyberbullying* on WhatsApp Using Digital Forensics Research Workshop," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 4, pp. 730–735, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i4.2161.
- [14] I. Riadi, R. Umar, and A. Firdonsyah, "Forensic *tools* performance analysis on android-based blackberry messenger using NIST measurements," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 3991–4003, 2018, doi: 10.11591/ijece.v8i5.pp3991-4003.
- [15] N. Saputri dan R. Indrayani, "ANALISIS DATA FORENSIK INVESTIGASI KASUS PEREDARAN NARKOBA PADA SMARTPHONE BERBASIS ANDROID," *Djtechno: Journal of Information Techhnology Research*, vol. 3, no. 2, hlm. 156, Des 2022, doi: 10.46576/djtechno.v3i2.2597.



STRATEGI IMPLEMENTASI SIEM UNTUK MENGURANGI RISIKO TERHADAP KEBOCORAN INFORMASI

Taufik Rendi Anggara¹

¹ Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul
Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia 11510
taufik.anggara@esaunggul.ac.id

Abstract

More than 100 instances of information leakage brought on by unauthorized access occurred in 2022. This study used case studies in conjunction with system development. Early Warning Systems (EWS) are intended to give current information on event violations. When the worker goes to the console, EWS will warn and ask for verification. In Centralised Log Management (CLM), data logs were filtered with a policy-based Correlation setup approach. Network Security devices are configured for Rule-Based Correlations, and log data will be forwarded to CLM. In the case of an occurrence, logs are crucial to the inquiry. We used the CLM model to secure log data. EWS can filter harmful activity and malicious events from all current devices using this CLM. EWS will send any malicious activities or events it detects through telegram and email. Applying CLM and EWS with IT risk measurement can assist in reducing the risk of information leakage and offer quick information for breaches or incidents, according to this study. Evaluation, which lasted for two weeks, produced outcomes including less unauthorized activity, outstanding performance in the notification system that may assist in verifying access to the proper privileges for accessing the device, and simple detection of unauthorized access and file modifications, among other things.

Keywords: Centralized Log Management, Early Warning Systems, IT Risk, Rule and Policy Based Correlations, SIEM

Abstrak

Pada tahun 2022 terdapat lebih dari 100 kasus kebocoran informasi yang diakibatkan dari *illegal* akses. Penelitian ini, menggunakan metode System Development yang dikombinasikan dengan studi kasus. *Early Warning Systems* (EWS) dirancang untuk memberikan informasi secara *realtime* dari pelanggaran kejadian yang berlangsung. EWS juga membantu dalam verifikasi saat personil masuk ke dalam *Console* Perangkat. Teknik konfigurasi *Policy Based Correlation* dilakukan untuk mempermudah filter log yang masuk ke dalam *Centralized Log Management* (CLM). Konfigurasi *Rule Based Correlation* dilakukan pada perangkat *Network Security* dan log dari perangkat tersebut dikirimkan ke CLM. Log menjadi kunci dalam investigasi jika terjadi insiden. Teknik Pengamanan log yang dilakukan adalah dengan model CLM. Dari CLM inilah EWS dapat melakukan filter *malicious activity* dan *malicious event* dari seluruh perangkat. *Malicious Activity* dan Event yang ditangkap oleh EWS akan diteruskan informasinya melalui telegram dan email. Pengukuran Risiko IT dilakukan untuk mengukur seberapa jauh tingkat keamanan yang telah diterapkan dan dapat membantu mitigasi jika terjadi kebocoran data, informasi maupun pelanggaran dan insiden. Evaluasi dilakukan selama dua minggu dan mendapatkan hasil seperti berkurangnya aktivitas tanpa izin, kinerja maksimal pada sistem notifikasi yang dapat membantu verifikasi akses izin masuk ke dalam perangkat dan mudahnya pendeteksian jika terjadi ilegal akses, perubahan *file* dll.

Kata kunci: Centralized Log Management, Early Warning Systems, Risiko IT, Rule and Policy Based Correlations, SIEM

1. PENDAHULUAN

Kebocoran informasi dapat memiliki konsekuensi yang sangat merugikan bagi individu, organisasi, atau bahkan negara. Di bidang bisnis, kebocoran informasi dapat merusak reputasi perusahaan dan mengakibatkan kerugian finansial yang besar. Misalnya, ketika informasi rahasia perusahaan bocor ke pesaing, pesaing tersebut dapat menggunakan informasi tersebut untuk mengalahkan

perusahaan tersebut di pasar. Di bidang politik, kebocoran informasi dapat mengganggu hubungan antar negara dan membahayakan keamanan nasional. Hal ini terlihat pada kasus-kasus seperti Wikileaks dan Edward Snowden.

Seperti halnya pada kasus tahun 2022, baik dari pemerintahan, lembaga – lembaga sampai dengan perusahaan besar yang tertimpa permasalahan kebocoran

data [2-3]. Penyebab dari kebocoran data ini beragam mulai dari gangguan sistem sampai dengan akses *illegal* terhadap sistem [4]. Pada tahun 2022 [4] terjadi 138 kasus yang dilaporkan ke pihak yang berwajib mengenai *illegal* akses ke sebuah sistem.

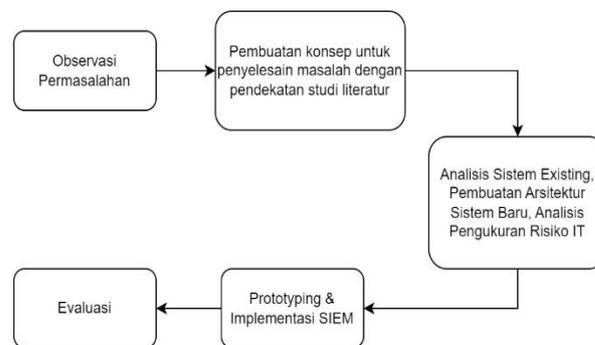
Untuk mencegah kebocoran informasi, perusahaan dan organisasi harus mengambil langkah-langkah keamanan yang tepat, seperti menggunakan enkripsi data, memperkuat akses ke data rahasia, dan memastikan bahwa karyawan terlatih dan memahami pentingnya menjaga kerahasiaan data. Pada tingkat individu, penggunaan teknologi yang aman, seperti penggunaan *password* yang kuat dan tidak membagikan informasi pribadi secara sembarangan, juga dapat membantu mencegah kebocoran informasi. Untuk dapat mencegah kebocoran informasi maka dapat dilakukan dengan tindakan preventif seperti mengikuti standar keamanan informasi [1].

SIEM (*Security Information and Event Management*) adalah solusi keamanan yang digunakan oleh organisasi untuk mendeteksi dan merespons ancaman keamanan pada sistem informasi [5]. SIEM mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sumber, termasuk *log* keamanan, aktivitas pengguna, dan lalu lintas jaringan, untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan atau serangan yang terjadi. SIEM juga memungkinkan organisasi untuk mempercepat respons terhadap ancaman dan mengurangi risiko kerentanan keamanan pada sistem informasi.

Risiko IT merupakan tantangan penting yang dihadapi oleh organisasi. Peningkatan penggunaan teknologi informasi memberikan peluang bisnis baru bagi organisasi, tetapi juga membawa risiko yang signifikan. Risiko IT dapat timbul dari berbagai faktor seperti kesalahan manusia, perubahan teknologi, kegagalan sistem, dan serangan siber. Oleh karena itu, penting bagi organisasi untuk memiliki strategi manajemen risiko IT yang efektif. Pendekatan yang paling mudah dalam mengukur *RISK IT* dengan menggunakan *COBIT 5 For RISK* [8]. *COBIT 5 For RISK* adalah kerangka kerja manajemen risiko IT yang dikembangkan oleh ISACA. *COBIT 5 For RISK* menawarkan pendekatan terstruktur untuk manajemen risiko IT yang berbasis pada prinsip-prinsip manajemen risiko ISO dan ISO/IEC 27005. Kerangka kerja ini membantu organisasi untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko IT.

2. METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini menggunakan pendekatan *System Development* dan Studi Kasus [6-7]. Studi kasus yang dipadukan dengan *System Development* diharapkan akan mendapatkan hasil yang obyektif dan mendapatkan hasil yang tepat guna dalam strategi implementasi SIEM. Oleh karena itu metode ini dapat digambarkan pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Metode Penelitian

Pada Gambar 1 langkah awal penelitian ini adalah dengan observasi. Observasi permasalahan dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa saja yang sedang terjadi. Dari observasi ini didapatkan beberapa permasalahan yaitu:

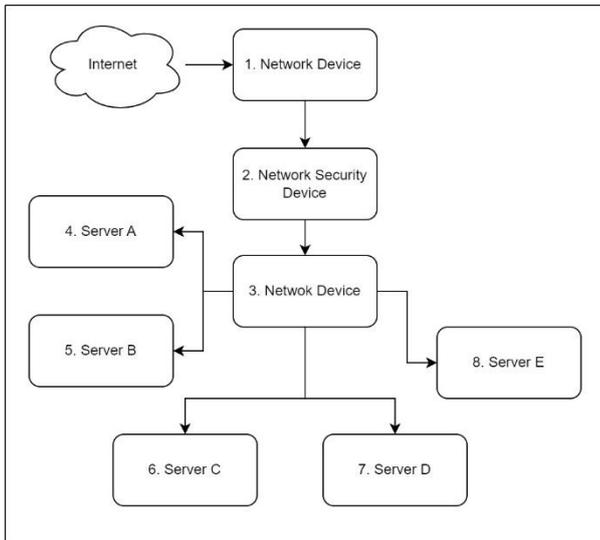
1. Belum terdapat metode yang efektif untuk mengetahui pengaksesan sistem & infrastruktur IT sesuai dengan prosedur yang ada.
2. Belum terdapat pengukuran risiko untuk *Event Management* dari sistem yang sudah ada.
3. Didapatkannya risiko IT yang masih tinggi dalam pengaksesan sistem & infrastruktur IT.
4. Belum terdapat *Early Warning Systems* (EWS) terhadap pengaksesan sistem dan infrastruktur IT yang tidak sesuai prosedur.
5. Belum terdapat pengamanan terhadap data *log system*.

3. ANALISIS, HASIL DAN EVALUASI

Penyelesaian permasalahan yang ada dimulai dari pendekatan studi literatur. Dari studi literatur [5, 9, 10, 11, 12] mengenai SIEM, didapatkan kesimpulan bahwa implementasi SIEM dilakukan dengan cara:

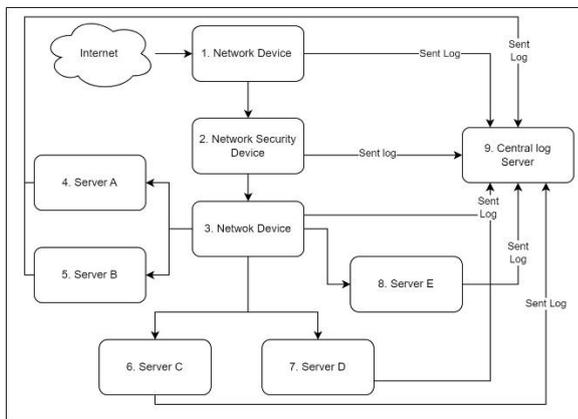
1. Mengetahui model arsitektur infrastruktur IT secara keseluruhan.
2. Melakukan pengumpulan *log* dari seluruh *device / hardware* yang digunakan *Centralized Log Management* (CLM).
3. Melakukan konfigurasi *Rule Engine Correlation* dan *Policy Based Correlation* untuk mendeteksi peristiwa maupun kejadian diluar kendali pihak yang berwenang.
4. Melakukan konfigurasi notifikasi peristiwa untuk *early warning systems* (EWS) / sistem notifikasi.
5. Menentukan lokasi perubahan *file* pada *Operating Systems* yang akan dilakukan pemantauan.

Dari observasi yang dilakukan, arsitektur yang digunakan perusahaan rekanan ini dapat digambarkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Arsitektur Hasil Observasi

Dari Gambar 2 mengenai arsitektur hasil observasi, diketahui bahwa informasi yang didapat dari sistem dimulai dari *Network Device* No. 1 sampai dengan *Server* No. 8 dan belum terdapat CLM, EWS, serta *Monitoring System* untuk mengumpulkan semua peristiwa yang terjadi di Infrastruktur dan Sistem dan memberikan notifikasi peristiwa secara *Realtime*. Oleh karena itu diperlukannya perbaikan maupun perubahan di arsitektur infrastruktur dan sistem seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbaikan / Penambahan *Central log Server* Pada *Architecture Existing*

Perbaikan arsitektur yang dilakukan pada Gambar 3 adalah dengan menambahkan perangkat *server* dan jalur komunikasi ke perangkat tersebut. Jalur komunikasi ini dibangun dengan tujuan untuk mengirimkan maupun mengamankan *log* dari berbagai macam perangkat ke CLM No. 9. Selain untuk mengamankan CLM, teknik ini juga akan memudahkan dalam melakukan *filter* semua *log* yang ada. *Filter* ini ditujukan untuk memberitahu staf Keamanan IT bahwa telah terjadi pelanggaran akses pada infrastruktur IT (EWS).

Setelah dilakukannya penambahan perangkat untuk CLM, maka perlu ditambahnya konfigurasi untuk *Policy Based Correlation* (seperti Gambar 4) pada masing-masing *server*.

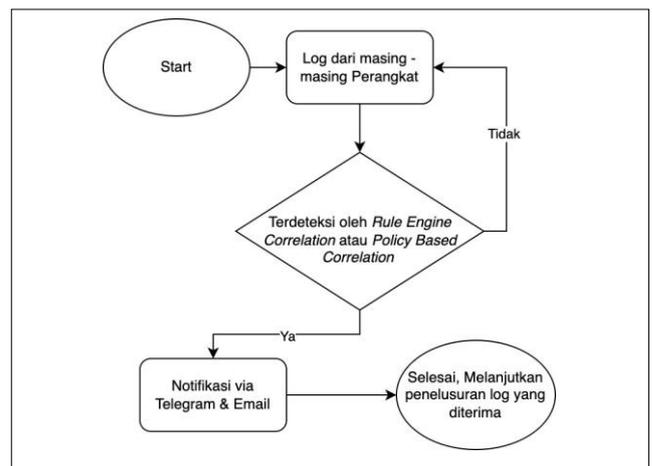
Hal ini bertujuan untuk melindungi *filepath* terpenting yang berada didalam *server*, tujuan lainnya adalah sistem dapat melakukan *filter* dengan cepat dan memberi notifikasi kepada staf Keamanan IT. Untuk *Rule Based Correlation* dapat dilakukan konfigurasi langsung di perangkat *Network Security* dengan mengaktifkan *rule IPS, IDS, Endpoint Security* dan melakukan pembaruan piranti lunak secara berkala pada setiap perangkat.

```

/etc/passwd => change passwd
/etc/group => change group
/etc/shadow => add shadow root user
/etc/sudoers => add sudo user
/etc/ssh/sshd_config => change sshd_conf
/var/www/html => default folder path untuk web application
....
    
```

Gambar 4. *Policy Based Correlation*

Gambar 5. menggambarkan sistem notifikasi yang dibuat. Pada *flow* tersebut dapat diketahui bahwa sistem ini dirancang untuk melakukan penelusuran *log* yang diterima dari berbagai macam perangkat secara terus - menerus (*continue*). Oleh karena itu EWS ini dapat membantu staf Keamanan IT dalam melakukan pemantauan setiap aktivitas dan kejadian. *Flow notification system* ini dibuat dengan pendekatan teori [13,14,15,16].



Gambar 5. *Flow* Untuk Notifikasi pelanggaran pada Infrastruktur IT

Untuk menambah keamanan pada infrastruktur sistem, maka diperlukannya pengukuran dan mitigasi risiko. Pengukuran dan mitigasi dilakukan dengan cara pendekatan teoritis [8,17,18,19,20]. Dari studi literatur ini didapatkan kesimpulan yaitu untuk mengukur nilai risiko yang ada maka diperlukan tabel acuan pengukuran risiko. Pada penelitian ini, acuan pengukuran nilai risiko dapat dilihat pada Tabel 1. Pengendalian Risiko, Tabel 2 Risiko Tingkat Kerusakan (*Risk Severity*), Tabel 3 Kemungkinan Risiko Terjadi (*Risk Frequency*). Tabel ini akan menjadi acuan dalam melakukan pengelolaan risiko yang ada di infrastruktur sistem.

Tabel 1. Tabel Pengendalian Risiko

Kategori Risiko	Metode Pengendalian	Nilai Korelasi Severity & Frequency
Tinggi	Risk Mitigation	Nilai > 11
Sedang	Risk Mitigation / Transfer	Nilai diantara 6 – 10
Rendah	Risk Acceptance / Avoidance	Nilai < 6

Pada tabel pengendalian risiko dilakukan pembagian dalam kategori risiko, dimulai dari risiko yang tinggi sampai dengan risiko yang rendah. Pengelompokan kategori ini dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan pengendalian terhadap risiko yang akan terjadi.

Tabel 2. Tabel Risiko Tingkat Kerusakan (Risk Severity)

Nilai	Klasifikasi	Konsekuensi
1	Ringan	aktivitas Operasional Terganggu lebih dari 6 jam
2	Sedang	aktivitas Operasional Terganggu lebih dari 12 jam
3	Berat	aktivitas Operasional Terganggu lebih dari 1 Hari
4	Sangat Berat	aktivitas Operasional Terganggu lebih dari 2 Hari

Tingkat kerusakan pada risiko perlu dilakukan klasifikasi. Tujuan pengklasifikasian ini dilakukan untuk mengetahui konsekuensi apa saja yang dapat terjadi. Klasifikasi dibagi mulai dari yang ringan sampai dengan sangat berat dan dilakukan pengukuran terhadap konsekuensi dari masing-masing klasifikasinya.

Tabel 3. Tabel Kemungkinan Risiko Terjadi (Risk Frequency)

Nilai	Tingkat Kemungkinan	Deskripsi
1	Sangat Kecil Kemungkinan	Terjadi < 2x dalam 1 tahun
2	Kecil Kemungkinan	Terjadi 3 – 6x dalam 1 tahun
3	Mungkin	Terjadi 7 – 12x dalam 1 tahun
4	Sangat Mungkin	Terjadi lebih dari 12 dalam 1 tahun

Tingkat kemungkinan risiko terjadi dibuat mulai dari risiko terjadi sangat kecil kemungkinan sampai dengan sangat mungkin terjadi. Dari tingkat kemungkinan risiko ini, kemudian dilakukan pendeskripsian agar tingkat kemungkinan risiko ini mudah dikategorikan sesuai dengan kondisi yang *real* terjadi. Setelah pengendalian, tingkat kerusakan, dan kemungkinan risiko ini terjadi dibuat, maka

dapat dilanjutkan untuk melakukan pengukuran skor profil risiko sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Nilai Korelasi Antara Severity & Frequency

		SEVERITY				
		Correlation Score	1	2	3	4
Frequency	1	1	2	3	4	
	2	2	4	6	8	
	3	3	6	9	12	
	4	4	8	12	16	

Penetapan nilai risiko, dilakukan dengan cara mempertemukan nilai Severity dengan Frequency, seperti pada Tabel 4, mengenai nilai korelasi antara severity & frequency. Pertemuan nilai ini memudahkan peneliti dan staf Keamanan IT untuk mengukur tingkat risiko yang terjadi. Pemberian warna merah, kuning dan hijau berelasi dengan Tabel 1. Pengendalian Risiko, relasi ini akan mempermudah membaca risiko dan mitigasi apa saja yang sudah dilakukan pada Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, mengenai daftar risiko IT.

Tabel 5. Tabel Daftar Risiko IT (Identifikasi Risiko IT)

No	Aset / Aktivitas	Identifikasi Risiko		
		Ancaman	Kerawanan	Dampak
1	Server Device	Akses Tanpa Izin	Manipulasi dan mencuri isi server	Kehilangan data, perubahan data tanpa izin
2	Network Device	Akses Tanpa Izin	Manipulasi konfigurasi	Gangguan layanan, dapat terjadi pencurian data
3	Network Security Device	Akses Tanpa Izin	Manipulasi konfigurasi	Gangguan layanan dan dapat terjadi pencurian data
4	Terjadi Serangan	Gangguan Layanan	Akses ke sistem melambat	Layanan Tidak bisa diakses
5	Log dihapus	Aktivitas perangkat tidak bisa di pantau	Jika Terjadi <i>fraud</i> tidak bisa dilakukan identifikasi kejadian	Jika terjadi <i>fraud</i> , tidak terdapat catatan kejadian untuk pembuktian
6	Terkena Malware / Virus	Data Hilang & Gangguan Layanan	Melumpuhkan seluruh perangkat karena penyebaran cepat	Data Tidak Dapat diakses

Pada tabel 5 mengenai daftar risiko IT menjelaskan identifikasi risiko yang akan terjadi. Identifikasi dilakukan dengan cara memetakan ancaman, kerawanan dan dampak yang terjadi dari risiko pada aset maupun aktivitas operasional.

Tabel 6. Tabel Lanjutan Daftar Risiko IT (Analisis Risiko IT)

No.	Aset / Aktivitas	Analisis Risiko		
		Nilai Severity	Nilai Frequency	Nilai korelasi
1	Server Device	4	2	8
2	Network Device	4	2	8
3	Network Security Device	4	2	8
4	Terjadi Serangan	2	4	8
5	Log dihapus	4	2	8
6	Terkena Malware / Virus	4	2	8

Tabel 6 merupakan lanjutan dari tabel 5 mengenai daftar risiko. Pada tabel ini menjelaskan analisis risiko berbasis skor pada *severity*, *frequency* dan nilai korelasinya. Penetapan skor pada analisis risiko ini dilakukan berdasarkan data dan informasi dari kejadian sebelumnya. Jika skor yang didapatkan memiliki nilai lebih tinggi dari lima maka akan dilakukan mitigasi/pengendalian risiko yang sesuai pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel Lanjutan Daftar Risiko (Mitigasi dan Pengendalian)

No.	Aset / Aktivitas	Mitigasi Risiko	Pengendalian Risiko	Pengendalian Risiko Setelah di Mitigasi
1	Server Device	Akses Dual Control, notifikasi penggunaan <i>root account</i>	Menggunakan notifikasi <i>root</i>	<i>Risk Acceptance</i>
2	Network Device	Akses Dual Control, notifikasi penggunaan <i>root account</i>	Menggunakan notifikasi <i>root</i>	<i>Risk Acceptance</i>
3	Network Security Device	Akses Dual Control, notifikasi penggunaan <i>root account</i>	Menggunakan notifikasi <i>root</i>	<i>Risk Acceptance</i>
4	Terjadi Serangan	Notifikasi serangan, <i>block IP</i> membuat	terjadi melakukan <i>permanent</i> , catatan	<i>Risk Acceptance</i>

No.	Aset / Aktivitas	Mitigasi Risiko	Pengendalian Risiko Setelah di Mitigasi
		kejadian, <i>update patch</i> secara berakala	
5	Log dihapus	Pengiriman <i>log</i> ke <i>CLM</i> , notifikasi perubahan <i>file</i> pada <i>device</i> , <i>log</i> yang berada di <i>CLM</i> dilakukan <i>signing</i>	<i>Risk Acceptance</i>
6	Terkena Malware / Virus	Notifikasi penyebaran <i>malware</i> , memisahkan konfigurasi <i>per-subnet</i> dan <i>vlan</i> , <i>update patch</i> secara berakala	<i>Risk Acceptance</i>

Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7 menjelaskan bahwa penilaian risiko dilakukan per - aset maupun aktivitas yang dilakukan. Penilaian ini juga dilakukan secara objektif dengan menggunakan Teknik FGD (*Focus Group Discussion*). Seluruh risiko ini juga telah dilakukan mitigasi, sehingga risiko yang telah dimitigasi dan disepakati pengendaliannya menjadi *Risk Acceptance*. Pada Tabel 5, peneliti dan Tim mengidentifikasi risiko dengan cara mendaftarkan aset dan aktivitas yang memiliki nilai risiko menengah dan tinggi ke dalam daftar risiko. Pada Tabel 6 nilai *severity* dan *frequency* yang diberikan adalah hasil catatan kejadian sebelumnya. Pada Tabel 7 Mitigasi pengendalian risiko yang dilakukan adalah dengan membuat daftar aktivitas apa saja yang harus dilakukan ketika risiko ini terjadi, sehingga tim yang menangani insiden tersebut akan dengan mudah menanganinya.

Evaluasi setelah dilakukan implementasi dilakukan secara berkala dengan model pemantauan harian dengan jangka waktu dua minggu. Hasil yang didapatkan dari pemantauan ini yaitu:

- Berkurangnya aktivitas tanpa izin dalam melakukan akses ke perangkat (*Hardware*).
- Belum pernah terjadi insiden dari risiko yang telah didefinisikan.
- Pemantauan terhadap kinerja dari *CLM* adalah sistem bekerja dengan maksimal
- Sistem notifikasi juga bekerja dengan maksimal dan sangat membantu dalam melakukan verifikasi akses izin masuk ke dalam perangkat dan sistem ini juga dapat melakukan pendeteksian jika terjadi *illegal* akses, perubahan *file*, serangan terhadap perangkat dan lainnya sesuai dengan konfigurasi yang telah dilakukan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan metode *System Development* yang dikombinasikan dengan studi kasus. Langkah pertama pada penelitian ini adalah observasi. Observasi yang dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang ada pada objek penelitian. Untuk menjawab

permasalahan tersebut, maka dilakukan dengan pendekatan studi literatur. Hasil dari studi literatur didapatkan, dalam implementasi SIEM dengan baik maka diperlukan lima tahapan yang dimulai dari mengetahui model arsitektur infrastruktur yang kemudian akan dilakukan perbaikan. Tahapan ini dilakukan sampai dengan penentuan lokasi perubahan *file* pada *Operating Systems* yang akan dilakukan pemantauan. Perbaikan arsitektur infrastruktur IT menjadi kunci utama dalam melakukan pengamanan sistem dan implementasi SIEM.

Penambahan konfigurasi *Policy & Rule Based Correlation* memudahkan EWS / Sistem notifikasi peristiwa dalam memberikan peringatan terjadinya *illegal* akses / insiden lainnya. Pengamanan catatan peristiwa (*log*) dilakukan dengan cara mengirimkan seluruh *log* dimasing – masing perangkat ke CLM dan dilakukan pemantauan terhadap *path* pada *log* tersebut. Selain itu pengukuran terhadap risiko dilakukan, pengukuran ini ditujukan untuk membantu memetakan konsekuensi apa saja yang akan terjadi jika insiden tersebut benar terjadi. Daftar risiko juga akan membantu dalam melakukan mitigasi dari insiden yang terjadi. Evaluasi dilakukan waktu dua minggu. Hasil evaluasi menunjukan bahwa implementasi SIEM berjalan dengan baik, dan belum pernah terjadi insiden.

Implementasi SIEM dan mitigasi risiko yang telah dilakukan, diharapkan dapat menjadi contoh untuk berkontribusi di berbagai macam industri. Sehingga kasus kebocoran informasi akibat dari ilegal akses dapat berkurang secara signifikan dan pengelolaan terhadap akses ke perangkat fisik maupun perangkat *virtual (cloud)* dapat dengan mudah dilakukan pengendaliannya. Selain SIEM, implementasi EWS juga mempercepat tindakan jika terjadi pelanggaran maupun penanganan insiden. Jika terjadi insiden / pelanggaran, maka tim investigator akan dengan mudah melakukan investigasi dari catatan peristiwa yang telah diamankan melalui implementasi CLM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ISO/IEC, Information Security – Cyber Security and Privacy Protection – Information Security Management Systems – Requirement (27001), 2022
- [2] Berita kebocoran informasi di Indonesia dari Kompas.com, <https://tekno.kompas.com/read/2022/12/29/09020067/kasus-data-bocor-di-indonesia-sepanjang-2022-dari-pln-pertamina-hingga-aksi?page=all> – diakses pada tanggal 3 April 2023
- [3] Berita kebocoran informasi di Indonesia dari CNN Indonesia, <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20221230125430-192-894094/10-kasus-kebocoran-data-2022-bjorka-dominan-ramai-ramai-bantah> diakses pada tanggal 3 April 2023
- [4] Rekapitulasi daftar kejahatan siber tahun 2022 dari katadata.com, <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/09/08/daftar-kejahatan-siber-yang-paling-banyak-dilaporkan-ke-polisi> diakses pada tanggal 3 April 2023
- [5] Adabi Raihan Muhammad, et-al, Integrated Security Information and Event Management (SIEM) with Intrusion Detection System (IDS) for Live Analysis based on Machine Learning, *Procedia Computer Science*, Volume 217, Pages 1406-1415, 2023
- [6] Van der Merwe A, et-al, Guidelines for Conducting Design Science Research in Information Systems, *Communications in Computer and Information Science book series (CCIS)*, pp. 163-178, 2020.
- [7] Kirsty Williamson, Graeme Johanson, *Research Methods Information, Systems and Context (Second Edition)*, Chandos Publishing, 2018
- [8] ISACA. COBIT 5 for RISK. United States of America: ISACA, 2013
- [9] Miloslavskaya, Natalia. Analysis of SIEM Systems and Their Usage in Security Operations and Security Intelligence Centers. Conference: First International Early Research Career Enhancement School on Biologically Inspired Cognitive Architectures, Agustus 2018
- [10] Lipilini, J and Baiardi F, A Simulation Based SIEM Framework to Attribute and Predict Attacks, Pisa University Press, Oct 2015
- [11] González-Granadillo, G.; González-Zarzosa, S.; Diaz, R. Security Information and Event Management (SIEM): Analysis, Trends, and Usage in Critical Infrastructures. *Sensors Vol. 21*, 2021
- [12] A. Vazão, L. Santos, M. B. Piedade and C. Rabadão, "SIEM Open Source Solutions: A Comparative Study," Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, 2019
- [13] Ahmadian Ramaki, Ali & Ebrahimi Atani, Reza. A survey of IT early warning systems: architectures, challenges, and solutions. *Security and Communication Networks*. 2016
- [14] Baneres, D.; Guerrero-Roldán, A.E.; Rodríguez-González, M.E.; Karadeniz, A. A Predictive Analytics Infrastructure to Support a Trustworthy Early Warning System. *MDPI, Journal Applied. Sciences*. 2021
- [15] Abhinav Mehrotra, Mirco Musolesi, Intelligent Notification Systems: A Survey of the State of the Art and Research Challenges, *ArXiv, Computer Science*, 2017

- [16] Joshi M, Hadi T, A Review of Network Traffic Analysis and Prediction Techniques, CoRR (2015).
- [17] Sulaman, Sardar & Weyns, Kim & Höst, Martin. A Review of Research on Risk Analysis Methods for IT Systems. ACM International Conference Proceeding Series, 2013.
- [18] Mohammad, Sikender Mohsienuddin, Risk Management in Information Technology, SSRN 2020.
- [19] ISACA, RISK IT Framework, 2015
- [20] Barret, Shaun. Effects of Information Technology Risk Management and Institution Size on Financial Performance, Dissertation Doctoral Thesis, Walden Universtiy, 2016



SMART BUILDINGS MENGGUNAKAN HYPERLEDGER FABRIC BLOCKCHAIN UNTUK MANAJEMEN TRANSAKSI DAN PEMODELAN 3D

Siti Asmiatun¹, Astrid Novita Putri², Badroe Zaman³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Semarang
Tlogosari, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia 50196
siti.asmiatun@usm.ac.id, astrid@usm.ac.id, badroezaman@usm.ac.id

Abstract

Home construction or home renovation must consider many complex factors. That is because there will be errors / human errors that occur. The impact of that will cause losses to architectural services and eliminate dissatisfied customer trust. Another problem is that customers use intermediaries or third parties in the home construction/renovation process, increasing funds. That is because the process of building/renovating the house is different from others. This research utilizes a hyper ledger fabric blockchain and intelligent building technology to manage architect and consumer management without intermediaries. Technology can manage home construction/renovation through information on 3-dimensional house plans, initial home budgets, prices for building materials, and daily material needs. The purpose is to monitor the building/renovation of a house without a third party. This study uses the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) Development Method to make its application. Meanwhile, blockchain technology is applied using Hyperledger Fabric Software. This research can increase trust and benefit both the customer and the developer. The results of this study are that by making block numbers 65 – 66, it is recorded that each transaction has a processing time from 2022-08-14 02:32:47 to 2022-08-14 02:32:50; it takes approximately.

Keywords: 3D Modeling, Blockchain, Hyperledger Fabric, Smart Building, Tracking Transaction Management

Abstrak

Pembangunan rumah atau renovasi rumah harus mempertimbangkan banyak faktor yang kompleks. Hal ini dikarenakan akan ada kesalahan/*human-error* terjadi. Dampak dari itu akan menimbulkan kerugian pada jasa arsitek dan menghilangkan kepercayaan *customer* yang tidak puas. Salah satu masalah yang lain adalah *customer* yang menggunakan pihak perantara atau pihak ketiga dalam proses pembangunan/renovasi rumah, sehingga mengakibatkan pembengkakan dana. Hal ini dikarenakan proses pembangunan/renovasi rumah tidak sesuai dengan keinginan *customer*. Penelitian ini memanfaatkan suatu teknologi *hyperledger fabric blockchain* dan *smart building* yang digunakan untuk mengelola manajemen arsitek dan konsumen tanpa perantara. Teknologi ini dapat mengelola manajemen pembangunan/renovasi rumah melalui informasi denah rumah 3 dimensi, anggaran dana awal rumah, informasi harga bahan bangunan, dan kebutuhan material setiap harinya. Tujuan dari penelitian ini untuk memantau proses pembangunan rumah/ renovasi tanpa pihak ketiga. Penelitian ini menggunakan Metode Pengembangan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) untuk membuat aplikasinya. Sedangkan untuk penerapan teknologi *blockchain* menggunakan *Software Hyperledger Fabric*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan dan dapat menguntungkan kedua belah pihak antara *customer* dan *developer*. Dari hasil penelitian ini menghasilkan sebuah sistem manajemen transaksi dan pemodelan 3D arsitek. Hasil pengujian data *block number* 65 – 66 tercatat setiap transaksi memiliki waktu proses dari 02:32:47 sampai 02:32:50, dengan begitu transaksi ini membutuhkan waktu 3 detik. Sedangkan hasil pengujian *White Box* sistem ini dapat berjalan sesuai dengan alur program dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna.

Kata kunci: 3D Modeling, Blockchain, Hyperledger Fabric, Smart Building, Tracking Transaction Management

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan rumah atau renovasi rumah harus mempertimbangkan banyak faktor yang kompleks. Hal ini dikarenakan akan ada kesalahan / *human error* terjadi.

Dampak dari itu akan menimbulkan kerugian pada jasa arsitek dan menghilangkan kepercayaan *customer* yang tidak puas [1]. Salah satu masalah yang lain adalah *customer* yang menggunakan pihak perantara atau pihak ketiga dalam

proses pembangunan rumah/ renovasi tidak mengerjakan proses pembangunan rumah sesuai dengan keinginan *customer*. Hal ini mengakibatkan pembengkakan dana dalam pembangunan/renovasi rumah. Permasalahan tersebut dapat dihindari dengan pengelolaan data manajemen progres harian kegiatan arsitek. Dengan demikian dapat menghasilkan kepuasan *customer* karena pengerjaannya transparan.

Dynamic Supply Chain (DSC) merupakan istilah untuk arsitek yang dapat secara langsung menjual jasa produknya ke manufaktur, distributor atau ke konsumen tanpa perantara[2]. Dengan tanpa perantara, arsitek dapat menjual jasa dengan informasi yang terarah. Konsumen juga dapat berkomunikasi dan bertransaksi langsung dengan arsitek tanpa perantara[3].

Saat ini banyak pengembang yang masih menggunakan manajemen pengelolaan pembangunan /renovasi rumah melalui pihak ketiga. Sehingga hubungan informasi dan transaksi antara produsen material, arsitek, dan konsumen menjadi lebih lambat. Teknologi *Hyperledger Fabric Blockchain* dapat menciptakan mata uang *bitcoin* untuk menyimpan transaksi dalam catatan terdesentralisasi yang dapat diketahui oleh aktor[4][5]. Sehingga pihak yang terlibat dapat menyimpan dengan aman dan transparan karena melalui proses enkripsi dan verifikasi dari semua pihak terkait[6]. Cara ini akan mereduksi waktu, biaya, tenaga kerja, keterkaitan pihak ketiga dalam setiap transaksi pemasokan. *Customer* juga dapat memeriksa kebenaran atau status apa pun dari produk yang masuk dan memantau asal usul informasi produk tersebut untuk mengamankan data transaksi.

Beberapa penelitian terkait mengenai tema ini adalah Sering terjadi permasalahan manajemen informasi konstruksi yaitu catatan konstruksi, pekerjaan yang dilakukan, jumlah material tercatat, fase pemeliharaan fasilitas[7]. Sehingga perlunya mengidentifikasi area aplikasi potensial, siklus hidup konstruksi, pengetahuan manajemen proyek, dan evaluasi proyek[8]. Pada desain percetakan 3Dimensi merupakan inovasi baru dalam memfasilitasi pasar desain pabrik manufaktur[9].

Permasalahan lainnya adalah *supply chain management* dalam pencatatan data di lapangan seperti Penundaan, Kemacetan, Komunikasi yang buruk dan kurangnya akuntabilitas diperlukan suatu teknologi integrasi rantai pasok yang dapat mengurangi kemacetan dalam rantai pasokan, mencegah pencurian data, keaslian produk (membedakan bagian asli, *copy* atau palsu)[10][11]. Teknologi ini dapat meningkatkan kolaborasi dari berbagai pihak kepentingan, mengurangi waktu tunggu, meningkatkan transparansi, keterlacakan, efisiensi, kepercayaan, transparansi dan peraturan, keterbatasan waktu, dan memudahkan pengumpulan data primer[12][13].

Model Informasi pada *smart building* saat ini mendukung pengambilan keputusan pada setiap prosesnya. Pengembang memberikan solusi menggunakan desain “*Smart Building*” dalam mendesain beberapa bangunan *Dynamics BIM*[14]. Konsep *smart building* mengukur kinerja secara inovasi untuk berinteraksi dengan sistem bangunan dalam memonitoring dan merespons keadaan[15].

Smart Building dan *Smart City* menawarkan konsep penyelesaian masalah menggunakan *blockchain* yang digunakan untuk manajemen proyek konstruksi, rantai pasok dan *real estate*. Teknologi ini untuk menghindari malpraktek terkait dengan sipil karena terdapat transparansi data dengan Kontrol akses gedung, pengelolaan peralatan dan bangunan[16]. Adapun *decentralized* digunakan untuk akses kontrol meta data dan *smart contract* pada *blockchain* yang dimanfaatkan sebagai sistem kontrol karyawan dalam mode kontrol karyawan, *Query API* dan *Simulated BACnet API*[17].

Smart Buildings dikembangkan menggunakan *blockchain* dan IoT untuk mentransfer informasi dan pengelolaan data dalam akses kontrol, energi, *mobile tools*, *building* kontrol, dan *environmental protection*[18].

Teknologi *blockchain* memiliki potensi untuk mendesain 3D ke 7D dalam bidang building informasi. Hal ini untuk memantau bahan konstruksi dan mengotomatisasi proses logistik. [19] Pengembangan integrasi kebutuhan dalam ekosistem bangunan pintar[20]. Teknologi BIM, IoT, dan *blockchain* terintegrasi dalam desain *smart building* untuk mengelola data dan informasi 3D Model *virtual*. Tujuannya untuk keselamatan manusia dan keamanan data dalam mendukung transformasi digital dunia industri[21].

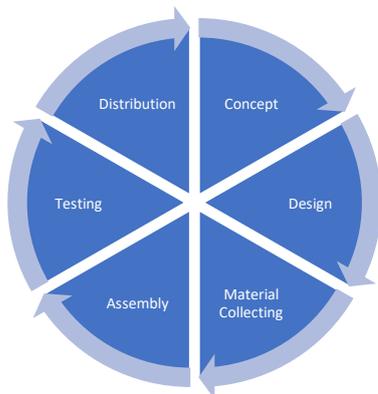
Pada perkembangannya, *blockchain* berkembang dalam *Digital Twin* (DT) dengan mengembangkan representasi digital dari fisik dunia nyata komponen, produk, atau peralatan. DT dapat digunakan untuk desain 3-D, pengujian, simulasi, dan pembuatan prototipe sebelum pembuatan komponen fisik. Setelah komponen fisik beroperasi, DT dapat digunakan untuk konfigurasi, pemantauan, diagnostik, dan prognostik dengan memanfaatkan penyimpanan IPFS terdesentralisasi *server* untuk menyimpan detail DT[22]. Perkembangan *blockchain* menggunakan *Hyperledger fabric* juga dapat diusulkan dalam mengelola kualitas informasi yang transparan dengan menggunakan *smart contract*[23].

Dengan adanya *blockchain* diharapkan dapat menyelesaikan masalah di atas untuk mendapatkan keputusan bersama dan transparansi data. Sehingga dapat menghindari kerugian finansial dan penipuan serta pihak ketiga[24][25][26]. Teknologi IoT dan buku besar *blockchain* alih-alih pencatatan dan verifikasi manual, yang dapat mengurangi interaksi dengan manusia[27]. Teknologi *blockchain* ini dapat dimanfaatkan untuk pencetakan data 3D[28].

Tujuan jurnal ini adalah menerapkan suatu teknologi *Hyperledger Fabric Blockchain* yang digunakan untuk mengelola manajemen arsitek dan konsumen tanpa perantara. Pengelolaan pembangunan/renovasi rumah dengan memanajemen informasi denah rumah 3 dimensi, anggaran dana awal rumah, informasi harga bahan bangunan, dan kebutuhan material setiap harinya. Sehingga proses pembangunan atau renovasi rumah dapat di-tracking dan terpantau secara transparan dan terjamin tanpa pihak ketiga. Penelitian ini menggunakan Metode Pengembangan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) untuk membuat aplikasinya. Sedangkan untuk penerapan teknologi *blockchain* menggunakan *Software Hyperledger Fabric*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan dan dapat menguntungkan kedua belah pihak antara *customer* dan *developer*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode untuk pengembangan aplikasi. Metode yang digunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Metode ini diperkenalkan oleh Luther, dan dikembangkan lebih lanjut oleh Sutopo seperti yang telah dipaparkan pada penelitian Mulyani dan Andi tentang pengembangan sistem informasi kuliner berbasis Android. Metode ini memiliki 6 tahapan yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing* dan *distribution*. MDLC seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. MDLC

Penjelasan tahapan MDLC pada gambar 1 di atas adalah sebagai berikut :

a. *Concept*

Dalam tahapan ini ada beberapa tahap yang diperhatikan antara lain:

1. Menganalisis kebutuhan dan kesepakatan Arsitek dan Konsumen dan mengkomunikasikannya pada pihak terkait.
2. Manajemen *Hyperledger Fabric Blockchain* ini berjalan dan dioperasikan melalui aplikasi android dan PC.

b. *Design*

Pada tahapan ini dibuat spesifikasi secara rinci dalam perancangan sebuah *website*. Pembuatan desain rancangan aplikasi bagi menjadi 2 yaitu :

1. *Design Prosedural*

Perancangan desain *Hyperledger Fabric Blockchain* tidak luput menggunakan desain prosedural untuk menentukan urutan atau alur dalam mengakses setiap fungsi yang ada dalam aplikasi ini.

2. *Material Collecting*

Material collecting adalah tahapan pengumpulan materi/bahan, yang dalam hal ini pembuatan *Hyperledger Fabric Blockchain* menggunakan gambar denah rumah 3Dimensi sebagai materi utamanya. Gambar diambil dari beberapa lokasi yang ini dimasukkan ke dalam *hyperledger fabric* dan pengelolaan setiap kegiatan pembangunan rumah atau renovasi rumah yang ada.

c. *Assembly*

Setelah melakukan identifikasi dan perancangan keseluruhan desain dan arsitektur sistem pada tahapan sebelumnya. Pada tahap ini pengembang akan mengubah hasil desain tersebut menjadi kode program *hyperledger fabric*, web yii2 dan blender 3d yang nantinya akan diintegrasikan menjadi sebuah sistem aplikasi yang utuh.

d. *Testing*

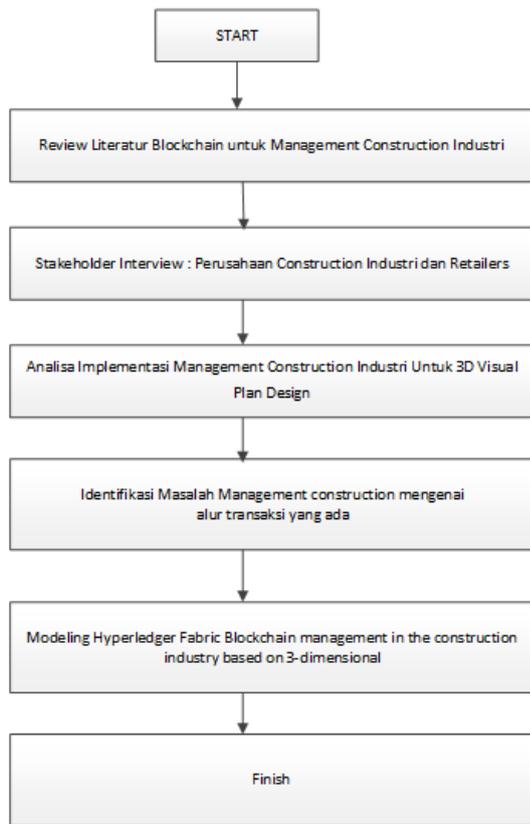
Pada tahapan ini kode pemrograman dan modul sistem yang telah dirancang akan diintegrasikan menjadi sebuah sistem yang lengkap dan juga dilakukan pengujian terhadap fungsionalitas sistem yang telah dibuat dan melakukan pengujian performa transaksi penyimpanan data pada jaringan publik *Hyperledger Fabric Blockchain*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan penelitian ini dimulai dari tahapan konsep sampai dengan pengujian. Berikut adalah tahapannya :

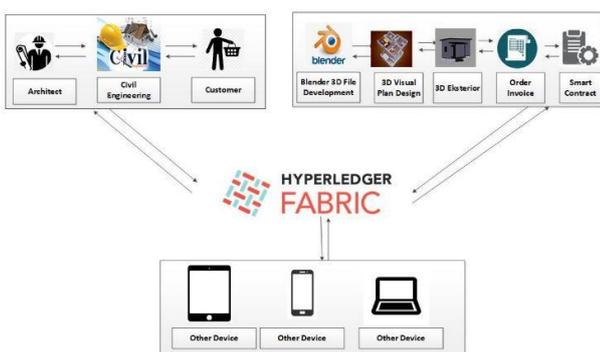
3.1 *Concept*

Tahapan penelitian ini yaitu dimulai dengan mencari literatur tentang *blockchain* arsitek, bertemu *stakeholder*, menganalisis *plan desain*, identifikasi masalah dan identifikasi transaksi dan *modeling* ke *hyperledger fabric*. Tahapan penelitian dapat terlihat pada gambar 2 di bawah ini : [29]



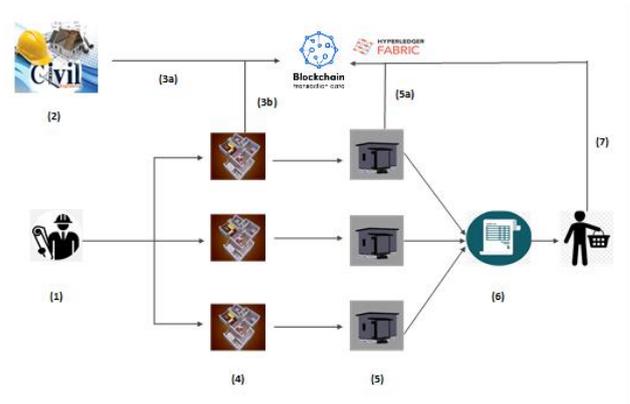
Gambar 2. Research Workflow

Pada gambar 3 terdapat alur desain 3D arsitek menggunakan *hyperledger fabric*. Aktor yang terlibat meliputi Arsitek, *Civil Engineering*, dan *Customer*. Alur transaksi yang dilakukan adalah menggambar desain denah rumah menggunakan *Blender 3D File Development* untuk menghasilkan *3D Visual Plan Design* dan *3D Eksterior*. Kemudian transaksi akan disimpan pada *hyperledger fabric blockchain*.



Gambar 3. Alur Desain 3D dalam Perusahaan Construction

Aktor yang terlibat dapat melakukan proses *Report Construction Industri*, *Check & Update Status 3D Visual Plan*, *Input Data 3D Visual Plan Design*, *Input Data 3D Eksterior*, *Input Data 3D Eksterior*, *Process Invoice* dan *Check & Update Status Konsumen* seperti gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Proposed Blockchain Process

Process Description :

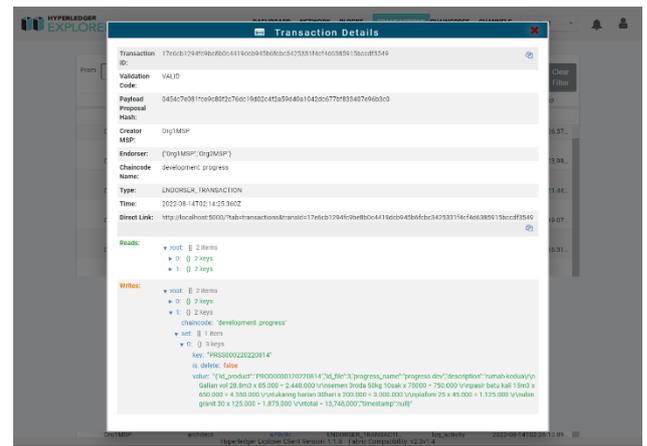
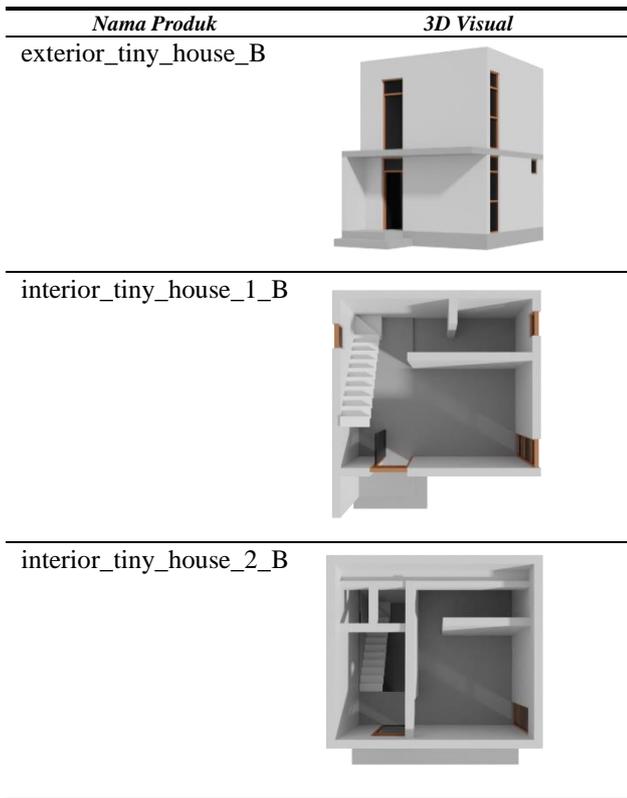
- (1) Arsitek
- (2) Construction Industri
- (3a) Report Construction Industri process
- (3b) Check & Update Status 3D Visual Plan
- (4) Input Data 3D Visual Plan Design
- (5) Input Data 3D Eksterior
- (5a) Check & Update Status 3D Eksterior
- (6) Process Invoice
- (7) Check & Update Status Konsumen

3.2 Design

Pada proses memvisualisasikan gambar denah rumah dalam bentuk 3 Dimensi (3D). Adapun visualisasi 3D denah rumah meliputi bagian *exterior* dan *interior* yang dibuat menggunakan *blender 3D*. Obyek 3D tersebut sebagai data masukkan ke dalam *hyperledger fabric* untuk pengelolaan proyek pembangunan atau renovasi rumah terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Software dan Hardware

Nama Produk	3D Visual
exterior_tiny_house	
interior_tiny_house	

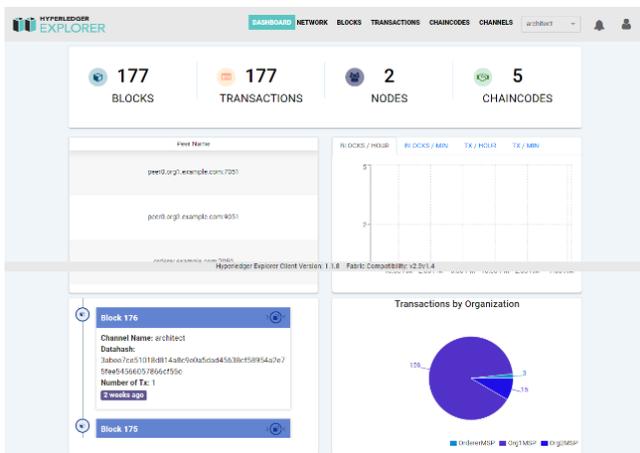


Gambar 6. Detail Transaksi pada Blockchain

Pada tahap ini merupakan rencana yang akan dilakukan pengujian terhadap aplikasi 3D arsitek produk. Langkah pengujian dilakukan penambahan produk 3D arsitek. Selanjutnya pihak konsumen melakukan order transaksi sesuai dengan 3D arsitek yang tersedia, sehingga akan tercatat *log* aktivitas transaksi. Adanya transaksi dalam aplikasi 3D arsitek yang dilakukan oleh konsumen dan direspons oleh admin, maka dengan itu akan tercatat dalam *Hyperledger Explorer Blockchain*.

3.3 Assembly

Tampilan awal *Hyperledger Blockchain Fabric* terlihat pada gambar 5 di bawah ini :

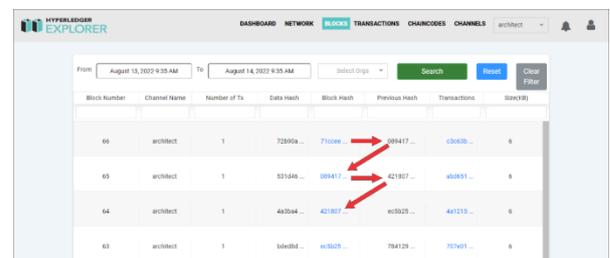


Gambar 5. Hyperledger Explorer Blockchain

Dari gambar di atas terdapat 177 Blocks, 177 transaction dan 2 nodes dan 5 chaincodes. Dari setiap transaksi *hyperledger blockchain fabric* menyimpan suatu record berisi ID transaksi, *Vallidation Code*, *Payload Proposal Hash*, *Creator MSP*, *Endorser*, *Chaincode Name*, *Type*, *Time*, *Direct link*, *reads*, dan *writes*. Hasil transaksi seperti gambar 6 di bawah ini :

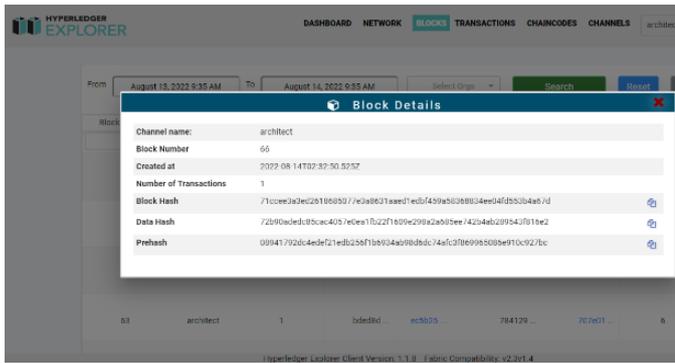
3.4 Testing

Pada tahap ini merupakan rencana yang akan dilakukan pengujian terhadap aplikasi 3D arsitek produk. Pengujian ini menggunakan pengujian skenario dan pengujian *white box*. Tahapan pengujian skenario dengan memberikan skenario transaksi yang dilakukan oleh pihak konsumen. Konsumen melakukan order transaksi sesuai dengan 3D arsitek yang tersedia, sehingga akan tercatat *log* aktivitas transaksi. Adanya transaksi dalam aplikasi 3D arsitek yang dilakukan oleh konsumen dan direspons oleh admin, maka dengan itu akan tercatat dalam *Hyperledger Explorer Blockchain*. Setiap transaksi, data akan tercatat pada *blockchain Hyperledger*.



Gambar 7. Development Progress

Pada gambar 7 di atas terlihat jelas bahwa terdapat *block hash* dan *preview hash*, pada *block hash* 71cc3e3a3ed2618685077e3a8613aaed1edbf459a58368834ee04fd553b4a67d tercatat dengan waktu 2022-08-14 02:32:50



Gambar 8. Block Details Block Hash

Setiap detail aktivitas *blocks* seperti gambar 8 di atas telah menyimpan *channel name*, *block number*, *created at*, *number of transactions*, *block hash*, *data hash*, *prehash*.

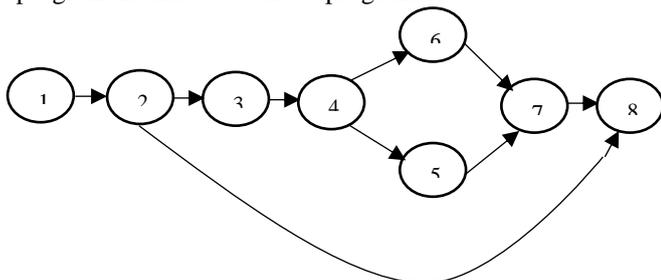
Dari *block number* 65 – 66 tercatat setiap transaksi dengan waktu proses dari 2022-08-14 02:32:47 sampai 2022-08-14 02:32:50. Ketika menyimpan data transaksi ini hanya membutuhkan waktu sekitar kurang lebih 3 detik. Selanjutnya untuk memastikan sistem ini dapat digunakan oleh pengguna dengan baik, penulis akan melakukan pengujian *white box*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Pengujian White Box

```

async GetAllAssets(ctx) {
  const allResults = [];
  1  const iterator = await ctx.stub.getStateByRange("",
    "");
    let result = await iterator.next();
  2  while (!result.done) {
    const strValue =
  3  Buffer.from(result.value.value.toString()).toString('u
    tf8');
    let record;
  4    try {
  5    record = JSON.parse(strValue); }
  6  catch (err) { console.log(err); record = strValue; }
  7  allResults.push(record);
    result = await iterator.next();
  8  return JSON.stringify(allResults);
}
    
```

Kode program di atas merupakan alur dari fungsi untuk menampilkan *asset*. Untuk menguji kode program di atas harus diubah ke dalam *node* yang sesuai dengan alur program. Berikut *node* kode program di atas :



Gambar 8. Path Logic

Node (N) = 8 Lingkaran
Edge (E) = 9 tanda panah
Predicate = 2 kondisi

Cyclomatic Complexity digunakan untuk mencari jumlah *Path* pada *Flowgraph* dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 V(G) &= E - N + 2 & V(G) &= P + 1 \\
 &= 9 - 8 + 2 & &= 2 + 1 \\
 &= 3 & &= 3
 \end{aligned}$$

Sehingga *Cyclomatic Complexity* adalah 3 *path* atau jalur

- a. 1-2-3-4-6-7-8 (*failed*)
- b. 1-2-3-4-5-7-8 (*success*)
- c. 1-2-8 (*failed*)

4. KESIMPULAN

Pengelolaan manajemen arsitek dan konsumen dilakukan dengan menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain* sebagai media pengamanan data dan penyimpanan *database* yang telah terenkripsi. Setiap pembuatan produk dalam *website* arsitek dan order transaksi dari konsumen akan tercatat dalam *log activity*. Data yang digunakan dalam proses transaksi menggunakan data 3D visual dari gambar denah rumah menggunakan Blender 3Dimensi. Teknologi ini diharapkan dalam proses kegiatan pembangunan/renovasi rumah dapat dikelola dengan manajemen informasi denah rumah 3 dimensi, anggaran dana awal rumah, informasi harga bahan bangunan, dan kebutuhan material setiap harinya. Sehingga proses pembangunan atau renovasi rumah dapat di-*tracking* dan terpantau proses pembangunan rumah/ renovasi yang transparan dan terjamin tanpa pihak ketiga. Dari hasil pengujian data *block number* 65 – 66 tercatat setiap transaksi memiliki waktu proses dari 02:32:47 sampai 02:32:50, dengan begitu transaksi ini membutuhkan waktu 3 detik. Sedangkan hasil pengujian *White Box* sistem ini dapat berjalan sesuai dengan alur program yang diinginkan. Untuk penelitian selanjutnya sistem ini perlu dikembangkan lebih detail fungsionalnya dan diujikan melalui *User Acceptance Test* sehingga dapat terlihat dengan jelas apakah sistem ini dapat memenuhi kebutuhan pengguna atau tidak.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. H. Cahyana, et al., “Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan Penentuan Biaya Pembangunan Rumah,” *Seminar Nasional Informatika 2008, Yogyakarta, Indonesia, 2008* [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/semnasif/article/view/772>.
- [2] S. Perera, et al., “Blockchain technology: Is it hype or real in the construction industry?,” *Elsevier*, 2020, doi: 10.1016/j.jii.2020.100125.
- [3] B. Ageron, et al., “Digital supply chain: challenges

- and future directions,” *Supply Chain Forum: An International Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 133–138, 2020, doi: 10.1080/16258312.2020.1816361.
- [4] S. Saberi, et al., “Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management,” *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 7, pp. 2117–2135, 2019, doi: 10.1080/00207543.2018.1533261.
- [5] K. Korpela, J. Hallikas, and T. Dahlberg, “Digital supply chain transformation toward blockchain integration,” 2017, Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/41666>.
- [6] H. Subramanian, “Decentralized blockchain-based electronic marketplaces,” *Communications of the ACM*, vol. 61, no. 1, pp. 78–84, Jan. 2018, doi: 10.1145/3158333.
- [7] Ž. Turk, R. Klinc, “Potentials of blockchain technology for construction management,” *Elsevier*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581733179X>.
- [8] K. Kim, G. Lee, S. Kim, “A study on the application of blockchain technology in the construction industry,” *KSCE J Civ Eng*, vol. 24, no. 9, pp. 2561–2571, 2020, doi: 10.1007/s12205-020-0188-x.
- [9] M. Klöckner, S. Kurpjuweit, C. Velu, and S. M. Wagner, “Does Blockchain for 3D Printing Offer Opportunities for Business Model Innovation?,” *Res. Technol. Manag.*, vol. 63, no. 4, pp. 18–27, Jul. 2020, doi: 10.1080/08956308.2020.1762444.
- [10] M. Holland, J. Stjepandić and C. Nigischer, “Intellectual Property Protection of 3D Print Supply Chain with Blockchain Technology,” 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Stuttgart, Germany, 2018, pp. 1–8, doi: 10.1109/ICE.2018.8436315.
- [11] F. Engelmann, M. Holland, C. Nigischer, and J. Stjepandić, “Intellectual property protection and licensing of 3d print with blockchain technology,” *Adv. Transdiscipl. Eng.*, vol. 7, pp. 103–112, 2018, doi: 10.3233/978-1-61499-898-3-103.
- [12] O. Rodríguez-Espíndola, S. Chowdhury, A. Beltagui, and P. Albores, “The potential of emergent disruptive technologies for humanitarian supply chains: the integration of blockchain, Artificial Intelligence and 3D printing,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 15, pp. 4610–4630, Aug. 2020, doi: 10.1080/00207543.2020.1761565.
- [13] e V. Hargaden, N. Papakostas, A. Newell, A. Khavia and A. Scanlon, “The Role of Blockchain Technologies in Construction Engineering Project Management,” 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Valbonne Sophia-Antipolis, France, 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICE.2019.8792582.
- [14] A. Volkov, E. B.-P. Engineering, and undefined 2015, “Dynamic extension of building information model for ‘smart’ buildings,” *Elsevier*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581501406X>.
- [15] J. Al Dakheel, C. Del Pero, N. Aste, F. L.-S. C. and, and undefined 2020, “Smart buildings features and key performance indicators: A review,” *Elsevier*, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102328.
- [16] V. Plevris, N. D. Lagaros, and A. Zeytinci, “Blockchain in Civil Engineering, Architecture and Construction Industry: State of the Art, Evolution, Challenges and Opportunities,” *Front. Built Environ.*, vol. 8, Mar. 2022, doi: 10.3389/FBUIL.2022.840303/PDF.
- [17] L. Bindra, C. Lin, E. Stroulia and O. Ardakanian, “Decentralized Access Control for Smart Buildings Using Metadata and Smart Contracts,” 2019 IEEE/ACM 5th International Workshop on Software Engineering for Smart Cyber-Physical Systems (SEsCPS), Montreal, QC, Canada, 2019, pp. 32–38, doi: 10.1109/SEsCPS.2019.00013.
- [18] K. Siountri, E. Skondras, D. V.-I. J. of, and undefined 2020, “Developing smart buildings using blockchain, internet of things, and building information modeling,” *igi-global.com*, 2020, doi: 10.4018/IJITN.2020070101.
- [19] P. Akhavan, M. Ravanshadnia, A. Shahrayini, “Blockchain technology in the construction industry: integrating BIM in project management and IOT in supply chain management,” *researchgate.net*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Ashkan_Shahrayini/publication/350470148_Blockchain_Technology_in_the_Construction_Industry_Integrating_BIM_in_Project_Management_and_IOT_in_Supply_Chain_Management/links/60620c68299bf1736779341b/Blockchain-Technology-in-the-Construction-Industry-Integrating-BIM-in-Project-Management-and-IOT-in-Supply-Chain-Management.pdf.
- [20] G. Pinto, Z. Wang, A. Roy, T. Hong, A. Capozzoli, “Transfer learning for smart buildings: A critical review of algorithms, applications, and future perspectives,” *Elsevier*, vol. 5, 2022. Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666792422000026>.
- [21] I. Lokshina, M. Greguš, W. L. Thomas, “Application of integrated building information

- modeling, IoT and blockchain technologies in system design of a smart building,” *Elsevier*, vol. 160, pp. 497-502, 2019. Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919317582>.
- [22] H. R. Hasan et al., "A Blockchain-Based Approach for the Creation of Digital Twins," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 34113-34126, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2974810.
- [23] B. Zhong, H. Wu, L. Ding, H. Luo, Y. Luo, and X. Pan, "Hyperledger fabric-based consortium blockchain for construction quality information management," *Front. Eng. Manag.*, vol. 7, no. 4, pp. 512–527, Dec. 2020, doi: 10.1007/S42524-020-0128-Y.
- [24] S. Belikovetsky, O. Leiba, A. Shabtai, Y. E. preprint arXiv, and undefined 2019, "3D marketplace: Distributed attestation of 3D designs on blockchain," *arxiv.org*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1908.06921>.
- [25] A. Boonpheng, et al., "Blockchain technology and cryptocurrency are databases for contract management in construction engineering," *academia.edu*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/66520950/IJARET_12_01_098.pdf.
- [26] A. Boonpheng, W. Kongsong, N. Usahanunth, and C. Pooworakulchai, "Bringing blockchain technology to construction engineering management," *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, vol. 9, no. 1, pp. 172-177, 2020.
- [27] J. Lin, W. Long, A. Zhang and Y. Chai, "Blockchain and IoT-based architecture design for intellectual property protection," in *International Journal of Crowd Science*, vol. 4, no. 3, pp. 283-293, September 2020, doi: 10.1108/IJCS-03-2020-0007.
- [28] S. Ragot, A. Rey, R. Shafai, "IP lifecycle management using blockchain and machine learning: Application to 3D printing datafiles," *Elsevier*, Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0172219019301802>.
- [29] C. Hebert, F. D. Cerbo, "Secure blockchain in the enterprise: A methodology," *Elsevier*, Accessed: Mar. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119218307193>.



IMPLEMENTASI METODE *CLARKE AND WRIGHT SAVINGS* DALAM PENYELESAIAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* DI PT. ADIGUNA GASINDO

Misbahul Munir¹, Muchamad Kurniawan², Moch. Kalam M³, Indah Setyawati⁴

¹ Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

^{2,4} Teknik Informatika, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

³ Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Surabaya, Jawa Timur, 60117

munir@itats.ac.id, muchamad.kurniawan@itats.ac.id, kalam@itats.ac.id, indahsetyawati@gmail.co.id

Abstract

A vehicle routing problem (VRP) is a problem in finding the most optimal route with the addition of a constraint. PT. Adiguna Gasindo is one of the LPG gas agents who needs help in shipping to agents, the problem is that there is a limit to the amount of LPG cargo that can be transported. In this research, we will solve the LPG delivery problem by optimizing distance and cost. The Clarke and Wright Savings Method, commonly known as the Saving Matrix, will be implemented to complete VRP. In this study, the distance approaches are the nearest insert and nearest neighbor. The test scenarios were carried out using three types of vehicles with different capacities, namely small (225 kg), medium (275 kg), and large (480 kg). The results obtained will be compared with the actual results (routes done) due to validation. From the results of 90 different scenarios, the results obtained by vehicles with large loads are those of vehicles that get the most optimal route in terms of distance and cost. The saving matrix will be more optimal if it is done by adding the nearest insert or nearest neighbor technique.

Keywords: Clarke and Wright Saving, Delivery Route, Nearest Insert, Nearest Neighbor, Saving Matrix, Vehicle Routing Problem

Abstrak

Vehicle routing problem (VRP) merupakan sebuah permasalahan untuk menemukan rute paling optimal dengan tambahan sebuah batasan (*constrain*). PT. Adiguna Gasindo adalah salah satu agen gas LPG. Data yang digunakan pada penelitian adalah data pengiriman harian ke agen-agen disertai data jumlah muatan per kendaraan. Permasalahan pada penelitian ini adalah ketidakefektifan dalam pengiriman gas LPG ke agen-agen. Tujuan penelitian ini adalah menggunakan metode *Saving Matrix* untuk menyelesaikan permasalahan VRP. Metode *Clarke and Wright Savings* atau biasa disebut dengan *Saving Matrix* akan diimplementasikan untuk menyelesaikan VRP. Pada penelitian ini pendekatan jarak yang digunakan adalah *nearest insert* dan *nearest neighbor*. Skenario pengujian yang dilakukan menggunakan tiga jenis kendaraan dengan kapasitas berbeda yaitu kecil (225 kg), sedang (275 kg), dan besar (480 kg). Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil aktual (rute yang pernah dilakukan) sebagai hasil validasi. Perangkat yang digunakan untuk membangun metode ini menggunakan Bahasa Pemrograman Python dengan IDE Jupiter Notebook. Dari 90 hasil skenario yang berbeda hasil yang diperoleh kendaraan dengan muatan besar adalah kendaraan yang mendapat rute paling optimal baik dari jarak dan biaya. *Saving Matrix* akan lebih optimal jika dilakukan dengan penambahan teknik *nearest insert* atau *nearest neighbor*.

Kata kunci: Clarke and Wright Saving, Nearest Insert, Nearest Neighbor, Rute Pengiriman, Saving Matrix, Vehicle Routing Problem

1. PENDAHULUAN

Transportasi mempunyai peranan penting dalam pendistribusian yang nantinya dapat menjamin perpindahan produk ke *customer* di antara berbagai sistem dengan ketepatan waktu dan efisiensi tinggi serta mengurangi biaya distribusi karena hal tersebut dapat meningkatkan

keuntungan perusahaan secara tidak langsung[1]. Secara umum masalah yang dihadapi perusahaan dalam melakukan pengiriman barang antara lain jumlah permintaan yang berfluktuatif, lokasi pelanggan yang berbeda-beda untuk setiap titik, dan keterbatasan kapasitas muatan[2][3]. Semakin ketatnya persaingan dalam produk yang sama,

membuat perusahaan harus menjamin pendistribusian produk yang efisien dan pemanfaatan waktu transportasi yang tepat[4][5]. Sehingga kecepatan dalam penyediaan produk menjadi salah satu keunggulan bersaing dengan kompetitor.

PT. Adiguna Gasindo adalah salah satu agen gas LPG 3 kg di wilayah Surabaya, perusahaan hanya memanfaatkan titik koordinat pada suatu pangkalan untuk mencari lokasi, tidak untuk menentukan rute pengiriman yang tepat. Pemilihan rute yang digunakan oleh perusahaan selama ini hanya berasas pada perkiraan pengemudi dan rute terdekat dari rute yang terakhir dikunjungi. Perusahaan membutuhkan solusi dalam penentuan dan penjadwalan rute pengiriman untuk meminimalisir tenaga, jarak, dan waktu serta biaya transportasi. Maka kegiatan distribusi dalam perusahaan dapat berjalan dengan lebih efisien dan efektif, dalam hal ini permasalahan yang ada pada perusahaan ini termasuk ke dalam masalah *vehicle routing problem* (VRP)[6]–[8]. VRP merupakan masalah penentuan optimal kendaraan dalam pendistribusian barang dari satu atau lebih lokasi asal ke sejumlah lokasi konsumen di tempat yang berbeda-beda dan juga jumlah permintaan yang sebelumnya sudah diketahui serta memenuhi sejumlah kendala. Terdapat berbagai cara penyelesaian VRP, antara lain dengan menggunakan metode *Clarke And Wright Savings* atau biasa disebut dengan *Saving Matrik*[9]–[11].

Saving Matrik merupakan metode yang berfungsi untuk meminimalkan waktu, biaya atau jarak dengan memperhitungkan kendala yang ada[12]. Metode *Saving Matrik* menjamin solusi dalam penentuan rute yang diperoleh merupakan solusi yang optimal dibandingkan dengan algoritma Greedy, karena metode *Saving Matrik* adalah metode *heuristik* dimana metode ini yang paling banyak digunakan untuk mengonstruksi rute [13] dan total jarak yang diperolehnya lebih kecil dari hasil yang diperoleh menggunakan algoritma Greedy[14]. *Saving Matrik* didapatkan dengan cara menggabungkan titik-titik tujuan yang memiliki penghematan jarak yang terbesar dan memperhatikan volume permintaan *customer* di setiap titik agar tidak melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan[15].

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan tersebut, maka tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan rute distribusi optimal agar mendapat jarak dan biaya yang minimum, menghitung jarak yang dihasilkan dengan menggunakan Algoritma *Clark and Wright Savings*, sehingga diketahui apakah metode tersebut memperoleh hasil yang optimal dalam menyelesaikan masalah distribusi LPG di PT Adiguna Gasindo. Dalam penelitian ini, asumsi yang digunakan penulis adalah rute distribusi yang dilewati saat mengirimkan produk dari lokasi X ke lokasi Y dianggap sama dengan rute kembali dari lokasi Y ke lokasi X serta biaya bahan bakar, dan tenaga kerja tetap selama penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dikembangkan sistem yang mengimplementasi konsep *vehicle routing problem* dengan salah satu algoritma yaitu *Clarke and Wright Savings*. Dalam sistem terdapat beberapa proses yang dimulai dari *input*, proses, dan *output* berupa rute yang terbentuk dari beberapa node yang berasal dari data *customer* atau pangkalan.

Data penelitian ini diambil dari data *customer* atau pangkalan yang diperoleh dari Agen gas LPG 3kg yaitu PT Adiguna Gasindo berupa titik-titik setiap pangkalan kemudian dari titik tersebut didapatkan hasil jarak antar pangkalan dan agen, setelah selesai dilanjutkan ke proses menghitung dengan metode *Clarke and Wright Savings* dengan menentukan *node* dan kapasitas muatan terlebih dahulu, ketika perhitungan memenuhi syarat maka terbentuklah rute. Untuk lebih rinci dari langkah-langkah tersebut, akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

2.1 Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Pengujian

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data-data yang diperoleh dari perusahaan berupa informasi dan data sekunder berupa permintaan tiap konsumen, jarak antar toko tiap konsumen, jumlah kapasitas muatan kendaraan yang digunakan dalam pengiriman, serta biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan. Data yang diperoleh kemudian di rekap dan akan di olah untuk selanjutnya digunakan untuk menyelesaikan penelitian dan mendapatkan tujuan penelitian.

2.1.1 Data Jarak Antar *Customer* dan Depot

Untuk mengetahui jarak dari titik depot ke *customer*/pangkalan dan juga sebaliknya, peneliti meminta data secara langsung ke perusahaan berupa odometer dari kendaraan truk secara riil saat perjalanan ke masing–masing *customer* dan juga data jarak dari bantuan Googlemaps, pengukuran jarak antar dua titik dilakukan dengan mengikuti alur pada peta sehingga jarak yang diperoleh mendekati jarak aktual yang ditempuh oleh kendaraan. Jarak dianggap sama, dari titik A ke titik B adalah sama dengan jarak tempuh titik B ke titik A, sehingga matriks yang dihasilkan adalah simetris.

2.1.2 Data Kapasitas Kendaraan

Kendaraan yang digunakan dalam pendistribusian barang ke setiap pangkalan adalah carry pick-up yang bermuatan maksimal 225 tabung LPG 3kg, Mitsubishi L300 bermuatan 275 tabung LPG 3kg dan Truk Canter yang bermuatan 480 tabung LPG 3kg.

2.1.3 Data Jumlah Permintaan

Perusahaan mendistribusikan LPG ke 15 pangkalan atau *customer* di Surabaya, jumlah permintaan berbeda-beda setiap harinya dan tidak ada penambahan konsumen baru,

permintaan setiap pangkalan berkisar 30-70 unit per hari dengan total berat isi per unit 8 kilogram.

2.1.4 Data Penggunaan BBM

Untuk kendaraan yang digunakan dalam pendistribusian menggunakan BBM jenis bensin dengan harga per liter Rp. 7.650 dan per liter nya mampu menempuh jarak sebesar 8 KM untuk carry pick up dan 9KM untuk Mistubishi L300, dan jenis solar dengan harga per liter Rp. 5.150 dan per liternya mampu menempuh jarak sebesar 8 KM (Tabel 1).

2.1.5 Perancangan Skenario Uji Coba

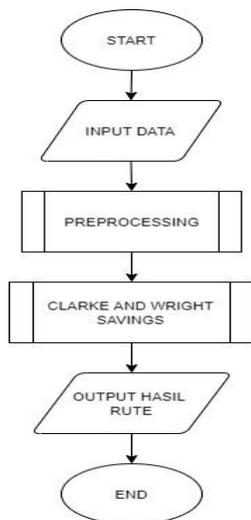
Untuk membuktikan apakah metode *Saving Matrik* cukup efektif, maka dibutuhkan skenario uji coba dengan menggunakan 6-15 *node* sebagai *customer* dan 1 depot sebagai agen pengiriman, dan juga satu kendaraan untuk pengiriman dengan kapasitas angkut yang variatif. Jarak antar *customer* dengan depot sudah diketahui dan dianggap simetris sehingga jarak berangkat dan pulang sama. Pengujian dilakukan dengan membandingkan rute sebelumnya dengan metode yang diusulkan, sehingga hasil yang akan diharapkan nantinya adalah jarak yang paling optimal dengan total jarak terpendek.

Tabel 1. Data Kendaraan dan Kapasitas Angkut

Jenis Kendaraan	Kapasitas Angkut	Jarak Tempuh/Liter	Harga BBM/Liter
Carry Pick Up	225	8km/Liter	Rp. 7.650
Mitsubishi L300	275	9km/Liter	Rp. 7.650
Truk Canter	480	8km/Liter	Rp. 5.150

2.2 Tahapan Penelitian

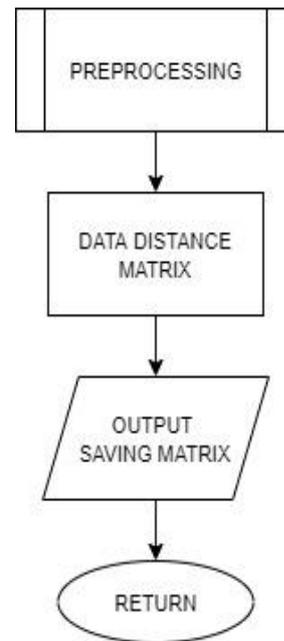
Alur kerja penelitian terdapat 4 tahapan: input data, *pre-processing*, proses penentuan rute dengan metode *Saving Matrik*, dan tahapan terakhir adalah hasil dari rute yang terbentuk. Tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Alur Perancangan Sistem

2.2.1 Pre-processing

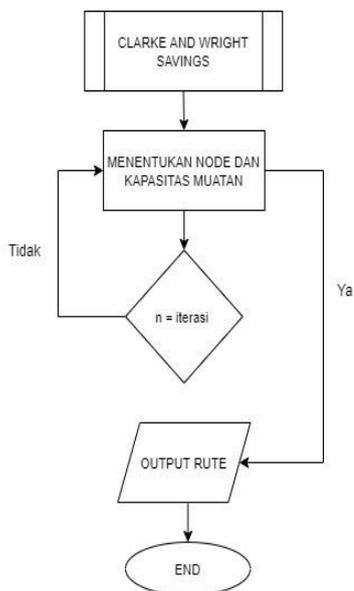
Terdapat beberapa proses yang perlu dilakukan pada *pre-processing*, adapun proses dari *pre-processing* dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 tersebut merupakan desain dari proses awal yaitu *pre-processing*. Dalam tahap *pre-processing* data jarak yang diperoleh dari *Longitude Latitude* diolah sehingga menghasilkan jarak antar pangkalan dan agen berupa kilometer. Kemudian data jarak tersebut diolah kembali sehingga menghasilkan *output Saving Matriks*.



Gambar 2. Flowchart Pre-processing

2.2.2 Saving Matrix – Clarke and Wright

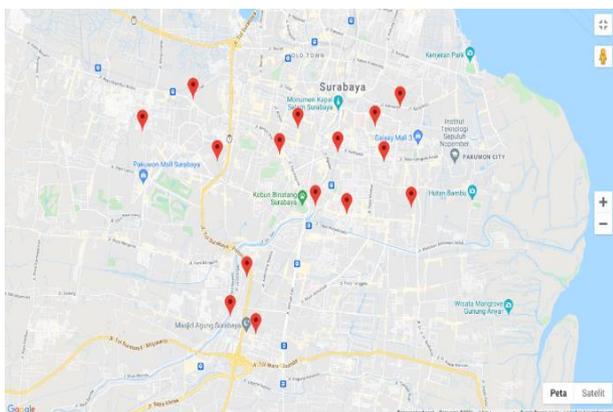
Pada proses *Clarke and Wright Saving*, *node* dan kapasitas muatan ditentukan terlebih dahulu untuk memperoleh sebuah rute. Setelah perhitungan yang dilakukan dan membentuk sebuah iterasi maka *output* yang nantinya dihasilkan adalah rute dengan masing-masing titik dan penomoran setiap titik yang akan dikunjungi. Gambar 3 berikut merupakan desain dan beberapa tahap pada proses *Clarke and Wright Saving*.



Gambar 3. Flowchart Clarke and Wright Saving

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang didapat dari perusahaan berupa jumlah pangkalan, alamat, serta koordinat yang didapat dari Google Maps serta jenis kendaraan dan kapasitas angkut muatan kendaraan tersebut. Total jumlah pangkalan adalah sepuluh pangkalan dengan lokasi yang tersebar di kota Surabaya, setiap pangkalan memiliki masing-masing permintaan setiap harinya dengan jumlah permintaan yang fluktuatif. Titik yang digunakan sebagai pusat pengiriman berjumlah satu dan titik tersebut dinamakan Depot. Hasil presentasi data pada Google Maps dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Presentasi Data pada Google Maps

Dalam tahap ini dilakukan uji coba dengan menggunakan 6 sampai 15 *node* yang mana masing-masing *node* telah ditentukan jumlah permintaannya. Untuk pengiriman menggunakan kendaraan Carry Pick Up yang mampu memuat LPG 3 kg sebanyak 225 tabung, Mitsubishi L300 yang mampu memuat sebanyak 275 tabung, dan Truk Canter yang mampu memuat sebanyak 480 tabung. Tabel 2 merupakan data aktual dari pangkalan dan permintaan pengiriman.

Tabel 2. Data Pangkalan dan Permintaan

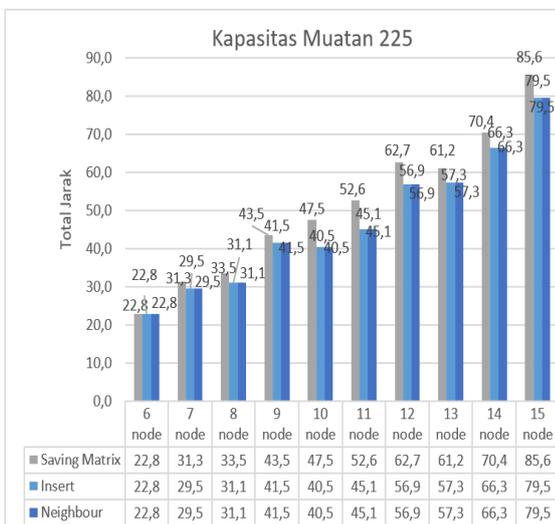
No. Node	Pangkalan	Permintaan
1	Maksum	55
2	Sarno	50
3	Sadiyanto	50
4	Samsudiono	55
5	Pujiono	70
6	Trisusilowati	45
7	Wiwiek	60
8	Tirto	60
9	Ainur	40
10	Riamah	35
11	Merpati	50
12	Wares	40
13	Munthalib	60
14	Tresnawati	65
15	Meity	65
Total		800

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan menggunakan 3 kapasitas muatan yang berbeda, 3 metode dan 15 *dataset* menghasilkan 90 hasil yang berbeda. Hasil total jarak yang diperoleh berdasarkan jumlah kapasitas muatan, masing-masing metode dengan beberapa rute serta jumlah pangkalan dengan masing-masing jumlah permintaan.

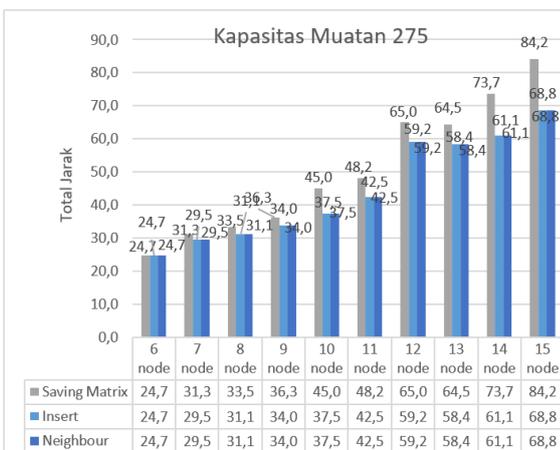
Pada penelitian ini dilakukan pengujian secara manual pada setiap metode dan juga *dataset* untuk mengetahui hasil yang optimal, hasil yang diperoleh tersebut kemudian dilakukan pengujian sehingga memperoleh hasil yang baik pada penelitian ini. Pengujian dengan jumlah *node*, kapasitas muatan, serta metode yang berbeda akan menghasilkan total jarak yang berbeda. Seperti yang dilakukan pada uji coba sub bab 4.4.1 dalam beberapa hasil jika menggunakan kapasitas muatan yang kecil yaitu 225 maka total jarak yang dihasilkan lebih besar dari kapasitas muatan 275 dan 480. Jika menggunakan kapasitas muatan sedang yaitu 275 maka total jarak yang dihasilkan lebih kecil dari kapasitas muatan 225 namun lebih besar dari kapasitas muatan 480. Dan jika menggunakan kapasitas muatan besar yaitu 480 maka total jarak yang dihasilkan lebih kecil dari kapasitas muatan 225 dan 275. Dengan ini bisa dinyatakan bahwa semakin kecil kapasitas muatan yang digunakan maka semakin besar total jarak yang dihasilkan, semakin banyak juga rute yang dilalui dan sebaliknya jika kapasitas muatan yang digunakan semakin besar maka total jarak yang dihasilkan akan semakin kecil dan rute yang dilalui semakin sedikit.

Percobaan dengan beberapa metode juga mempengaruhi hasil total jarak yang didapat. Dari 90 hasil uji coba terdapat 3 metode yang digunakan yaitu *Saving Matrik*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbour*. Dari ketiga metode tersebut hasil dari *Saving Matrik* memiliki total jarak yang lebih besar dari dua metode lainnya, sedangkan kedua metode yaitu *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour* memiliki hasil total jarak yang lebih kecil atau sama besar dengan total

jarak pada *Saving Matrik*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbour* selalu memiliki hasil total jarak yang sama yang artinya tidak ada beda antara metode kedua metode, hal itu dikarenakan kedua metode tersebut memiliki konsep yang sama yaitu mengunjungi titik terdekat dari titik terakhir yang dikunjungi dan fungsi dari kedua metode sendiri yaitu digunakan untuk menyusun rute yang dihasilkan oleh *Saving Matrik* untuk mendapatkan rute yang lebih optimal. Dengan kata lain sejauh ini hasil dari *Saving Matrik* jika dilakukan pendekatan dengan metode *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour* menghasilkan total jarak yang lebih kecil atau hasil yang lebih bagus. Gambar 4 hingga Gambar 6 akan menampilkan grafik hasil total jarak setiap muatan yang berbeda yaitu 225, 275 dan 480. Pada Gambar 4 merupakan hasil total jarak jika menggunakan kapasitas muatan 225. Adapun Gambar 5 merupakan hasil total jarak jika menggunakan kapasitas muatan 275, dan Gambar 6 merupakan hasil total jarak jika menggunakan kapasitas muatan 480.



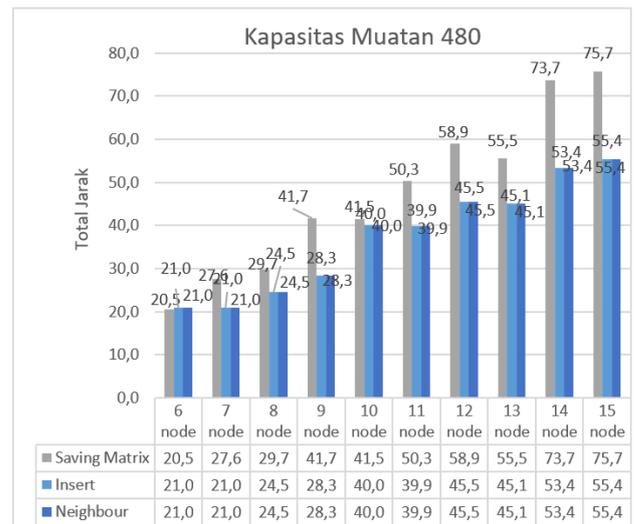
Gambar 4. Grafik Hasil Kapasitas Muatan Kecil



Gambar 5. Grafik Hasil Kapasitas Muatan Sedang

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan 90 hasil sebagai pertimbangan, dapat disimpulkan bahwa kapasitas muatan 480 memiliki jumlah

total jarak yang diperoleh lebih kecil dan rute yang dilalui lebih sedikit, hal itu dikarenakan semakin besarnya muatan yang digunakan maka kendaraan bisa mengangkut banyak permintaan dan mengunjungi banyak *node* dalam sekali keberangkatan. Untuk metode yang paling optimal dari ketiga metode tersebut adalah hasil dari metode *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour* hal ini dikarenakan total jarak yang diperoleh kedua metode tersebut sama dan lebih kecil dari hasil total jarak pada metode *Saving Matrik*. Berikut adalah hasil perbandingan dari rata-rata total jarak dari setiap muatan dan metode yang digunakan.



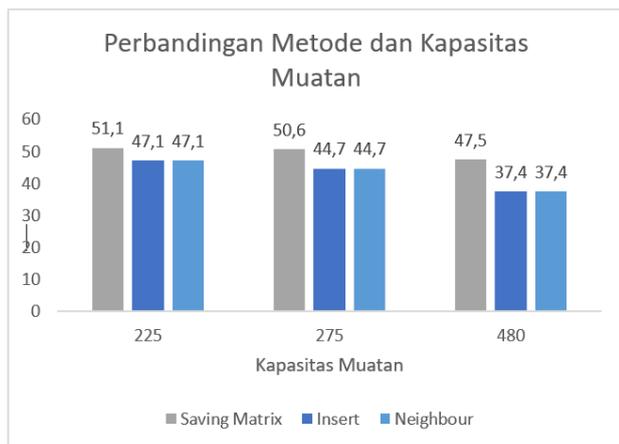
Gambar 6. Grafik Hasil Kapasitas Muatan Besar

Pada Gambar 7 dapat diketahui grafik hasil rata-rata dari setiap metode dengan kapasitas muatan yang berbeda. Hasil tersebut diperoleh dengan menjumlah total jarak yang memiliki metode dan kapasitas muatan yang sama kemudian dibagi dengan jumlah data yang sesuai. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kapasitas muatan 480 memiliki rata-rata total jarak yang lebih kecil dengan pendekatan metode *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour*.

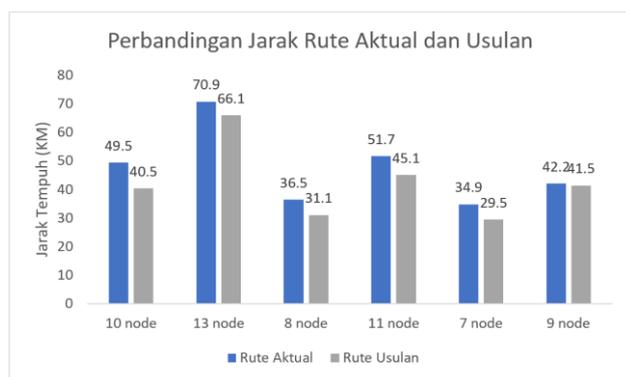
Tabel 3. Perbandingan Rute Usulan dan Rute Aktual

Jumlah Pangkalan	Jarak Tempuh (km)		Biaya BBM (Rp)	
	Aktual	Usulan	Aktual	Usulan
10	49,5	40,5	Rp. 47.334	Rp. 38.684
13	70,9	66,1	Rp. 67.796	Rp. 63.212
8	36,5	31,1	Rp. 34.927	Rp. 29.766
11	51,7	45,1	Rp. 49.464	Rp. 43.133
7	34,9	29,5	Rp. 33.418	Rp. 28.209
9	42,2	41,5	Rp. 40.397	Rp. 35.112
TOTAL	286,9	253,8	Rp. 274.487	Rp. 238.116

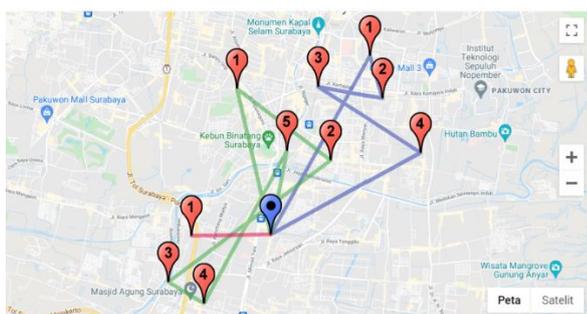
Tabel 3 merupakan hasil perbandingan antara jarak tempuh dan biaya BBM pada rute aktual dan rute yang di usulkan menggunakan metode *Saving Matrik* dengan Pendekatan *Nearest Insert* atau *Nearest Neighbour*. Grafik perbandingan total jarak tempuh (KM) antara rute hasil algoritma *Saving Matrix* dan rute aktual dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan Gambar 9 merupakan tampilan aplikasi untuk rute yang dihasilkan dari algoritma.



Gambar 7. Grafik Hasil Kapasitas Muatan Besar



Gambar 8. Presentasi Data pada Google Maps



Gambar 9. Presentasi route VRP yang terbentuk pada Google Maps

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan hasil uji coba yang telah dilakukan dalam aplikasi maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pengujian dengan tiga kapasitas muatan kendaraan yang berbeda serta tiga metode yang berbeda dengan total 90 hasil, menghasilkan total jarak

terpendek yaitu menggunakan kendaraan dengan muatan 480 tabung LPG dan hasil terbaik dengan total jarak terpendek dari metode *Nearest Insert* atau *Nearest Neighbour*.

2. Hasil pengujian menggunakan metode *Saving Matrik*, *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour* terhadap *Vehicle Routing Problem* dengan total 15 dataset dan 90 hasil, menghasilkan total jarak yang pendek jika dibandingkan dengan rute aktual yang digunakan tanpa metode, dengan mempertimbangkan jumlah node, kapasitas kendaraan dan metode yang digunakan.
3. Hasil pengujian dari metode *Saving Matrik* memiliki total jarak yang lebih pendek dari rute aktual yang digunakan, namun lebih optimal lagi apabila hasil dari *Saving Matrik* tersebut dilakukan pendekatan dengan Metode *Nearest Insert* atau *Nearest Neighbour*.

Saran dari penelitian ini adalah menggantikan metode dengan teknik berbasis pembelajaran (*Machine Learning*). Hal tersebut menjadi saran kami dikarenakan terdapat keterbatasan dikarenakan tingginya komputasi pada waktu eksekusi program, jika menggunakan metode berbasis pembelajaran waktu komputasi akan membutuhkan komputasi tinggi, tetapi waktu eksekusi testing komputasi akan sangat ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yuniarti and M. Astuti, "Penerapan Metode *Saving Matrik* Dalam Penjadwalan Dan Penentuan Rute Distribusi Premium Di SPBU Kota Malang," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 4, 2013.
- [2] B. Padmanabhan, N. Huynh, W. Ferrell, and V. Badyal, "Potential benefits of carrier collaboration in vehicle routing problem with pickup and delivery," *Transportation Letters*, vol. 14, no. 3, pp. 258–273, Mar. 2022, doi: 10.1080/19427867.2020.1852506.
- [3] Y. Ancele, M. H. Hà, C. Lersteau, D. Ben Matellini, and T. T. Nguyen, "Toward a more flexible VRP with pickup and delivery allowing consolidations," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 128, p. 103077, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103077.
- [4] V. F. Yu, H. Susanto, Y.-H. Yeh, S.-W. Lin, and Y.-T. Huang, "The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery and Parcel Lockers," *Mathematics*, vol. 10, no. 6, 2022, doi: 10.3390/math10060920.
- [5] Ç. Koç, G. Laporte, and İ. Tükenmez, "A review of vehicle routing with simultaneous pickup and delivery," *Comput Oper Res*, vol. 122, p. 104987, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104987.
- [6] I. Kucukoglu, R. Dewil, and D. Cattrysse, "The electric vehicle routing problem and its variations: A literature review," *Comput Ind Eng*, vol. 161, p. 107650, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107650.

- [7] G. D. Konstantakopoulos, S. P. Gayialis, and E. P. Kechagias, "Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: a literature review and classification," *Operational Research*, vol. 22, no. 3, pp. 2033–2062, 2022, doi: 10.1007/s12351-020-00600-7.
- [8] Q. Shang, Y. Huang, Y. Wang, M. Li, and L. Feng, "Solving vehicle routing problem by memetic search with evolutionary multitasking," *Memet Comput*, vol. 14, no. 1, pp. 31–44, 2022, doi: 10.1007/s12293-021-00352-7.
- [9] M. Cengiz Toklu, "A fuzzy multi-criteria approach based on Clarke and Wright savings algorithm for vehicle routing problem in humanitarian aid distribution," *J Intell Manuf*, vol. 34, no. 5, pp. 2241–2261, 2023, doi: 10.1007/s10845-022-01917-0.
- [10] B. Herdianto and Komarudin, "Guided Clarke and Wright Algorithm to Solve Large Scale of Capacitated Vehicle Routing Problem," in *2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2021, pp. 449–453. doi: 10.1109/ICIEA52957.2021.9436750.
- [11] M. Cengiz Toklu, "A fuzzy multi-criteria approach based on Clarke and Wright savings algorithm for vehicle routing problem in humanitarian aid distribution," *J Intell Manuf*, vol. 34, no. 5, pp. 2241–2261, 2023, doi: 10.1007/s10845-022-01917-0.
- [12] Lukmandono, M. Basuki, M. J. Hidayat, and F. B. Aji, "Application of Saving Matrix Methods and Cross Entropy for Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Resolving," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 462, no. 1, p. 012025, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012025.
- [13] N. A. F. P. Adam, I. P. Sari, A. Tasya, W. Sutopo, and Yuniaristanto, "Determination of Routes for Daily Newspaper Product Distribution with Saving Matrix Methods," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 943, no. 1, p. 12040, Oct. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/943/1/012040.
- [14] D. E. Febriyanti, R. Primadasa, and S. B. Sutono, "Determination of Distribution Routes Using the Saving Matrix Method to Minimize Shipping Costs at PT. SUKUN TRANSPORT LOGISTICS," *SPEKTRUM INDUSTRI*, 2022, doi: 10.12198/spektrum.v20i1.18.
- [15] K. Sörensen, F. Arnold, and D. Pálhazy Cuervo, "A critical analysis of the 'improved Clarke and Wright savings algorithm,'" *International Transactions in Operational Research*, vol. 26, no. 1, pp. 54–63, 2019, doi: <https://doi.org/10.1111/itor.12443>.



ANALISIS DAN PERANCANGAN ANTARMUKA APLIKASI WISATA MENGGUNAKAN METODE *USER-CENTERED DESIGN* (UCD)

Yevi Septiray Purbo¹, Fandy Setyo Utomo², Yuli Purwati³

¹Sistem Informasi, Universitas Amikom Purwokerto

^{2,3}Informatika, Universitas Amikom Purwokerto

Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia, 53127

20sa2025@mhs.amikompurwokerto.ac.id, fandy_setyo_utomo@amikompurwokerto.ac.id, yulipurwati@amikompurwokerto.ac.id

Abstract

Lampung has many tourist attractions and natural areas that attract the attention of tourists, both domestic and foreign. However, there are still challenges in optimizing Lampung's tourism potential. One of the challenges is limited access to information regarding tourist destinations, accommodation and available activities. Apart from that, coordination between tourists and related parties such as destination managers and tourism services also need to be improved. To overcome this problem, a prototype of the VACALAM (Vacation Lampung) application was designed using Figma with the User-Centered Design (UCD) method. This research aims to increase user comfort and satisfaction in using the Vacalam application and encourage tourists to visit Lampung. In this application there are several features including ticket booking features, tour lists, trending tours, and a list of events in Lampung. The results of this research are user interface designs that follow good design principles, including simplicity, consistency, and readability. The use of colors, typography, and icons are also considered to improve the clarity and visual appearance of the application. The good user interface design and user experience have been tested using the System Usability Scale (SUS), with a final score of 71.75. These results provide guidance for other application developers in designing engaging and responsive user interfaces and user experiences using Figma.

Keywords: Figma, System Usability Scale (SUS), Tourism, UI/UX, User-Centered Design

Abstrak

Lampung memiliki banyak tempat wisata dan kawasan alam yang menarik perhatian para wisatawan, baik dalam maupun dari luar negeri. Namun, masih ada tantangan dalam mengoptimalkan potensi pariwisata Lampung. Salah satu tantangannya adalah akses informasi yang terbatas mengenai destinasi wisata, akomodasi, dan kegiatan yang tersedia. Selain itu, koordinasi antara wisatawan dan pihak terkait seperti pengelola destinasi dan pelayanan pariwisata juga perlu ditingkatkan. Untuk mengatasi masalah ini, dirancanglah prototipe aplikasi VACALAM (Vacation Lampung) menggunakan Figma dengan metode *User-Centered Design* (UCD). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pengguna dalam menggunakan aplikasi Vacalam dan mendorong wisatawan untuk mengunjungi Lampung. Dalam aplikasi ini terdapat beberapa fitur di antaranya fitur pemesanan tiket, daftar wisata, wisata yang sedang *trending*, dan daftar acara di Lampung. Hasil dari penelitian ini berupa perancangan antarmuka pengguna yang mengikuti prinsip desain yang baik, termasuk kesederhanaan, konsistensi, dan keterbacaan. Penggunaan warna, tipografi, dan ikon juga dipertimbangkan untuk meningkatkan kejelasan dan tampilan visual aplikasi. Perancangan antarmuka pengguna dan pengalaman pengguna yang sudah baik telah diuji menggunakan *System Usability Scale* (SUS), dengan skor akhir sebesar 71,75. Hasil ini memberikan panduan bagi pengembang aplikasi lain dalam merancang antarmuka pengguna dan pengalaman pengguna yang menarik dan responsif menggunakan Figma.

Kata kunci: Figma, Pariwisata, System Usability Scale(SUS), UI/UX, User-Centered Design

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah berdampak besar pada sektor pariwisata. Dalam era digital saat ini, aplikasi berbasis UI/UX (*User Interface/User Experience*) telah menjadi salah satu faktor kunci dalam meningkatkan pengalaman pengguna dan memfasilitasi

perencanaan perjalanan wisata[1]. Salah satu destinasi pariwisata yang semakin diminati di Indonesia adalah Lampung. Dengan keindahan alamnya, beragam budaya, dan kekayaan kuliner yang khas, Lampung menawarkan potensi yang besar untuk mengembangkan sektor pariwisata. Namun, masih ada tantangan dalam memberikan

pengalaman yang memuaskan bagi wisatawan, terutama dalam hal perencanaan perjalanan yang efisien dan mudah[2].

Dalam konteks ini, UI/UX memiliki peran yang signifikan dalam menciptakan pengalaman pengguna yang baik dan memenuhi harapan pengunjung. UI berkaitan dengan desain visual, interaksi, dan presentasi informasi pada aplikasi atau situs *web* pariwisata, sementara UX melibatkan pengalaman keseluruhan pengguna dalam menggunakan layanan atau menjelajahi destinasi pariwisata[3].

Agar dapat mencapai desain UI/UX yang efektif, diperlukan suatu pendekatan yang menitikberatkan pada kebutuhan, preferensi, dan sifat-sifat pengguna akhir. Salah satu metode yang populer dalam perancangan UI/UX adalah *User-Centered Design* (UCD). UCD menempatkan pengguna sebagai fokus utama dalam setiap tahap desain, Memeriksa bahwa solusi yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna[4].

Dalam upaya mengimplementasikan metode UCD secara efektif, aplikasi Figma telah menjadi salah satu alat yang populer dalam industri desain. Figma adalah perangkat lunak desain berbasis *cloud* yang memungkinkan desainer UI/UX untuk berkolaborasi secara *real-time*, membuat prototipe interaktif, dan menyusun komponen desain yang dapat digunakan ulang[5]. Dengan menggunakan Figma, desainer dapat mengoptimalkan proses perancangan, meningkatkan efisiensi, dan menciptakan pengalaman pengguna yang superior.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran aplikasi Figma dalam perancangan UI/UX pada aplikasi Vacalam[6]. Kami akan mengidentifikasi dan merumuskan masalah-masalah kunci yang dihadapi oleh wisatawan dalam konteks UI/UX, serta menganalisis bagaimana implementasi metode UCD dengan menggunakan Figma dapat membantu dalam mengatasi masalah-masalah tersebut.

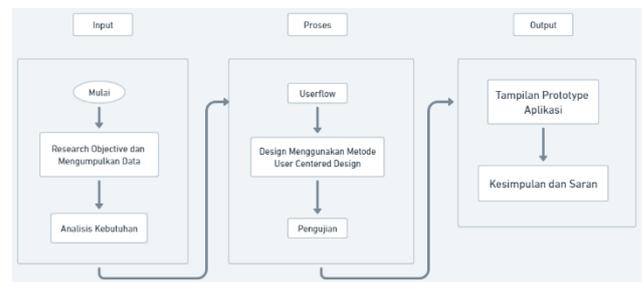
Metode penelitian yang akan digunakan meliputi pengumpulan informasi pengguna, analisis kebutuhan pengguna, perancangan prototipe, pengujian dengan pengguna, dan iterasi desain berkelanjutan[7]. Selain itu, penelitian ini menggunakan metode evaluasi kualitatif dan kuantitatif, seperti *System Usability Scale* (SUS), untuk memberikan perspektif subjektif mengenai tingkat kegunaan sistem[8].

Penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam perkembangan industri pariwisata di Lampung, serta memberikan panduan bagi pengembangan aplikasi UI/UX dibidang pariwisata secara lebih luas. Dengan menggunakan pendekatan perancangan yang berfokus pada kebutuhan pengguna dan pemanfaatan aplikasi Figma, penelitian ini dapat memberikan solusi yang inovatif dan efektif dalam merancang aplikasi Vacalam yang dapat

meningkatkan pengalaman pengguna dalam merencanakan perjalanan wisata di Lampung.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan alur penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 adalah:

- a. *Research Objective* dan Mengumpulkan data
Dalam penelitian ini, tahap awal yang dilakukan adalah menjalankan *research objective* untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai kebutuhan pengguna dalam konteks perjalanan dan liburan[9]. Tujuan ini melibatkan identifikasi preferensi, harapan, serta tantangan yang dihadapi pengguna dalam merencanakan dan mengorganisir perjalanan dan liburan. Selanjutnya, mengumpulkan data terkait daftar wisata beserta penjelasan rinci.
- b. Analisis Kebutuhan
Setelah mendapatkan permasalahan dari hasil penelitian, kemudian tahap analisis kebutuhan dilakukan. Penelitian ini menerapkan metode UCD untuk merancang aplikasi Vacalam dengan optimal[10].
- c. *Userflow*
Dalam proses pembuatan desain aplikasi Vacalam, *userflow* menjadi salah satu komponen penting untuk memahami bagaimana pengguna akan berinteraksi dengan aplikasi tersebut. *Userflow* adalah langkah-langkah yang menggambarkan alur interaksi antara pengguna dan aplikasi. Ketika menggunakan sebuah aplikasi atau *website*, pengguna akan mengikuti serangkaian langkah yang disebut sebagai *userflow*. *Userflow* adalah gambaran visual atau tulisan yang menggambarkan langkah-langkah atau jalur yang dapat diambil oleh pengguna saat menggunakan aplikasi tersebut, baik dalam bentuk tertulis maupun digital[11].
- d. Desain menggunakan metode *User-Centered Design*
Untuk merancang *design* aplikasi Vacalam menggunakan metode *User-Centered Design* dan mengimplementasikan menggunakan *software* figma.
- e. Pengujian
Setelah selesai merancang alat ukur *usability* dengan menggunakan metode *Single Ease Question* (SEQ) dan metode *System Usability Scale* (SUS), tahap selanjutnya melibatkan pengujian *usability*. Pada tahap ini, responden diminta untuk mengisi semua pertanyaan

yang terkait setelah mereka selesai menggunakan sistem secara keseluruhan. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis untuk menghasilkan hasil dari pengujian *usability* tersebut[12]. Langkah ini melibatkan pengujian langsung terhadap pengguna asal Lampung untuk memastikan bahwa sistem telah sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis sebelumnya. Jika terdapat kesalahan dalam tampilan, maka akan dilakukan sesuai dengan preferensi pengguna[13].

f. Tampilan Prototipe Aplikasi

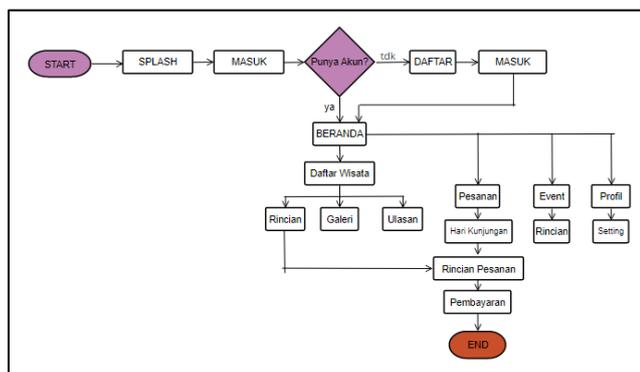
Setelah melalui langkah-langkah sebelumnya, akan tercipta antarmuka aplikasi yang memenuhi preferensi dan kebutuhan pengguna[14].

g. Kesimpulan dan Saran

Setelah penelitian berhasil diselesaikan, dapat dibuat kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil yang diperoleh. Kesimpulan merupakan tahap akhir dari penelitian yang memuat ikhtisar dari temuan yang telah diperoleh selama penelitian dan dihubungkan dengan perumusan masalah yang ada. Selain itu, kesimpulan juga mencakup rekomendasi untuk topik yang telah diinvestigasi dan saran untuk penelitian mendatang.

2.2 User Flow

Userflow merujuk pada rangkaian tindakan yang ditempuh oleh pengguna ketika menggunakan aplikasi dengan tujuan merencanakan dan mengatur perjalanan pengguna[15]. *Userflow* dimulai dari langkah pertama pengguna masuk ke aplikasi hingga mencapai tujuan akhir untuk melakukan pemesanan tiket. Gambar 2 merupakan gambar *user flow* aplikasi Vacalam.



Gambar 2. User Flow Design aplikasi Vacalam

2.3 User-Centered Design (UCD)

Metode *User-Centered Design* (UCD) adalah pendekatan yang digunakan dalam pembuatan desain aplikasi Vacalam dengan fokus pada kebutuhan, preferensi, dan pengalaman pengguna[16]. Metode ini menempatkan pengguna sebagai pusat perhatian dalam seluruh proses desain, mulai dari pemahaman awal tentang pengguna, hingga pengujian dan iterasi desain. Dalam pembuatan desain aplikasi Vacalam, UCD melibatkan beberapa langkah penting[17]:

a. Pemahaman Pengguna

Langkah awal adalah memahami karakteristik, kebutuhan, dan preferensi pengguna yang akan menggunakan aplikasi Vacalam. Ini melibatkan pengumpulan data melalui riset pengguna, seperti wawancara, observasi, atau survei, untuk memperoleh wawasan yang mendalam tentang target pengguna aplikasi.

b. Pembuatan Persona

Berdasarkan data yang diperoleh, persona dibuat untuk mewakili karakteristik dan kebutuhan pengguna yang berbeda. Persona membantu tim desain untuk memahami pengguna secara lebih terperinci, sehingga mereka dapat merancang aplikasi dengan mempertimbangkan kebutuhan individu.

c. Analisis Tugas

Tahap ini melibatkan analisis tugas-tugas yang akan dilakukan oleh pengguna dalam aplikasi Vacalam. Dengan memahami tugas-tugas yang relevan, tim desain dapat mengidentifikasi masalah yang mungkin terjadi dan merancang solusi yang lebih efektif.

d. Pembuatan Wireframe dan Prototipe

Berdasarkan pemahaman tentang pengguna dan tugas-tugas yang dilakukan, tim desain membuat *wireframe* atau prototipe awal untuk menggambarkan tata letak, navigasi, dan fungsi-fungsi utama dalam aplikasi Vacalam. Ini membantu dalam evaluasi awal dan iterasi desain.

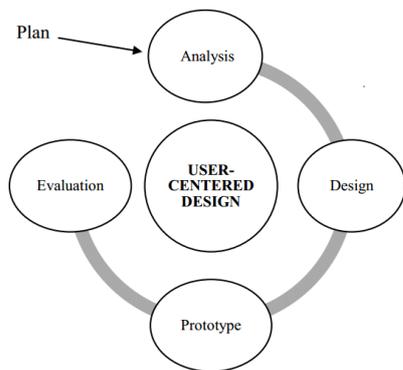
e. Pengujian dan Evaluasi

Prototipe atau desain awal diuji oleh pengguna untuk mengumpulkan umpan balik dan memvalidasi pengalaman pengguna. Pengujian ini dapat dilakukan melalui sesi pengujian pengguna, observasi, atau kuesioner. Hasil pengujian digunakan untuk memperbaiki desain dan membuat perubahan yang diperlukan.

f. Iterasi Desain

Proses pengujian dan evaluasi memberikan wawasan berharga bagi tim desain untuk melakukan iterasi pada desain aplikasi Vacalam. Pengujian dan evaluasi berulang kali dilakukan hingga mencapai solusi yang optimal yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna.

Dengan menerapkan metode UCD dalam pembuatan desain aplikasi Vacalam, tim desain dapat memastikan bahwa pengguna menjadi fokus utama dalam setiap tahap desain. Hal ini membantu membangun aplikasi yang intuitif, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan serta harapan pengguna. Tahapan metode UCD ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Tahapan User-Centered Design

2.4 System Usability Scale (SUS)

Sistem Usability Scale (SUS) adalah metode kuesioner yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kegunaan dari suatu produk, sistem, atau layanan berdasarkan pandangan pengguna[18]. SUS terdiri dari sepuluh pernyataan yang dinilai dengan skala lima poin. Pernyataan dengan nomor ganjil memiliki makna positif, sedangkan pernyataan dengan nomor genap memiliki makna negatif. Skala lima poin ini mencakup rentang penilaian dari 1 yang menunjukkan ketidaksetujuan yang kuat hingga 5 yang menunjukkan persetujuan yang kuat[19].

2.5 Single Ease Question (SEQ)

Metode evaluasi yang disebut *Single Ease Question* (SEQ) dilakukan setelah menyelesaikan semua tugas dan situasi yang telah diberikan. Para peserta akan diberikan tugas dan diperintahkan untuk memberikan penilaian pada skala tujuh poin untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat kemudahan atau kesulitan dari tugas-tugas yang telah mereka selesaikan[20].

2.6 Figma

Figma adalah sebuah *platform* berbasis *web* yang berguna dalam pembuatan desain antarmuka pengguna (UI) dan pengalaman pengguna (UX)[21][22]. Dengan menggunakan Figma, pengguna dapat membuat desain untuk aplikasi, situs *web*, dan berbagai komponen antarmuka pengguna yang dapat digunakan dalam proyek lainnya. Selain itu, Figma juga memungkinkan kolaborasi antara desainer dengan desainer lainnya untuk bekerja secara bersama-sama dalam membuat desain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Perancangan Sistem

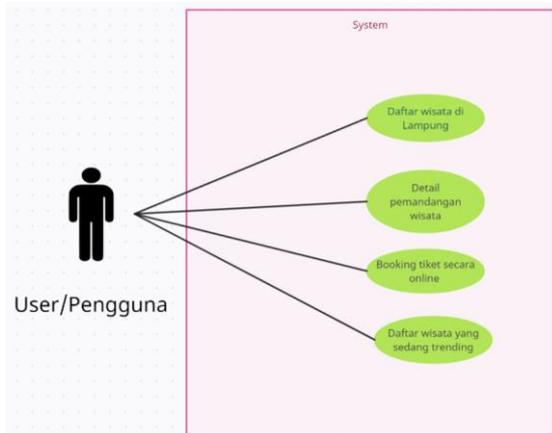
Langkah analisis ini dilaksanakan dengan maksud untuk memahami keperluan pengguna, termasuk melalui metode wawancara. Setelah wawancara selesai, informasi yang diperoleh akan dijadikan sebagai dasar untuk membuat representasi pengguna yang disebut *user persona*. Tabel 1 merupakan hasil analisis representasi *user persona*.

Tabel 1 *User Persona*

USER PERSONA	
Demographic	<ul style="list-style-type: none"> Usia 22 Tahun Pekerjaan : <i>Editor</i> dan <i>Fotografer</i>
Behavior	<ul style="list-style-type: none"> Suka menjelajahi dan mencari informasi mengenai wisata yang bagus Suka mengabadikan <i>moment</i> ketika berwisata Suka berkunjung ke tempat wisata
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> Dapat berwisata sesuai dengan keinginan Memiliki tujuan wisata yang tepat Dapat mengetahui berbagai lokasi wisata khususnya di Lampung Dapat mendapatkan hasil foto yang sesuai harapan
Problem	<ul style="list-style-type: none"> Susah mendapatkan informasi mengenai lokasi wisata di Lampung Kurangnya informasi mengenai suatu tempat wisata
Needs	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui tempat-tempat wisata yang bagus Mendapatkan foto-foto terbaik ketika berwisata Dapat berkunjung ke berbagai lokasi wisata tanpa mengantre tiket

Berikut adalah hasil wawancara dengan responden yang mewakili tipe pengguna. Usia 22 tahun dan pekerjaan sebagai *editor* dan *fotografer*. Beliau memiliki minat dalam menjelajahi dan mencari informasi tentang tempat wisata yang menarik. Beliau suka mengambil gambar ketika berwisata dan senang mengunjungi berbagai tempat wisata. Selain itu, untuk mendukung pekerjaannya, beliau membutuhkan rekomendasi tempat wisata yang bagus di mana dia bisa mendapatkan foto-foto terbaik tanpa harus menghadapi antrean tiket masuk. Namun, dia mengalami kesulitan dalam mendapatkan informasi tentang lokasi dan detail wisata di Lampung.

Berdasarkan hasil persona dan wawancara, kebutuhan pengguna dapat diidentifikasi melalui *needs* yang tergambar dalam *use case diagram* pada gambar 4.



Gambar 4 *Use Case Diagram* User Persona

Pada gambar 4 menggambarkan kebutuhan pengguna diantaranya membutuhkan informasi mengenai daftar wisata yang ada di Lampung, Detail wisata serta pemandangannya, dapat melakukan *booking* tiket secara *online* dan dapat mengetahui wisata apa saja yang sedang *trending*.

Tabel 2 menampilkan gambaran model konseptual yang telah dihasilkan melalui proses analisis sebelumnya. Dalam tabel tersebut, diuraikan fitur inti dari aplikasi Vacalam.

Tabel 2 Model Konseptual

No	Task	Sub-task	Sub-sub task	Respon	Keterangan
1	Masuk ke halaman beranda	Menampilkan daftar tempat-tempat wisata	Jelajahi	Menampilkan semua wisata	Halaman beranda, daftar wisata
			<i>Trending</i>	Menampilkan wisata yang sedang <i>trending</i>	Menu <i>trending</i>
			<i>Event</i>	Menampilkan daftar <i>event</i> yang ada di Lampung	Menu <i>event</i>
			Pesan Tiket	Mengarahkan ke daftar wisata	Button pesan tiket
2	Masuk ke halaman pesan tiket	Menampilkan <i>button</i> untuk pesan tiket	Klik pesan tiket	Diarahkan ke daftar wisata yang akan dikunjungi	Menampilkan e-tiket

3.2 Desain User Interface

Pada langkah ini, *wireframe* yang telah disusun akan menjadi panduan dalam pembuatan desain *user interface*. Figma digunakan sebagai *platform* untuk membuat desain *user interface*. Berikut ini terdapat daftar desain *user interface* yang telah dibuat, yang dapat ditemukan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Tampilan User Interface

No	Nama Tampilan	Desain	Keterangan	Elemen
1	Gambar 5. Tampilan Beranda		Pada halaman beranda diatas ada informasi akun kemudian ada <i>button</i> untuk pesan tiket, menu jelajahi, <i>trending</i> , dan <i>event</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Button - Scroll View - Image View - Text View
2	Gambar 6. Tampilan Jelajahi		Pada halaman jelajahi terdapat semua daftar wisata yang telah dikelompokkan menjadi 5 diantaranya semua, pantai, gunung, kuliner, dan sejarah.	<ul style="list-style-type: none"> - Search bar - Navigation bar - Scroll View - Image View - Text View - List View

No	Nama Tampilan	Desain	Keterangan	Elemen
3	Gambar 7. Tampilan Trending		<p>Pada halaman <i>trending</i> menampilkan beberapa wisata yang sedang <i>trending</i> dan dikelompokan menjadi 3 diantaranya sekarang, minggu lalu, dan bulan lalu agar memudahkan pengguna untuk melihat wisata mana yang sedang <i>trending</i> dan ramai dikunjungi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>List View</i> - <i>Image View</i> - <i>Text View</i> - <i>Scroll View</i>
4	Gambar 8. Tampilan Acara		<p>Pada halaman acara menampilkan beberapa acara yang ada di Lampung yang merupakan kebudayaan dan adat daerah Lampung agar pengguna bisa mengetahui dan menghormati budaya yang ada di Lampung.</p>	
5	Gambar 9. Tampilan Tiket (a)		<p>Pada halaman pesan tiket terdapat <i>button</i> yang akan mengarahkan ke daftar wisata dan memilih wisata yang akan dikunjungi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Button</i> - <i>Text View</i>

No	Nama Tampilan	Desain	Keterangan	Elemen
	Gambar 9. Tampilan Tiket (b)		Tampilan e-tiket wisata	- Text View - Image View - Button
6	Gambar 10. Tampilan Profil		Pada halaman profil terdapat detail profil dan pengaturan, ada tombol <i>button</i> untuk keluar dari akun aplikasi tersebut.	- Text View - Image View - button

3.3 Pengujian SEQ dan SUS

Pada tahap ini, dilakukan pengujian dengan melibatkan 10 peserta menggunakan dua metode, yaitu SEQ dan SUS. Dalam metode SEQ, terdapat 8 fungsi aplikasi yang akan diuji, dan peserta akan diminta untuk menyelesaikan tugas sesuai dengan skenario yang diberikan. Sementara itu, pada metode SUS, peserta akan diberikan 10 pertanyaan di mana mereka harus memilih antara setuju atau tidak setuju sebagai tanggapan. Tabel 4 berisi daftar fungsi yang diuji dalam skenario SEQ, sedangkan Tabel 5 berisi 10 pertanyaan yang diajukan dalam metode SUS.

Tabel 4. Fungsi pada pengujian SEQ

No Fungsi	Nama fungsi	Task
F01	Daftar Akun	Daftar dengan cara mengisi data
F02	Login	Masuk menggunakan email dan password yang sudah dibuat
F03	Memilih wisata	Memilih tempat wisata pada menu beranda
F04	Mencari wisata	Dengan menggeser secara vertikal akan ada pengelompokan wisata lalu di klik

No Fungsi	Nama fungsi	Task
F05	Melihat detail dan harga tiket wisata	Dengan meng-klik salah satu wisata kemudian muncul detail wisata
F06	Pemesanan tiket	Klik menu pesanan kemudian akan diarahkan ke daftar wisata untuk memesan tiket
F07	Lihat Profile	Memilih menu <i>profile</i> untuk melihat dan mengedit <i>profile</i>
F08	Logout	Klik tombol <i>Logout</i> pada menu <i>profile</i> bagian bawah

Tabel 5. Pertanyaan pengujian SUS

No	Pertanyaan
1	Saya mempertimbangkan untuk menggunakan sistem ini kembali
2	Saya merasa penggunaan sistem ini terasa sederhana
3	Saya menganggap bahwa pengoperasian sistem ini sangat rumit dan menantang
4	Saya memerlukan asistensi orang lain dalam mengoperasikan sistem ini
5	Saya merasa bahwa segala fitur pada sistem ini beroperasi dengan mulus dan memenuhi tujuannya secara efektif
6	Saya merasa terdapat banyak hal yang tidak sesuai dalam sistem ini

No	Pertanyaan
7	Saya percaya bahwa orang lain akan dengan mudah memahami bagaimana menggunakan sistem ini
8	Saya merasa bahwa sistem ini sangat menghasilkan kebingungan
9	Sebelum menggunakan sistem ini, saya perlu mengadakan kebiasaan terlebih dahulu
10	Saya merasa tidak mengalami kendala apa pun ketika menggunakan sistem ini

No Responden	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08
R03	4	5	3	4	4	3	3	3
R04	4	4	3	5	4	3	4	5
R05	3	4	5	5	3	3	4	4
R06	3	5	4	3	3	4	5	3
R07	4	3	5	4	3	4	4	4
R08	3	4	5	4	4	4	3	4
R09	5	4	3	5	3	5	4	5
R10	4	3	3	5	4	3	4	4

3.4 Hasil Pengujian SEQ dan SUS

a. Hasil pengujian menggunakan metode SEQ

Tabel 6 Hasil Pengujian SEQ

No Responden	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08
R01	5	3	4	3	4	5	5	3
R02	3	4	3	5	3	4	3	3

Dari informasi yang tertera pada tabel 6, dapat disimpulkan bahwa peserta yang telah melakukan tugas sebelumnya memberikan tanggapan berdasarkan fungsi yang ada. Tanggapan peserta ini dinilai menggunakan skala 3 nilai, yaitu 3 (Cukup Mudah), 4 (Mudah), dan 5 (Sangat Mudah).

b. Hasil pengujian menggunakan metode SUS

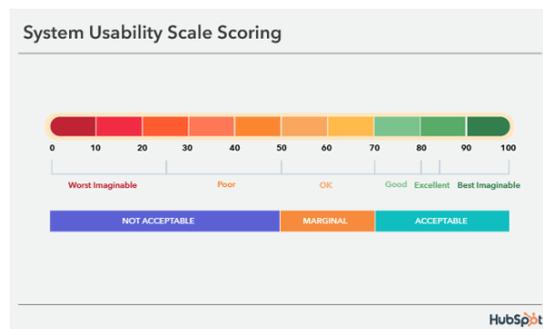
Tabel 7 Skor asli SUS

No	Responden	Skor Asli									
		Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10
1	Responden 1	4	1	5	2	5	2	4	2	4	2
2	Responden 2	5	2	4	3	5	2	4	3	4	1
3	Responden 3	5	2	5	1	3	3	5	2	3	2
4	Responden 4	4	3	5	2	3	1	3	1	4	2
5	Responden 5	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3
6	Responden 6	3	3	3	2	5	1	5	3	3	2
7	Responden 7	4	2	5	3	3	3	3	2	3	1
8	Responden 8	4	1	5	2	4	2	4	2	3	2
9	Responden 9	3	2	5	1	3	1	3	3	3	3
10	Responden 10	5	3	5	3	3	3	4	1	3	3

Tabel 8 Hasil Pengujian SUS

Skor Hasil Hitung										Jumlah	Nilai
Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10		
3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	33	82.5
4	3	3	2	4	3	3	2	3	4	31	77.5
4	3	4	4	2	2	4	3	2	3	31	77.5
3	2	4	3	2	4	2	4	3	3	30	75
2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	22	55
2	2	2	3	4	4	4	2	2	3	28	70
3	3	4	2	2	2	2	3	2	4	27	67.5
3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	31	77.5
2	3	4	4	2	4	2	2	2	2	27	67.5
4	2	4	2	2	2	3	4	2	2	27	67.5

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8 diolah kembali sehingga menghasilkan SUS Scoring yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. SUS Scoring

Berdasarkan gambar 11 ditemukan bahwa skor rata-rata pengujian SUS adalah 71,75. Penilaian peserta terhadap aplikasi ini terbagi menjadi dua, yakni 50% menganggapnya cukup baik (*acceptable good*) dan 50% menganggapnya kurang memuaskan (*marginal*). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian masyarakat dapat menggunakan aplikasi ini dengan baik, sementara sebagian lainnya masih mengalami kesulitan dalam mengoperasikannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan agar aplikasi ini lebih mudah digunakan dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menerapkan metode UCD untuk menghasilkan tampilan aplikasi yang optimal dengan memprioritaskan kebutuhan pengguna agar mereka merasa nyaman, mudah, dan dapat menggunakan aplikasi secara berkelanjutan. Penelitian ini menggarisbawahi peran penting perancangan UI/UX yang efektif dalam kesuksesan aplikasi dan metode SUS untuk mengevaluasi tingkat *usability* dari suatu sistem dengan hasil pengujian SUS didapatkan skor SUS sebesar 71,75 dari skor rata-rata pengujian SUS dan mendapatkan hasil *acceptable good* oleh peserta dengan persentase 50% dan *marginal* 50%. Artinya masih harus ditingkatkan lagi karena hasilnya seri. Penggunaan Figma sebagai alat perancangan membantu dalam menghasilkan desain yang memenuhi kebutuhan pengguna, mempromosikan pariwisata Lampung dengan baik, dan memberikan pengalaman pengguna yang memuaskan. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para desainer UI/UX dalam mengembangkan aplikasi yang komprehensif dan menarik bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Tinambunan And S. Sintaro, "Aplikasi Restfull Pada Sistem Informasi Geografis Pariwisata Kota Bandar Lampung," *J. Inform. Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, Vol. 2, No. 3, Pp. 312–323, 2021, Doi: 10.33365/Jatika.V2i3.1230.
- [2] M. N. M. Al-Faruq, S. Nur'aini, And M. H. Aufan, "Perancangan Ui/Ux Semarang Virtual Tourism Dengan Figma," *Walisongo J. Inf. Technol.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 43–52, 2022, Doi: 10.21580/Wjit.2022.4.1.12079.
- [3] A. Qausar, "Perancangan Ui Ux Desigen Aplikasi Peminjaman Buku Perpustakaan Berbasis Mobile Pada Sma Negeri 31 Jakarta," *J. Pariwisata Bisnis Digit. Dan Manaj.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 78–86, 2022, Doi: 10.33480/Jasdim.V1i2.3720.
- [4] Y. Mukti, "Rancang Bangun Website Sekolah Dengan Metode User Centered Design (Ucd)," *J. Ilm. Betrik*, Vol. 9, No. 02, Pp. 84–95, 2018, Doi: 10.36050/Betrik.V9i02.34.
- [5] R. Setiawan And P. E. Mountaines, "Perancangan Tampilan Antarmuka Website Program Umkm Tupai Tech Menggunakan Figma," *J. Tek. Komput.*, Vol. 1, No. 3, Pp. 132–140, 2022, Doi: 10.14710/Jtk.V1i3.37608.
- [6] A. Herlambang, A. S. R. Ansori, And M. H. Syahbani, "Tempat Kuliner Berbasis Android Menggunakan Metode User-Centered Design Ui / Ux Design Of Tourism Destination And Culinary Places Application Based On Android Using User-Centered Design," *E-Proceeding Eng.*, Vol. 8, No. 5, Pp. 6574–6582, 2021.
- [7] I. N. Arifin, H. Tolle, And R. I. Rokhmawati, "Evaluasi Dan Perancangan User Interface Untuk Meningkatkan User Experience Menggunakan Metode Human-Centered Design Dan Heuristic Evaluation Pada Aplikasi Ezyschool," *J. Pengemb. Teknlogi Inf. Dan Ilmu Komput.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 1725–1732, 2019.
- [8] I. K. Wardani, P. Utomo, And A. Budiman, "Pemanfaatan Metode Design Thinking Dan Pengujian Sus Untuk Ui / Ux Aplikasi Home Care Madiun Berbasis Android," Vol. 4, No. 2, Pp. 106–125, 2023.
- [9] Z. A. Achmad And R. Ida, "Etnografi Virtual Sebagai Teknik Pengumpulan Data Dan Metode Penelitian," *J. Soc. Media*, Vol. 2, No. 2, P. 130, 2018, Doi: 10.26740/Jsm.V2n2.P130-145.
- [10] D. L. Kaligis And R. R. Fatri, "Pengembangan Tampilan Antarmuka Aplikasi Survei Berbasis Web Dengan Metode User Centered Design. Just It : Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi Dan Komputer, 10(2), 106. <https://doi.org/10.24853/Justit.10>," *Just It J. Sist. Informasi, Teknol. Inf. Dan Komput.*, Vol. 10, No. 2, P. 106, 2020.
- [11] A. E. Ifurnholic *Et Al.*, "Analisis Perbandingan User Flow Dari."
- [12] J. Santoso, "Usability User Interface Dan User Experience Media Pembelajaran Kamus Kolok Bengkala Berbasis Android," *J. Sist. Dan Inform.*, Vol. 12, No. 2, Pp. 174–181, 2018.
- [13] I. B. Gede Sarasvananda, C. Anwar, D. Pasha, And S. Styawati, "Analisis Survei Kepuasan Masyarakat Menggunakan Pendekatan E-Crm (Studi Kasus : Bp3tki Lampung)," *J. Data Min. Dan Sist. Inf.*, Vol. 2, No. 1, P. 1, 2021, Doi: 10.33365/Jdmsi.V2i1.1026.
- [14] I. P. Sari, A. H. Kartina, A. M. Pratiwi, F. Oktariana, M. F. Nasrulloh, And S. A. Zain, "Implementasi Metode Pendekatan Design Thinking Dalam Pembuatan Aplikasi Happy Class Di Kampus Upi Cibiru," *Edsence J. Pendidik. Multimed.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 45–55, 2020, Doi: 10.17509/Edsence.V2i1.25131.
- [15] A. Aleryani And A. Y. Aleryani, "Comparative Study Between Data Flow Diagram And Use Case Diagram Some Of The Authors Of This Publication Are Also Working On These Related Projects: 1000 Researchers Fcfit View Project A Model To Measure The Impact Of Culture On E-Readiness For E-Governmen," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, Vol. 6, No. 3, P. 124, 2016.
- [16] O. Yuliani And J. Prasajo, "Rancang Bangun Sistem Informasi Obyek Wisata Berbasis Web Menggunakan Metode User Centered Design (Ucd)," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, Vol. 7, No. 2, P. 149, 2017, Doi: 10.28989/Angkasa.V7i2.158.
- [17] E. Siswanto And F. Rira Cipty, "Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Bank Sampah Guyub Rukun Berbasis Web Dengan Metode Ucd," *J. Tek. Inform. Dan Multimed.*,

Vol. 2, No. 1, Pp. 52–61, 2022.

- [18] I. H. N. Aprilia, P. I. Santosa, And R. Ferdiana, “Pengujian Usability Website Menggunakan System Usability Scale Website Usability Testing Using System Usability Scale,” *J. Iptek-Kom*, Vol. 17, No. 1, Pp. 31–38, 2015.
- [19] G. Gronier And A. Baudet, “Psychometric Evaluation Of The F-Sus: Creation And Validation Of The French Version Of The System Usability Scale,” *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, Vol. 37, No. 16, Pp. 1571–1582, 2021, Doi: 10.1080/10447318.2021.1898828.
- [20] D. H. Hariri, H. Hannie, I. Purnamasari, And U. Singaperbangsa Karawang Abstract, “Analisis User Experience Pada Website Waste4change Menggunakan Metode Single Ease Question,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, Vol. 8, No. 13, Pp. 95–108, 2022.
- [21] Aisyah Zarya Ramadhianputri - Komisi 2 - B2024, “Apa Itu Figma?,” *student-activity.binus.ac.id*, 2021.



RANCANG BANGUN WEBSITE LELANG MOBIL MENGGUNAKAN FRAMEWORK CODEIGNITER 3 PADA PT.ABC

Alfin Adi Surya¹, Imam Haromain²

^{1,2}Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri
Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12640
alfi19088ti@student.nurulfikri.ac.id, haromain@nurulfikri.ac.id

Abstract

An auction is a public sale of goods by oral or written bidding to achieve the highest price. PT.ABC is an auction company engaged in car auctions. PT.ABC is still using conventional methods for auction activities. The conventional system has several disadvantages, including manual recording, vulnerability to loss, and bidders being required to come to the location to buy auction items. This research builds a car auction website to improve the efficiency of the auction business. The application was built using the CodeIgniter 3 Framework using the MySQL database and web socket technology, Socket.IO. The software development method uses the waterfall method. Data collection was carried out by interview and observation at PT.ABC obtained data on the needs of the online auction system, the flow of car auction activities, and the things participants need to take part in the auction. Application development used a modeling concept, namely UML. The application was tested using a user acceptance test with 5 respondents for the admin and 24 people for the front-end. Evaluation results show that the application is very feasible to use and helps the process of running a business, with results from the questionnaire for the admin website at 93% and the front-end website at 91.67%.

Keywords: Auction, Car, CodeIgniter, Socket.IO, Website

Abstrak

Lelang adalah penjualan barang secara publik dengan penawaran lisan atau tertulis untuk mencapai harga tertinggi. PT.ABC merupakan perusahaan lelang yang bergerak di bidang lelang mobil. Kegiatan lelang yang dilakukan PT.ABC masih menggunakan cara konvensional. Sistem konvensional memiliki beberapa kekurangan di antaranya pencatatan yang manual, rentan hilang, dan peserta lelang wajib datang ke lokasi untuk membeli barang hasil lelang. Penelitian ini melakukan pembangunan website lelang mobil untuk meningkatkan efisiensi bisnis lelang. Aplikasi dibangun menggunakan Framework CodeIgniter 3 dengan menggunakan basis data MySQL dan teknologi *websocket* yaitu Socket.IO. Metode pengembangan perangkat lunak menggunakan metode *waterfall*. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi di PT.ABC dan didapatkan data kebutuhan sistem lelang *online*, alur kegiatan lelang mobil dan hal-hal yang dibutuhkan peserta untuk mengikuti lelang. Pembangunan aplikasi digunakan sebuah konsep pemodelan yaitu UML. Aplikasi diuji dengan menggunakan *user acceptance test* dengan jumlah responden sebanyak 5 orang untuk admin dan 24 orang untuk *front-end*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aplikasi sangat layak digunakan dan membantu proses berjalannya bisnis dengan hasil kuesioner *website* admin 93% dan *website front-end* 91,67%.

Kata kunci: CodeIgniter, Lelang, Mobil, Socket.IO, Website

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi telah memberikan pengaruh yang besar terhadap kemajuan industri dunia usaha dan masyarakat, salah satunya adalah teknologi informasi [1]. Teknologi informasi merupakan kombinasi teknologi komputasi dan komunikasi dalam bentuk perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan oleh pihak-pihak yang berkepentingan untuk mengolah data

guna menghasilkan informasi yang relevan dengan pengambilan keputusan strategis [2]. Perkembangan teknologi informasi (TI) membawa banyak manfaat dalam berbagai bidang kegiatan. Peranan TI dalam berbagai aspek dunia bisnis sangat penting. Sebagai teknologi yang berfokus pada pengelolaan sistem informasi dengan menggunakan komputer, TI dapat memenuhi kebutuhan informasi dunia bisnis dengan sangat cepat, tepat waktu,

akurat dan tepat guna. TI memegang peranan yang sangat penting dalam persaingan di banyak bidang bisnis saat ini. TI dapat menggambarkan aspek-aspek yang membentuk strategi bersaing suatu bisnis. Salah satu kegiatan yang dapat diterapkan TI adalah kegiatan lelang. Menurut Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 213/PMK.06/2020 tentang petunjuk penyelenggaraan lelang, lelang adalah penjualan barang yang dibuka untuk umum dengan kenaikan atau penurunan harga secara tertulis atau lisan hingga mencapai harga tertinggi yang dimulai dengan adanya pengumuman lelang. Lelang bertujuan untuk mencapai suatu kesepakatan menguntungkan kedua belah pihak, baik penjual maupun pembeli yang diawali dengan adanya transaksi penawaran suatu barang atau jasa [3].

PT ABC yang berdiri pada tahun 2010 adalah perusahaan lelang mobil yang transparan dan profesional. Selama ini PT ABC masih menggunakan sistem konvensional. Lelang konvensional atau tradisional biasanya diselenggarakan oleh suatu perusahaan yang bergerak di bidang jual beli barang lelang, yang mana proses lelangnya berlangsung di suatu tempat yang terkadang jauh dari jangkauan konsumen atau penawar [4]. Banyak kendala terkait proses lelang yang dihadapi dengan sistem konvensional ini. Proses memasukkan data masih dilakukan secara manual dengan menggunakan formulir pendaftaran kertas yang diberikan kepada pelanggan. Penyelenggara lelang mobil harus membuat daftar mobil semenarik mungkin secara manual. Kemudian penyelenggara lelang juga diharuskan menyusun jadwal pelelangan secara manual agar tidak terjadi bentrok dengan jadwal lelang lainnya dan biasanya penyelenggara masih kesulitan dalam menyusun jadwal [5]. Permasalahan lain yang dihadapi adalah penyelenggaraan lelang mengharuskan peserta lelang menyelesaikan prosedur langsung di lokasi lelang dengan membawa nomor induk peserta lelang (NIPL).

Berdasarkan permasalahan di atas penulis ingin melakukan penelitian yaitu membuat rancang bangun *website* lelang mobil menggunakan *Framework* CodeIgniter 3 pada PT.ABC. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat *website* lelang mobil menggunakan *Framework* CodeIgniter 3 pada PT.ABC serta membuat *website* yang memudahkan melakukan pengolahan dan penyajian data lelang. *Website* yang dibangun juga menggunakan teknologi *asynchronous* menggunakan *Web Socket* atau *Socket.io* agar dapat digunakan secara *real time* [6] dan pelanggan hanya perlu terkoneksi internet untuk mengikuti acara lelang.

Lelang

Lelang merupakan kegiatan jual beli suatu barang yang akan diberi harga dasar oleh penjual, dan peserta lelang akan melakukan penawaran dengan cara bersaing mengajukan harga tertinggi dengan peserta lainnya. Peserta dengan penawaran harga tertinggi akan jadi pemenang

dalam persaingan perebutan barang lelang [7]. Lelang adalah penjualan barang secara terbuka kepada masyarakat dengan penawaran harga tertulis dan lisan yang dinaikkan atau diturunkan hingga mencapai harga tertinggi, yang didahului dengan pemberitahuan lelang. Lelang konvensional biasanya diselenggarakan oleh suatu perusahaan yang bergerak di bidang jual beli barang secara lelang, yang mana proses lelang tersebut berlangsung di suatu tempat sehingga konsumen atau penawar dapat menjadi peserta lelang. Di Indonesia, terdapat lembaga yang terlibat dalam proses lelang, antara lain Kantor Pelayanan Kekayaan Negara dan Lelang (KPKNL) serta balai lelang milik pemerintah dan swasta [8].

CodeIgniter 3

Codeigniter 3 merupakan aplikasi *open source* berupa *Framework* bahasa pemrograman PHP untuk membuat sebuah *website*. CodeIgniter adalah kerangka aplikasi web yang dibuat oleh EllisLab, digunakan untuk membuat aplikasi dinamis berbasis PHP [9]. Dengan disediakannya banyak *library* pada CodeIgniter 3 membuat penulisan kode lebih cepat karena perintah-perintah dasar pemrograman PHP sudah diringkas dan antarmuka yang disediakan sederhana sehingga mudah untuk dipelajari dan digunakan. CodeIgniter 3 memiliki konsep *Model, View, Controller* (MVC).

MySQL

MySQL merupakan perangkat lunak untuk sistem manajemen basis data yang bersifat *open source* dan menggunakan SQL (*Structured Query Language*) untuk mengakses basis data. MySQL merupakan salah satu jenis RDBMS (*Relational Database Management System*) dan mendukung bahasa pemrograman PHP [10]. MySQL merupakan turunan dari SQL yang merupakan salah satu konsep utama basis data yang sudah ada sebelumnya. SQL adalah konsep operasi basis data untuk memilih dan memasukkan data yang memudahkan untuk melakukan operasi otomatis pada data.

Socket.IO

Socket.IO merupakan sebuah paket perangkat lunak *node.js* berupa *web socket* yang diimplementasikan sisi server. Socket.IO memungkinkan permintaan dapat dikirim dan diterima dari sisi klien yang diakses pada waktu yang bersamaan (*real time*) dan lebih stabil [11].

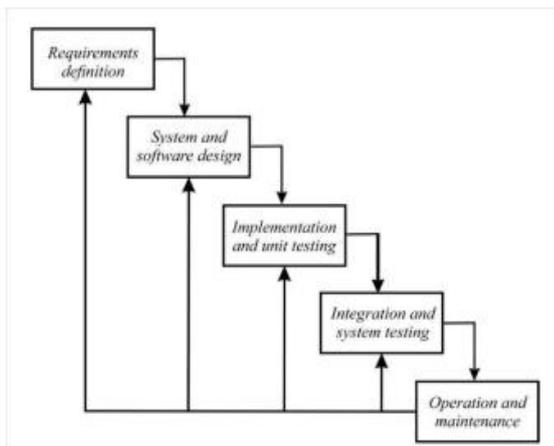
Metode Waterfall

Metode *waterfall* adalah metode yang menyediakan pendekatan berurutan atau teratur terhadap siklus hidup perangkat lunak [12]. *Waterfall* merupakan sebuah metode pengembangan sistem secara berurutan dari satu fase ke fase lainnya. Implementasi dari metode *waterfall* ini mendasarkan untuk menyelesaikan terlebih dahulu tahapan pertama, setelah tahapan pertama selesai maka akan dilanjutkan ke tahapan berikutnya. Alur tahapan metode

waterfall dapat dilihat pada gambar 1. Terdapat 5 tahapan pada metode *waterfall*, yaitu [13]:

1) *Requirement analysis and definition*

Tahapan ini melakukan analisis dan pengumpulan data dari penerapan fitur dan kendala ataupun penggunaan sistem yang diperoleh dari pengguna sistem. Hal ini berfungsi untuk menentukan spesifikasi sistem.



Gambar 1. Alur Tahapan Metode *Waterfall*

2) *System and software design*

Tahapan ini mulai melakukan perancangan struktur sistem dari persyaratan yang telah ditetapkan berdasarkan analisis dari tahapan sebelumnya. Dan juga dilakukan gambaran terhadap alur pada sistem perangkat lunak beserta dengan hubungan-hubungannya.

3) *Implementation and unit testing*

Tahapan ini sudah menjadi satu paket program yang merupakan hasil dari desain ditahap sebelumnya. Dan juga dilakukan pengujian pada programnya apakah sudah memenuhi spesifikasi sistem.

4) *Integration and system testing*

Pada tahapan ini, program sudah siap dikirim ke pengguna sistem jika sudah lulus uji coba yang memenuhi spesifikasi sistem setelah diintegrasikan satu sama lain.

5) *Operation and maintenance*

Pada tahapan ini, sistem sudah pasang dan mulai digunakan. Ada juga proses pemantauan pada sistem apabila terdapat *bugs/error* yang tidak ditemukan pada proses pengujian maka hal itu harus diperbaiki. Proses pemantauan ini juga termasuk pada penambahan fitur atau fungsi baru.

UML (*Unified Modelling Language*)

UML adalah alat/model untuk merancang dan mengembangkan perangkat lunak berorientasi objek [14].

UML juga berperan sebagai *blue print* atau sebagai standar penulisan pada sebuah perangkat lunak yang di dalamnya terdapat suatu bisnis proses dan terdapat suatu bahasa yang spesifik dari penulisan kelas-kelas. Terdapat diagram yang sering digunakan dalam pengembangan suatu sistem pada UML, sebagai berikut [15] :

1) *Use Case Diagram*

Use Case Diagram merupakan gambaran yang mempresentasikan sebuah hubungan antara *actor* yang merupakan entitas dari manusia sebagai pengguna sistem dengan sistem yang digunakan.

2) *Activity Diagram*

Activity Diagram merupakan gambaran dari sebuah urutan aktivitas-aktivitas yang berjalan pada sistem.

3) *Sequence Diagram*

Sequence Diagram merupakan penggambaran hubungan antar objek yang berada di area sistem yang digambarkan pada urutan waktu.

4) *Class Diagram*

Class Diagram menampilkan hubungan kelas-kelas berupa paket-paket dan objek yang tergambar pada struktur dan deskripsi.

User Acceptance Test (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) merupakan pengujian akhir pada proses pengembangan produk untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun telah memenuhi kebutuhan pengguna. UAT biasanya dilakukan oleh pelanggan atau pengguna akhir [16]. Fungsi penting dijalankannya UAT adalah untuk menghindari kesalahan, memastikan bahwa sistem beroperasi sesuai kebutuhan dan fungsionalitas, dan menentukan bahwa hasil akhir dari sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya dan telah dilaksanakan dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

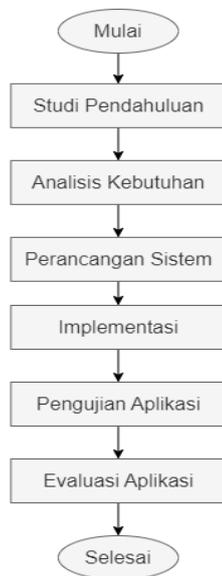
Berikut adalah gambar diagram alur penelitian yang telah dirancang yang terlihat pada gambar 2.

2.1 Studi Pendahuluan

Tahap ini melakukan pembelajaran dari pengumpulan literatur-literatur berupa artikel dan jurnal ilmiah yang terkait dengan topik penelitian. Dengan dilakukannya studi literatur ini penulis dapat menentukan model penelitian serta mendapat gambaran bagaimana penelitian akan dilakukan dan apa saja yang akan dibutuhkan pada penelitian ini. Studi literatur akan menjadi acuan analisis sesuai dengan penelitian lain yang relevan dengan penelitian ini.

2.2 Analisis Kebutuhan

Tahap ini melakukan identifikasi masalah yang ada untuk mengetahui kendala apa saja yang telah dialami pada saat proses lelang mobil di PT.ABC. Kemudian dilakukan evaluasi dari masalah-masalah yang sudah diidentifikasi, sehingga didapatkan apa saja yang dibutuhkan dalam perbaikan aplikasi lelang mobil PT.ABC yang setelah itu akan diimplementasikan dalam pembuatan aplikasi berbasis *website*.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

2.3 Perancangan Sistem

Tahap selanjutnya dilakukan perancangan sistem oleh penulis dari merancang desain antarmuka *website* dengan menggunakan *canva*, merancang basis data dengan *MySQL Workbench* dan perancangan sistem lainnya. Tahapan ini akan memudahkan dalam proses implementasi karena tahapan perancangan sistem akan membuat gambaran jelas arah dari bagaimana aplikasi berbasis *website* akan dibangun.

2.4 Implementasi

Tahap selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan basis data dengan *MySQL* hingga terbentuknya sebuah *website* dengan melakukan pengkodean menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dengan *framework* *CodeIgniter 3*. Metode yang digunakan adalah metode *waterfall*. Tahap implementasi ini diharap dapat mengikuti rancangan yang sudah dibuat, agar *website* yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang sudah dianalisis.

2.5 Pengujian Aplikasi

Tahap ini *website* akan diuji dan menghasilkan penilaian pada *website* yang telah dibuat apakah sudah memenuhi kebutuhan atau belum. Jika ditemukan kesalahan (*bugs*) pada *website* maka harus langsung diperbaiki. Pengujian dilakukan dengan *user acceptance test* (UAT) untuk

mendapatkan penilaian kelayakan sistem yang dibangun apakah sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2.6 Evaluasi Aplikasi

Tahap ini dilakukan setelah pengujian *user acceptance test* (UAT). Salah satu cara mengukur UAT adalah dengan menggunakan skala likert [17]. Untuk menghitung nilai skala likert diperoleh dengan menggunakan persamaan 1 berikut:

$$\text{Index}(\%) = \left(\frac{t}{y \times z} \right) \times 100\% \quad (1)$$

t = total skor yang diperoleh dari semua responden

y = jumlah responden

z = maksimum poin yang bisa diperoleh dari setiap responden

Kemudian, hasil yang diperoleh diklasifikasikan berdasarkan interpretasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Interpretasi Skor Indeks

Interval	Interpretasi
0 - 30 %	Sangat Tidak Setuju
31 - 55 %	Tidak Setuju
56 - 80 %	Setuju
81 - 100 %	Sangat Setuju

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

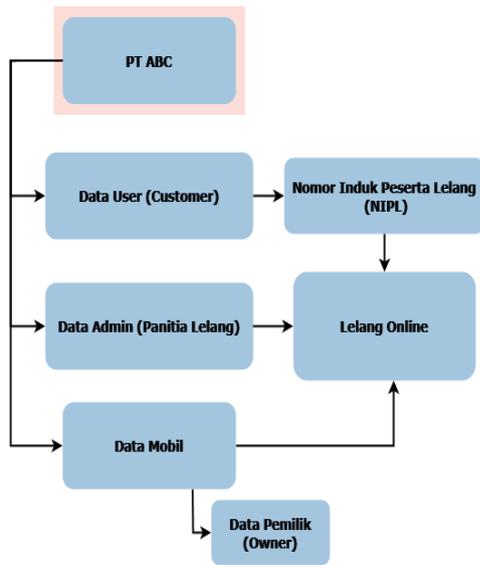
3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Desember 2022 di PT.ABC dan dilakukan dengan dua cara. Pertama dengan melakukan kegiatan wawancara, dengan melakukan wawancara dengan narasumber yaitu salah satu pegawai PT.ABC dengan memberikan 10 pertanyaan yang berkaitan dengan penelitian. Pertanyaan-pertanyaan yang sudah disiapkan oleh penulis dapat dijawab oleh narasumber yang selanjutnya akan menjadi data yang digunakan untuk penelitian. Kedua dengan cara melakukan observasi, di mana penulis melakukan kunjungan langsung ke tempat kegiatan lelang PT.ABC serta melakukan pengamatan dan mencatat hal-hal yang sistematis terhadap unsur penelitian untuk dijadikan data-data yang akan dibutuhkan. Data-data yang didapat adalah terkait kebutuhan sistem lelang *online*, bagaimana alur proses kegiatan lelang mobil dan hal-hal yang dibutuhkan peserta untuk mengikuti lelang.

3.2 Perancangan Sistem

Setelah semua informasi terkumpul penulis melakukan analisis kebutuhan terhadap sistem yang dibangun dan penulis mendapatkan gambaran modul sistem yang telah dianalisis yang terlihat pada gambar 3.

Penulis juga melakukan pemetaan fungsi kebutuhan sistem yang akan diimplementasikan pada aplikasi yang dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 3. Modul Sistem

Tabel 2. Tabel Pemetaan Fungsi Kebutuhan Sistem

Nama Fitur	Deskripsi
Website Admin	Fitur ini untuk melakukan pengolahan data internal dari pihak lelang. data dapat mencakup dari peserta lelang hingga data untuk ketersediaan lelang.
Login	Fitur untuk otentikasi user untuk admin mengakses website admin, dan juga jika user untuk melakukan pembelian nomor lelang dan melakukan lelang online di website front-end.
Register User	User mendaftarkan akun untuk dapat login di website front-end.
Lupa Password	User dapat mengubah password dikarenakan user lupa dengan password yang dimiliki.
Homepage user	Halaman utama untuk menyapa pengguna yang menampilkan informasi lelang dan PT ABC.
Live Auction	Fitur yang mempertemukan user dengan pihak penyelenggara lelang dalam mengadakan kegiatan lelang online.
NIPL (Nomor Induk Peserta Lelang)	Fitur yang digunakan untuk memesan nomor lelang yang akan digunakan untuk melakukan bidding pada saat kegiatan lelang. Dan juga terdapat list status aktif NIPL.
Fitur jadwal lelang	Fitur ini menampilkan informasi kapan kegiatan lelang akan dilaksanakan dan daftar mobil yang akan dilelang.
Fitur detail mobil	Fitur ini menampilkan informasi detail mobil.
Fitur hubungi kami	Fitur yang disediakan untuk user mengirim pesan seperti keluhan atau masukkan ke pihak penyelenggara lelang.

3.3 Activity Diagram Use Case Diagram

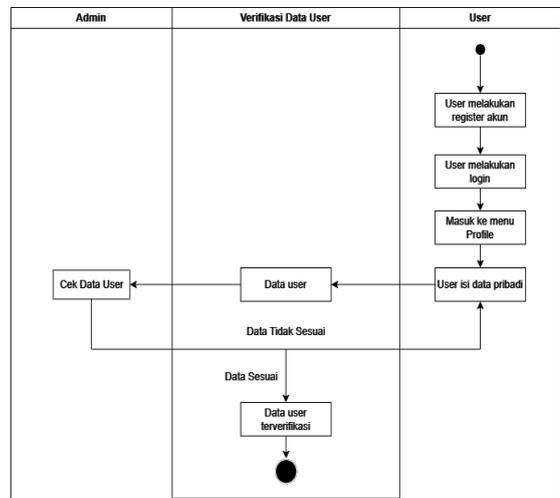
Activity diagram akan menggambarkan alur dari suatu aktivitas pada suatu sistem. Masing-masing activity diagram terlihat pada gambar 4, 5 dan 6. Berikut merupakan gambaran aktivitas yang ada pada activity diagram berdasarkan proses bisnis lelang online PT. ABC:

1) Activity diagram verifikasi data user

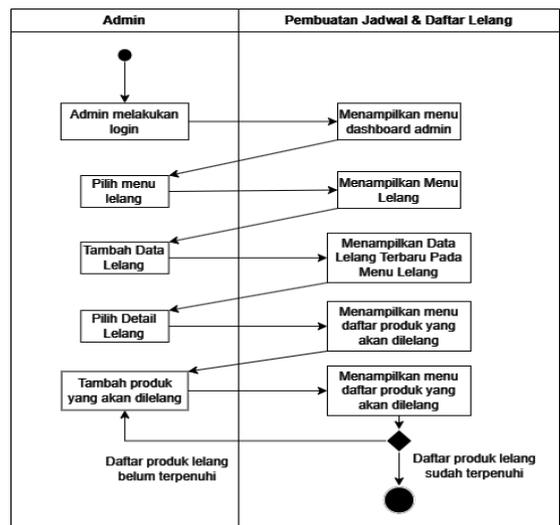
Aktivitas ini merupakan bagian awal agar pengguna dapat melakukan pembelian NIPL, dengan pengguna harus melakukan pengisian data dan diverifikasi oleh admin.

2) Activity diagram pembuatan jadwal & daftar lelang

Aktivitas ini akan menggambarkan admin yang akan menyediakan jadwal lelang beserta daftar produk yang akan dilelang.



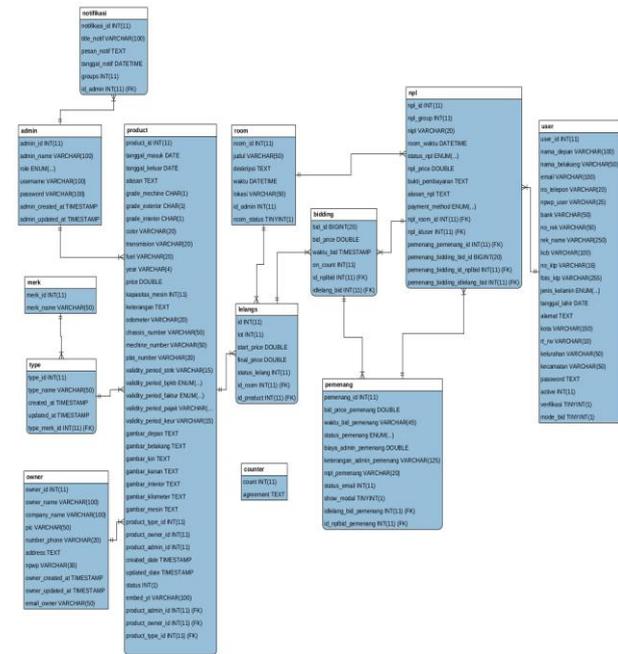
Gambar 4. Activity Diagram Verifikasi Data User



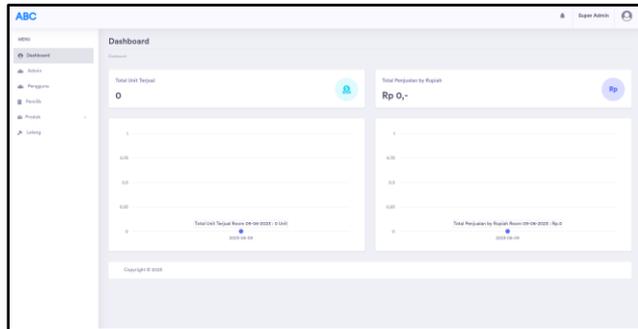
Gambar 5. Activity Diagram Pembuatan Jadwal & Daftar Lelang

3) Activity diagram lelang online

Aktivitas ini merupakan gambaran bagaimana proses agar dapat mengikuti kegiatan lelang.

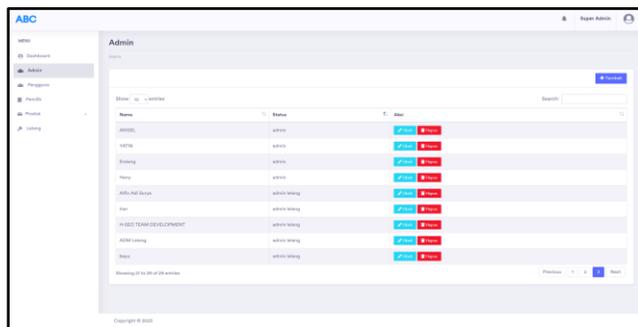


Gambar 8. Desain Database



Gambar 9. Dashboard

Tampilan menu-menu pada website admin ini terdiri dari tabel untuk menampilkan data, dan juga ada fungsi untuk membuat, mengubah, dan menghapus data yang terlihat pada gambar 10.



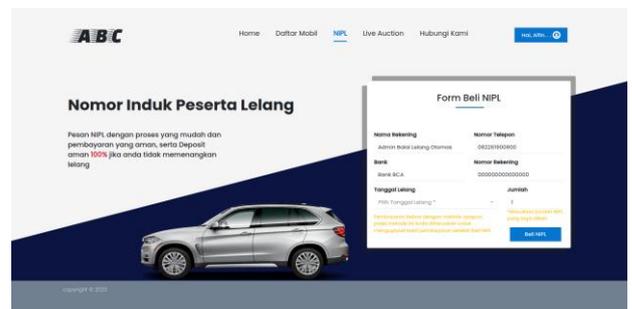
Gambar 10. Menu Admin

Halaman homepage yang terlihat pada gambar 11 akan menjadi tampilan utama ketika pengguna mengakses aplikasi.



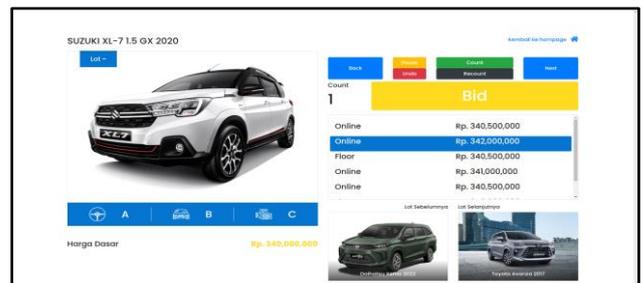
Gambar 11. Halaman Homepage User

Form beli NIPL yang terlihat pada gambar 12 ini berguna untuk melakukan pemesanan NIPL yang nantinya akan dipakai untuk mengikuti acara lelang.



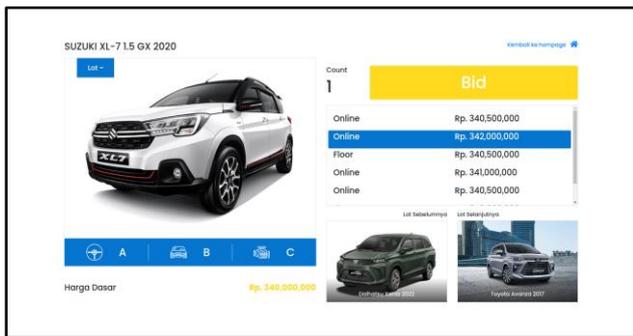
Gambar 12. Halaman NIPL

Halaman Live Auction yang digunakan sebagai acara lelang online. Gambar 13 adalah gambar halaman Live Auction yang diakses oleh admin lelang yang akan mengontrol acara jalannya lelang.



Gambar 13. Halaman Live Auction Admin Lelang

Halaman Live Auction yang diakses oleh pengguna yang terlihat pada gambar 14 hanya dapat melakukan penawaran harga.



Gambar 14. Halaman *Live Auction* Pengguna

3.7 Pengujian *User Acceptance Test (UAT)*

Tahap uji ini dilakukan kepada *end-user* untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibangun sudah memenuhi kepuasan pengguna dan diukur dengan menggunakan skala likert seperti pada persamaan (1). Pada tahap ini penulis menyebarkan kuesioner dengan beberapa pertanyaan yang dibagi menjadi 2 sesi pengujian yaitu untuk *website* admin total 5 responden dan *website front-end* total 24 responden. Tahapan uji dapat terlihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Tabel Hasil UAT *Website Admin*

Pertanyaan	Sangat Tidak Setuju (STS)	Tidak Setuju (TS)	Setuju (S)	Sangat Setuju (SS)
Apakah tampilan <i>website</i> admin mudah dipahami	0	0	1	4
Apakah informasi yang ada di halaman <i>dashboard</i> sangat membantu untuk pencapaian bisnis lelang	0	0	2	3
Apakah data yang dimuat dalam tabel muncul dengan cepat	0	0	3	2
Apakah pengelolaan data di <i>website</i> sangat mudah	0	0	0	5
Apakah <i>website</i> admin ini membantu pihak admin untuk melakukan pengelolaan dan penyajian data	0	0	1	4

Tabel 5. Tabel Hasil UAT *Website Front-End*

Pertanyaan	Sangat Tidak Setuju (STS)	Tidak Setuju (TS)	Setuju (S)	Sangat Setuju (SS)
Apakah tampilan keseluruhan <i>website</i> ini sudah sesuai dengan tema lelang mobil <i>online</i>	0	0	8	16
Apakah akses memuat halaman <i>website</i> berjalan cepat	0	0	9	15
Apakah informasi yang ditampilkan di <i>website</i> mudah dipahami	0	0	7	17
Apakah daftar mobil yang ditampilkan beserta dengan fitur pencarian mobil berjalan dengan baik	0	0	9	15
Apakah proses pendaftaran akun hingga mengisi kelengkapan data pribadi berjalan lancar	0	1	7	16
Apakah proses pesan NIPL tidak berbelit-belit	0	0	8	16
Apakah dengan adanya aplikasi lelang mobil <i>online</i> ini dapat membuat kegiatan lelang menjadi sangat efisien	0	0	8	16

3.8 Evaluasi

Setelah jawaban kuesioner dikumpulkan, maka dilakukan perhitungan skala likert untuk mengukur respons terkait aplikasi yang sedang dikembangkan. Untuk perhitungan dan interpretasi skala likert terlihat pada tabel 6, 7, 8 dan 9.

1) Perhitungan skala likert *website* admin:

Tabel 6. Tabel Perhitungan Skala Likert *Website Admin*

Pertanyaan	(STS)	(TS)	(S)	(SS)
1	0	0	1	4
2	0	0	2	3
3	0	0	3	2
4	0	0	0	5
5	0	0	1	4

Tabel 7. Tabel Interpretasi Skala Likert *Website Admin*

Pertanyaan	(STS)	(TS)	(S)	(SS)	Total (t)
1	0	0	3	16	19
2	0	0	6	12	18
3	0	0	9	8	17
4	0	0	0	20	20
5	0	0	3	16	19

$$\text{Jumlah Responden (y)} = 5$$

$$\text{Skoring Tertinggi (z)} = 4$$

$$\text{Indeks Persentase (i)} = (t / (y * z)) * 100$$

$$\begin{aligned} \text{Pertanyaan 1} &= (19 / (5 * 4)) * 100 \\ &= 95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pertanyaan 2} &= (18 / (5 * 4)) * 100 \\ &= 90\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pertanyaan 3} &= (17 / (5 * 4)) * 100 \\ &= 85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pertanyaan 4} &= (20 / (5 * 4)) * 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pertanyaan 5} &= (19 / (5 * 4)) * 100 \\ &= 95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil Akhir} &= (95 + 90 + 85 + 100 + 95) / 5 \\ &= 93\% \end{aligned}$$

2) Perhitungan skala likert *website front-end*:

Tabel 8. Tabel Perhitungan Skala Likert *Website Front-End*

Pertanyaan	(STS)	(TS)	(S)	(SS)
1	0	0	8	16
2	0	0	9	15
3	0	0	7	17
4	0	0	9	15
5	0	1	7	16
6	0	0	8	16
7	0	0	8	16

Tabel 9. Tabel Interpretasi Skala Likert *Website Front-End*

Pertanyaan	(STS)	(TS)	(S)	(SS)	Total (t)
1	0	0	24	64	88
2	0	0	27	60	87

Pertanyaan	(STS)	(TS)	(S)	(SS)	Total (t)
3	0	0	21	68	89
4	0	0	27	60	87
5	0	2	21	64	87
6	0	0	24	64	88
7	0	0	24	64	88

$$\text{Jumlah Responden (y)} = 24$$

$$\text{Skoring Tertinggi (z)} = 4$$

$$\text{Indeks Persentase (i)} = (t / (y * z)) * 100$$

$$\text{Pertanyaan 1} = (88 / (24 * 4)) * 100 = 91,67\%$$

$$\text{Pertanyaan 2} = (87 / (24 * 4)) * 100 = 90,62\%$$

$$\text{Pertanyaan 3} = (89 / (24 * 4)) * 100 = 92,70\%$$

$$\text{Pertanyaan 4} = (87 / (24 * 4)) * 100 = 90,62\%$$

$$\text{Pertanyaan 5} = (87 / (24 * 4)) * 100 = 90,62\%$$

$$\text{Pertanyaan 6} = (88 / (24 * 4)) * 100 = 91,67\%$$

$$\text{Pertanyaan 7} = (88 / (24 * 4)) * 100 = 91,67\%$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil Akhir} &= (91,67 + 90,62 + 92,70 + 90,62 + 90,62 \\ &\quad + 91,67 + 91,67) / 7 = 91,36\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dan membandingkan dengan hasil interpretasi skor indeks yang terlihat pada tabel 1, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengembangan *website* lelang mobil sudah sesuai dengan yang diharapkan. Untuk nilai kepuasan pengguna terhadap *website* admin berada di angka 93% (Sangat Setuju) dan untuk *website front-end* berada di angka 91,36% (Sangat Setuju).

4. KESIMPULAN

Penulis memberikan kesimpulan dalam penelitian ini yaitu telah berhasil merancang dan membuat *website* lelang mobil menggunakan *Framework CodeIgniter 3* pada PT.ABC dengan hasil evaluasi dari *website* admin bernilai 93% serta *website front-end* bernilai 91,36% dan *website* yang dibangun juga mudah digunakan untuk pengolahan dan penyajian data lelang. *Website* yang dibangun juga telah berhasil menggunakan teknologi *asynchronous* dengan *Web Socket* atau *Socket.io* sehingga bisa diakses secara *real time* dan pelanggan hanya perlu koneksi internet untuk mengikuti acara lelang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang baik langsung maupun tidak langsung telah berkontribusi dan mendukung terselesainya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri yaitu Kaprodi Teknik Informatika, Dosen Pembimbing, Dosen dan Staf yang ada di lingkungan kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Tazkiyah and A. Arifin, "Perancangan UI/UX pada Website Laboratorium Energy menggunakan Aplikasi Figma," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 8, no. 2, pp. 72–78, Dec. 2022, doi: 10.54914/jtt.v8i2.513.
- [2] K. A. Akhmad and S. Purnomo, "Pengaruh Penerapan Teknologi Informasi Pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah Di Kota Surakarta," *Sebatik*, vol. 25, no. 1, Jun. 2021, doi: 10.46984/sebatik.v25i1.1293.
- [3] R. Andarsyah and R. Fadilla, "Aplikasi Lelang Online Geographic Information System (WebGIS) Intelligence Pt. Pegadaian (Persero) Menggunakan Metode Research And Development (R&D)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 12, no. 2, pp. 1–7, Apr. 2020.
- [4] S. M. Rahmawati and K. Latifah, "Perancangan Sistem Lelang Online Berbasis Web di Pegadaian UPC Pekauman Kendal Menggunakan Metode Waterfall," *Proceeding Science and Engineering National Seminar*, vol. 6, no. 1, pp. 648–654, Feb. 2021.
- [5] N. Hasti and I. Tenrysau, "Sistem Informasi Pelelangan Online Pada PT. Balai Lelang Bandung," *Jurnal ULTIMA InfoSys*, vol. 8, no. 2, pp. 95–100, Apr. 2018, doi: 10.31937/si.v8i2.642.
- [6] R. Somya, "Perancangan Aplikasi Chatting Berbasis Web di PT. Pura Barutama Kudus menggunakan Socket.IO dan Framework Foundation," *Khazanah Informatika : Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, Jun. 2018, doi: 10.23917/khif.v4i1.5979.
- [7] S. Farisi and A. Kusumawati, "Perancangan Sistem Lelang Online Berbasis Website," *Jurnal Sains, Bisnis dan Teknologi Kalbisiana*, vol. 8, pp. 78–87, Apr. 2022.
- [8] Z. Andayani, S. Siregar, and I. Harahap, "Peranan Balai Lelang Swasta Pada Pelaksanaan Lelang Eksekusi Hak Tanggungan Dalam Penyelesaian Kredit Macet," *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, pp. 701–706, Feb. 2020.
- [9] Y. Syafitri, R. Astika, and L. S. E. Esti Rahayu, "Pengembangan Aplikasi Pelelangan Menggunakan Framework Codeigniter Berbasis Web," *Jurnal Informasi dan Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 01–07, Oct. 2022, doi: 10.35959/jik.v10i2.381.
- [10] O. Pahlevi, A. Mulyani, and M. Khoir, "Sistem Informasi Inventori Barang Menggunakan Metode Object Oriented Di Pt. Livaza Teknologi Indonesia Jakarta," *Jurnal PROSISKO*, vol. 5, no. 1, 2018, [Online]. Available: <https://livaza.com/>.
- [11] S. Setyawan and A. Susanto, "Sistem Push Notification Life@BankJateng Sebagai Penunjang Layanan Pegawai PT. Bank Jawa Tengah Menggunakan Socket.IO Push Notification System Life@BankJateng to Support PT. Bank Jawa Tengah Using Socket.IO," *Journal of Information System*, vol. 03, 2018.
- [12] M. Badrul, "Penerapan Metode waterfall untuk Perancangan Sistem Informasi Inventory Pada Toko Keramik Bintang Terang," *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 57–52, Sep. 2021, doi: 10.30656/prosisko.v8i2.3852.
- [13] M. H. Romadhon, Y. Yudhistira, and Mukrodin, "Sistem Informasi Rental Mobil Berbasis Android Dan Website Menggunakan Framework Codeigniter 3 Studi Kasus : CV Kopja Mandiri," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Peradaban (JSITP)*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, Jul. 2021.
- [14] F.- Sonata, "Pemanfaatan UML (Unified Modeling Language) Dalam Perancangan Sistem Informasi E-Commerce Jenis Customer-To-Customer," *Jurnal Komunika : Jurnal Komunikasi, Media dan Informatika*, vol. 8, no. 1, p. 22, Jun. 2019, doi: 10.31504/komunika.v8i1.1832.
- [15] M. T. Prihandoyo, "Unified Modeling Language (UML) Model Untuk Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web," *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, vol. 3, no. 1, pp. 126–129, Jan. 2018, doi: 10.30591/jpit.v3i1.765.
- [16] E. Suprpto, "User Acceptance Testing (UAT) Refreshment PBX Outlet Site BNI Kanwil Padang," *Jurnal Civronlit Unbari*, vol. 6, no. 2, p. 54, Oct. 2021, doi: 10.33087/civronlit.v6i2.85.
- [17] F. Wahyuda, S. A. Wicaksono, and T. Afirianto, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pemesanan Pakaian dan Keuangan Berbasis Web (Studi Pada: YP Screenprinting)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, pp. 670–679, Feb. 2020.



KLASIFIKASI MOTIF SONGKET PALEMBANG MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* BERDASARKAN *HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENTS*

Yohannes¹, Muhammad Ezar Al Rivan², Siska Devella³, Meiriyama⁴

^{1, 2, 3}Informatika, Universitas Multi Data Palembang

⁴Manajemen Informatika, Universitas Multi Data Palembang
Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia 30113

yohannesmasterous@mdp.ac.id, meedzhar@mdp.ac.id, siskadevella@mdp.ac.id, meiriyama@mdp.ac.id

Abstract

Songket Palembang is one of the intangible cultural heritages with the domain of traditional craftsmanship and crafts. Songket Palembang has several motifs, including Chinese Flowers, Cantik Manis, and Pulir. Preservation efforts are carried out by providing an understanding of Palembang Songket patterns. This study classified Palembang Songket patterns based on shape features using the Histogram of Oriented Gradient (HOG) method. Based on the test results of 45 test data images, the HOG method can become a feature in the image classification of Palembang Songket patterns, namely Chinese Flowers, Cantik Manis, and Pulir. The Support Vector Machine (SVM) method is a classification method that can recognize Palembang Songket patterns with RBF, Linear, and Polynomial kernels. The results showed that the RBF kernel was the best kernel that produced an average accuracy value of 88.1%, a precision of 84.1%, a recall of 82.2%, and an f1-score of 82.6%, and the three Palembang Songket patterns tested, it was found that the Palembang Songket patterns that were easiest to classify well were the Cantik Manis patterns for all types of SVM kernels.

Keywords: Classification, HOG, Pattern, Songket, SVM

Abstrak

Songket Palembang merupakan salah satu warisan budaya takbenda dengan domain kemahiran dan kerajinan tradisional. Songket Palembang memiliki beberapa jenis motif antara lain Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir. Upaya pelestarian dilakukan dengan memberikan pemahaman tentang motif songket Palembang. Pada penelitian ini dilakukan pengklasifikasian motif songket Palembang berdasarkan fitur bentuk dengan menggunakan metode Histogram of Oriented Gradient (HOG). Berdasarkan hasil pengujian terhadap 45 citra data uji, bahwa metode HOG mampu menjadi fitur dalam klasifikasi citra motif Songket Palembang, yaitu motif Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir. Metode *Support Vector Machine* (SVM) digunakan sebagai metode klasifikasi yang dapat mengenali motif Songket Palembang dengan kernel RBF, Linier dan Polinomial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kernel RBF menjadi kernel terbaik yang menghasilkan rata-rata nilai *accuracy* sebesar 88.1%, *precision* sebesar 84.1%, *recall* sebesar 82.2% dan *f1-score* sebesar 82.6% serta dari tiga motif songket Palembang yang diuji didapatkan hasil bahwa motif Songket Palembang yang paling mudah diklasifikasikan dengan baik adalah motif Cantik Manis untuk semua jenis kernel SVM.

Kata kunci: HOG, Klasifikasi, Motif, Songket, SVM

1. PENDAHULUAN

Songket merupakan bentuk kerajinan dari daerah Palembang, Sumatera Selatan berupa kain tenun. Songket memiliki beberapa jenis yaitu Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir. Masyarakat belum banyak mengenal songket. Songket pun ada yang berasal dari daerah selain Palembang. Untuk mengenali songket, masyarakat dapat mengetahui dari penun langsung atau dari pedagang. Jenis dan motif songket berpengaruh terhadap harga jual. Pengenalan jenis

songket menjadi patokan untuk memperkirakan harga. Harga jual yang ditentukan menurut penun dan pedagang dapat menjadi potensi kecurangan.

Pengenalan songket dapat dilakukan menggunakan teknologi pengolahan citra. Dengan menggunakan berbagai pendekatan metode ekstraksi fitur, motif Songket Palembang dapat dikenali. Penggunaan ekstraksi fitur dengan *Speeded-Up Robust Feature* (SURF) [1] dan *Scale-*

Invariant Feature Transform (SIFT) [2] dapat mengenali motif Songket namun masih memiliki kekurangan dalam penentuan jumlah *key* dan *interest point* saat pembentukan fitur. Salah satu ciri yang dapat digunakan untuk merepresentasikan objek adalah pola bentuk. Ciri bentuk dari Songket dapat diambil dari citra songket yang sebelumnya sudah dilakukan *image acquisition*. Ciri bentuk yang bisa digunakan adalah berbentuk histogram, yaitu *Histogram of Oriented Gradient* (HOG).

Penggunaan ciri dari HOG memberikan hasil yang baik untuk pengenalan. Pada penelitian [3] yang menggunakan HOG untuk mengambil ciri bentuk angka yang digunakan untuk pengenalan angka di Kwh meter. Dari penelitian ini diperoleh hasil akurasi sebesar 73%. HOG juga digunakan pada penelitian [4] untuk mengambil ciri bentuk dari wajah hewan untuk menentukan jenis hewan. Hasil yang didapat bervariasi, hasil tertinggi mencapai 100% pada pengenalan wajah hewan kucing. Tidak hanya itu, fitur HOG juga digunakan untuk citra berbasis *saliency* dan memberikan hasil yang baik dalam klasifikasi citra sesuai dengan karakteristiknya [5], [6], [7].

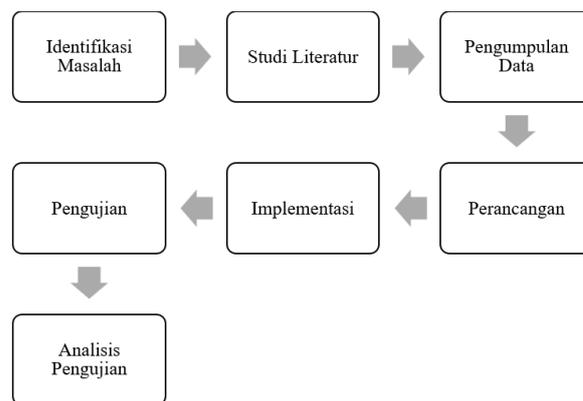
Pengenalan dapat menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian yang menggunakan SVM yaitu pada penelitian [3] untuk pengenalan angka menggunakan ciri HOG dan algoritma pengenalan SVM. Pada penelitian [4] SVM dengan HOG digunakan untuk mengenali wajah hewan yang memberikan hasil akurasi 96,55%. SVM juga digunakan untuk mengenali jenis ikan laut berdasarkan fitur HOG dan HSV dengan akurasi mencapai 94,86% [8]. Kombinasi fitur HOG dan algoritma pengenalan SVM digunakan untuk mendeteksi senyum pada bagian mulut, hidung, dan mata dengan hasil 90,40% [9].

Pada penelitian sebelumnya, ekstraksi fitur yang untuk mendapatkan ciri dari motif Songket menggunakan pendekatan parameter *key* dan *interest point* dari sebuah citra, yaitu menggunakan SURF [1] dan SIFT [2]. Namun pendekatan ini masih kurang optimal dalam klasifikasi motif Songket. Pendekatan lain yang dapat digunakan untuk mendapatkan fitur bentuk atau pola dari sebuah citra adalah HOG. HOG memiliki performa yang baik dalam beberapa variasi bentuk citra, seperti citra gambar bentuk hewan mamalia [4], [7], [10], [11], bentuk ikan laut [8], bentuk angka [3]. HOG dan SVM merupakan kombinasi ekstraksi fitur dan *classifier* yang memberikan hasil yang baik [8]. Oleh karena itu, pada penelitian ini HOG digunakan sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan fitur bentuk dan pola dari motif Songket.

Berdasarkan uraian tersebut pengenalan songket menggunakan HOG dan SVM diharapkan dapat memberikan hasil yang baik. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui performa HOG dan SVM dalam mengenali jenis songket.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan rencana tahapan penelitian yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi masalah, yaitu mendefinisikan masalah mengenai klasifikasi motif songket Palembang dengan menggunakan metode SVM dan HOG, serta membuat definisi tersebut agar dapat diukur.

2.2. Studi Literatur

Dalam tahap ini, studi literatur dilakukan dengan mencari referensi atau penelitian-penelitian terdahulu yang terkait permasalahan dan tujuan penelitian. Referensi dapat berupa buku, artikel dan lainnya yang memberikan informasi relevan mengenai Klasifikasi Motif Songket Palembang serta metode yang digunakan yaitu HOG dan SVM.

2.3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data mengenai motif kain Songket Palembang. Data yang digunakan berupa *dataset* yang berisi citra motif Songket Palembang di antaranya adalah Motif Bunga Cina, Motif Cantik Manis dan Motif Pulir. Citra yang digunakan pada penelitian ini berukuran 256×256 *pixel*, serta data dibagi menjadi data *training* dan *data testing*.

Motif masing-masing Songket dipotret menggunakan kamera SLR Nikon D5000. Jarak antar kamera dan objek yang dipotret adalah 45 cm. Setelah citra motif Songket didapatkan dan telah melalui proses *cropping*. Seluruh jumlah *dataset* dari 3 motif Songket yang berjumlah 345 citra. Proses pelabelan data diverifikasi oleh pengrajin Songket Palembang. Masing-masing motif memiliki 115 citra. Lalu pembagian data dikelompokkan menjadi citra latih berjumlah 70% dan citra uji berjumlah 30% dari setiap motif Songket sehingga didapatkan citra latih 100 gambar dan citra uji 45 gambar. Gambar 2 menunjukkan contoh citra motif Songket Palembang.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Citra Motif Songket Palembang: (a) Motif Songket Bunga Cina; (b) Motif Songket Cantik Manis; (c) Motif Songket Pulir

Motif Songket Palembang seperti Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir merupakan bagian dari kekayaan budaya tenun tradisional Palembang. Keunikan dan keindahan motif-motif ini menjadi daya tarik yang membedakan Songket Palembang dan mencerminkan kekayaan budaya Indonesia. Berikut karakteristik tentang motif Songket Palembang, yaitu Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir [12], [13].

2.3.1. Bunga Cina

Motif Bunga Cina memiliki ciri khas berupa pola bunga-bunga yang elegan dan rumit. Motif ini terinspirasi oleh keindahan bunga-bunga yang biasa ditemukan dalam kebun atau taman, seperti bunga melati, bunga mawar, atau bunga teratai. Bunga Cina umumnya ditenun dengan benang emas atau perak pada kain dasar yang terbuat dari sutra atau

kapas. Motif Bunga Cina sering digunakan dalam berbagai acara istimewa, seperti pernikahan atau upacara adat, sebagai simbol keindahan dan kemewahan.

2.3.2. Cantik Manis

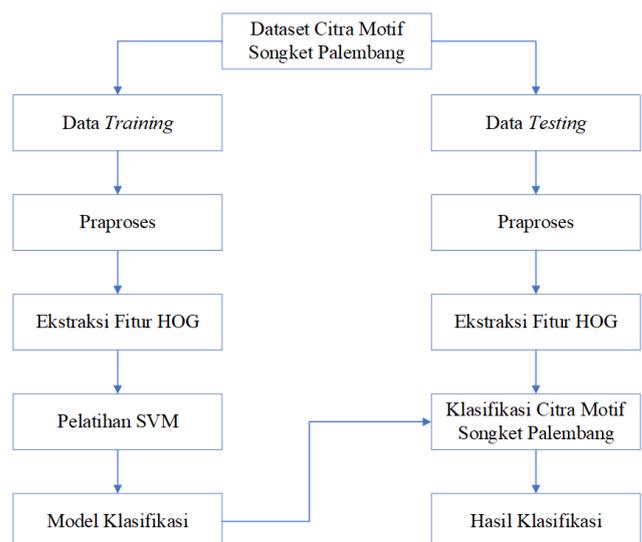
Motif Cantik Manis memiliki karakteristik pola yang cantik, manis, dan feminin. Motif ini seringkali menampilkan pola-pola bunga kecil yang teratur dan rapi, dengan warna-warna cerah dan kontras. Cantik Manis juga biasanya menggunakan benang emas atau perak sebagai aksen yang memberikan kilauan mewah pada kain. Motif Cantik Manis sering digunakan dalam berbagai acara resmi atau upacara adat sebagai simbol keanggunan dan kecantikan.

2.3.3. Pulir

Motif Pulir merupakan salah satu motif yang khas dalam Songket Palembang. Motif ini terdiri dari pola geometris berupa garis-garis atau pola berulang yang teratur. Pulir umumnya ditenun dengan benang emas atau perak yang memberikan efek kilauan dan keindahan pada kain. Motif Pulir sering digunakan sebagai hiasan dalam Songket Palembang untuk memberikan sentuhan modern dan elegan.

2.4. Perancangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan mengenai langkah-langkah yang dilakukan selama proses klasifikasi motif kain songket Palembang. Langkah-langkah yang dilakukan adalah dari pembagian data menjadi *data training* dan data testing, kemudian tahap *preprocessing*, melakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan HOG, melakukan pelatihan dengan menggunakan metode SVM untuk mendapatkan model klasifikasi, kemudian dilakukan klasifikasi motif songket Palembang. Gambar 3 menunjukkan diagram perancangan pada penelitian ini.



Gambar 3. Diagram Perancangan

2.4.1. Histogram of Oriented Gradients

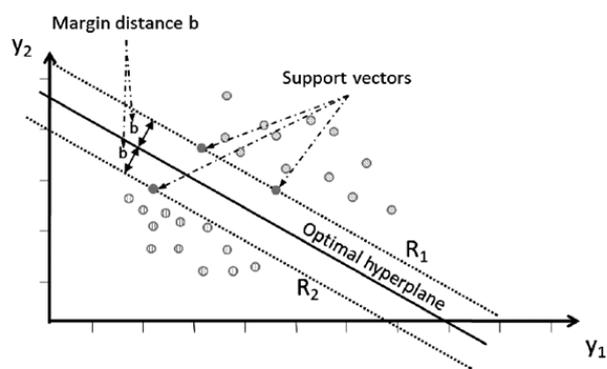
Histogram of Oriented Gradients (HOG) adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur pada sebuah citra atau gambar. Algoritma ini sangat berguna dalam deteksi objek atau pengenalan pola pada gambar, terutama dalam aplikasi *computer vision* dan pengenalan wajah [14]. Konsep dasar dari HOG adalah pola dalam sebuah gambar dapat diidentifikasi melalui distribusi arah perubahan intensitas piksel [14]. HOG mengambil informasi penting dengan menghitung histogram orientasi gradien pada berbagai lokasi dalam sebuah gambar [15]. Histogram ini mencerminkan kecenderungan orientasi gradien dalam setiap wilayah gambar. Berikut adalah tahapan-tahapan cara kerja HOG:

- 1) Konversi Menjadi Citra *Grayscale*. Tahap pertama adalah melakukan perubahan citra dalam bentuk skala keabuan (*grayscale*). Konversi ini merupakan salah satu *preprocessing* pada sebuah citra. Skala keabuan diperlukan untuk menghilangkan informasi warna yang tidak diperlukan, sementara mempertahankan informasi mengenai bentuk dan tekstur.
- 2) Menghitung Gradien. Setelah mendapatkan citra *grayscale*, maka dilakukan perhitungan gradien pada citra dalam skala keabuan. Gradien menggambarkan perubahan intensitas piksel di berbagai arah pada sebuah citra. Untuk setiap piksel, gradien horizontal dan vertikal dihitung dengan menggunakan operator Sobel atau operator lainnya. Gradien horizontal dan vertikal kemudian digunakan untuk menghitung besar (*magnitude*) dan arah gradien untuk setiap piksel.
- 3) Pembagian Sel. Pada tahap ini citra kemudian dibagi menjadi sel-sel kecil yang lebih kecil berukuran sekitar 8x8 piksel. Setiap sel piksel memiliki ukuran yang sama dan terletak dalam blok-blok yang saling tumpang tindih. Pemilihan ukuran yang tepat untuk sel piksel dan blok dapat dilakukan berdasarkan karakteristik motif Songket Palembang dan ukuran citra yang digunakan. Tujuan dari pembagian sel adalah untuk mengumpulkan informasi mengenai gradien dalam wilayah kecil.
- 4) Pembuatan Histogram. Setelah menghitung gradien pada setiap piksel, histogram dari gradien dihitung untuk setiap blok piksel. Histogram ini mewakili distribusi arah gradien dalam blok tersebut. Jumlah bin histogram dan rentang arah gradien yang digunakan dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan.
- 5) Normalisasi Blok. Selanjutnya, histogram dalam blok yang lebih besar dibuat dengan menggabungkan histogram dari sel-sel tetangga. Blok biasanya terdiri dari beberapa sel yang tumpang tindih. Tujuan normalisasi adalah untuk membuat fitur HOG invarian terhadap perubahan kontras dan cahaya.

- 6) Pembentukan Vektor Fitur HOG. Langkah terakhir adalah menggabungkan semua histogram gradien yang dinormalisasi menjadi vektor fitur HOG. Setiap vektor fitur HOG merepresentasikan citra input dan memuat informasi tentang arah gradien yang signifikan dalam citra tersebut.

2.4.2. Support Vector Machine

Salah satu algoritma dalam pembelajaran mesin yang berperan untuk klasifikasi dan regresi adalah *Support Vector Machine* (SVM). SVM bekerja dengan membangun model yang memisahkan dua kelas data dengan margin maksimum di antara kelas-kelas tersebut [16]. SVM berusaha menemukan *hyperplane* terbaik yang memaksimalkan margin, yaitu jarak antara *hyperplane* dan titik-titik terdekat dari kelas data. Margin maksimum memberikan lebih banyak keamanan dan toleransi terhadap variasi data baru.



Gambar 4. Optimal Hyperplane SVM [17]

Dari Gambar 4 dapat dilihat terdapat dua *hyperplane* R1 dan R2. *Hyperplane* tersebut divisualisasikan menggunakan garis putus-putus. Data yang terletak mendekati margin maksimum disebut sebagai *support vector*. *Support vector* ini mempengaruhi pembentukan *hyperplane* dan memiliki peran penting dalam pembentukan model SVM. Margin yang berada di antara kedua *hyperplane* memiliki nilai yang maksimum. Dalam kasus klasifikasi biner, persamaan *hyperplane* dinyatakan pada Persamaan 1 dengan w^T merupakan vektor bobot, x merupakan vektor fitur yang mewakili data input, dan b adalah bias atau pergeseran *hyperplane*.

$$w^T x + b = 0 \quad (1)$$

Dalam kasus data yang tidak *linear*, SVM menggunakan fungsi kernel untuk memetakan data ke dimensi yang lebih tinggi sehingga *hyperplane* dapat memisahkan data dengan baik [16]. Kernel adalah fungsi matematis yang digunakan untuk memetakan data ke dimensi yang lebih tinggi. Dengan menggunakan kernel, data dapat diproyeksikan ke ruang fitur yang lebih kompleks di mana pemisahan *linear* mungkin terjadi.

2.5. Implementasi

Pada langkah ini implementasi bahasa pemrograman Python dilakukan berdasarkan rancangan yang dibuat untuk data citra yang dikumpulkan pada langkah sebelumnya. Data *training* dan *testing* akan dilakukan praproses sebelum diekstraksi fitur menggunakan HOG dan klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine*.

2.6. Pengujian

Pengujian dilakukan pada tahap ini terhadap data *testing* yang sudah melalui tahapan praproses serta ekstraksi fitur HOG. Adapun skenario pengujian pada penelitian ini antara lain:

- Ekstraksi Fitur HOG dengan *classifier* SVM kernel *Linear*
- Ekstraksi Fitur HOG dengan *classifier* SVM kernel RBF
- Ekstraksi Fitur HOG dengan *classifier* SVM kernel *Polynomial*

Evaluasi digunakan untuk mengukur performa dari model klasifikasi SVM. *Confusion matrix* dapat digunakan untuk mengetahui performa model tersebut.

2.7. Analisis Pengujian

Pada tahap ini, hasil pengujian berupa *confusion matrix* yang didapat dari tahap pengujian dihitung nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk klasifikasi motif Songket Palembang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi motif Songket Palembang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian, yaitu dengan menggunakan metode SVM kernel *Linear*, RBF, dan *Polynomial*. Data yang digunakan dalam pengujian sebanyak 30%, yaitu 45 citra untuk setiap motif Songket Palembang. Semua pengujian menggunakan fitur yang sama, yaitu dengan metode ekstraksi fitur HOG. Hasil pengujian klasifikasi motif Songket Palembang untuk setiap kernel SVM kemudian diperoleh dengan menghitung nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Kernel *linear* adalah kernel paling sederhana dimana transformasi data dilakukan secara linear, yaitu hanya dengan menggunakan produk titik (*dot product*) antara dua vektor *input*. Jika x dan y adalah dua vektor *input*, maka kernel *linear* dihitung sebagai $K(x, y) = x * y$.

Sedangkan kernel RBF bekerja dengan mentransformasi data ke dalam dimensi tak hingga. Kernel ini menciptakan fungsi basis radial di sekitar setiap titik data, yang membantu dalam menangkap pola yang kompleks. Kernel RBF dihitung sebagai $K(x, y) = \exp(-\gamma * \|x - y\|^2)$, di mana γ adalah parameter yang dapat diatur untuk mengendalikan bentuk fungsi basis radial.

Kernel *polynomial* mentransformasi data ke dalam dimensi yang lebih tinggi dengan menggunakan fungsi polinomial. Kernel *polynomial* didefinisikan sebagai $K(x, y) = (x * y +$

$c)^d$, di mana c adalah konstanta dan d adalah derajat polinomial.

Untuk hasil klasifikasi motif Songket Palembang dengan menggunakan kernel *linear* dapat dilihat pada Tabel 1. Karena nilai *accuracy* pada motif Songket Cantik Manis dan Pulir memiliki nilai yang sama dan nilai *precision* serta *recall* juga tidak berbanding lurus peningkatannya, maka *f1-score* digunakan untuk menentukan hasil evaluasi terbaik dari motif Songket pada pengujian kernel *linear*. Berdasarkan *f1-score*, motif Songket Cantik Manis menunjukkan hasil evaluasi terbaik (*f1-score* sebesar 0,813) dibandingkan dengan motif Songket Bunga Cina dan Pulir, yaitu dengan nilai *accuracy* sebesar 0,867; *precision* sebesar 0,765; dan *recall* sebesar 0,867. Kemudian hasil klasifikasi untuk motif songket Bunga Cina adalah *accuracy* sebesar 0,822; *precision* 0,769; dan *recall* sebesar 0,667. Untuk motif songket Pulir, hasil klasifikasinya memiliki nilai *accuracy* sebesar 0,867 serta nilai *precision* dan *recall* sebesar 0,8. Untuk kernel *linear*, tidak ada parameter yang digunakan selain data *input* itu sendiri.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Motif Songket Palembang dengan Kernel *Linear*

Kelas	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Bunga Cina	0,822	0,769	0,667	0,714
Cantik Manis	0,867	0,765	0,867	0,813
Pulir	0,867	0,800	0,800	0,800
Rata-Rata	0,852	0,778	0,778	0,776

Tabel 2 menunjukkan hasil klasifikasi motif Songket Palembang dengan menggunakan kernel RBF. Hasil klasifikasi dengan kernel RBF memperlihatkan bahwa motif Songket Cantik Manis menunjukkan hasil evaluasi terbaik dibandingkan dengan motif Songket Bunga Cina dan Pulir, yaitu dengan nilai *accuracy* sebesar 0,933; *precision* sebesar 1; dan *recall* sebesar 0,8. Kemudian hasil klasifikasi untuk motif songket Bunga Cina adalah *accuracy* sebesar 0,844; *precision* 0,722; dan *recall* sebesar 0,867. Untuk motif songket Pulir, hasil klasifikasinya memiliki nilai *accuracy* sebesar 0,867 serta nilai *precision* dan *recall* sebesar 0,8. Pada pengujian kernel RBF terlihat bahwa hasil klasifikasi motif Songket Pulir tidak memiliki peningkatan untuk kernel RBF dan *linear*. Namun terjadi peningkatan untuk klasifikasi motif Bunga Cina dan Cantik Manis dengan melihat nilai *f1-score*. Kernel RBF dapat menangani permasalahan fitur yang tidak memiliki hubungan linier antara fitur dan kelas. Hal ini terlihat dari hasil yang menggunakan kernel RBF lebih baik dibandingkan kernel *linear*. Parameter yang digunakan dalam kernel RBF, yaitu *gamma*. Nilai *gamma* yang digunakan didapat dari formula $1 / (n_features * X.var())$, dimana $n_feature$ adalah banyaknya fitur yang didapat dari HOG dan $X.var()$ adalah nilai varian fitur tersebut.

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Motif Songket Palembang dengan Kernel RBF

Kelas	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Bunga Cina	0,844	0,722	0,867	0,788
Cantik Manis	0,933	1,000	0,800	0,889
Pulir	0,867	0,800	0,800	0,800
Rata-Rata	0,881	0,841	0,822	0,826

Pengujian kernel *Polynomial* untuk klasifikasi motif Songket Palembang dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil klasifikasi dengan kernel *Polynomial* menunjukkan bahwa motif Songket Cantik Manis mendapatkan hasil terbaik, yaitu dengan nilai *accuracy* sebesar 0,911; *precision* sebesar 0,923; dan *recall* sebesar 0,8. Untuk hasil klasifikasi motif songket Bunga Cina tidak memiliki peningkatan terhadap kernel RBF di mana nilai *accuracy* sebesar 0,844; *precision* 0,722; dan *recall* sebesar 0,867. Namun pada motif songket Pulir, hasil klasifikasinya memiliki peningkatan terhadap kernel RBF, yaitu dengan nilai *accuracy* sebesar 0,889; *precision* sebesar 0,857; dan *recall* sebesar 0,8. Berdasarkan hasil pada Tabel 3, pengujian kernel RBF terlihat sama hasilnya untuk motif Bunga Cina dan memiliki sedikit perubahan baik peningkatan maupun penurunan nilai *f1-score* pada klasifikasi motif Cantik Manis dan Pulir. Dengan melihat rata-rata nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall*, serta *f1-score* pada Tabel 2 dan Tabel 3, maka hasil klasifikasi motif Songket Palembang dengan kernel RBF lebih baik dibandingkan dengan kernel *Polynomial*.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Motif Songket Palembang dengan Kernel *Polynomial*

Kelas	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Bunga Cina	0,844	0,722	0,867	0,788
Cantik Manis	0,911	0,923	0,800	0,857
Pulir	0,889	0,857	0,800	0,828
Rata-Rata	0,881	0,834	0,822	0,824

Kernel *polynomial* berguna untuk menangani hubungan *non-linear*, namun kurang fleksibel dibandingkan dengan RBF untuk menangani pola yang kompleks. Parameter yang digunakan pada kernel *polynomial*, yaitu derajat polinomial (*degree*) dan konstanta. Nilai derajat polinomial yang digunakan adalah 3 dan konstanta adalah 0.

Pada Tabel 4 dapat dilihat rata-rata nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk semua jenis kernel yang digunakan dalam pengujian. Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata tertinggi pada nilai *accuracy* adalah 0,881 dan terendah adalah 0,852, sedangkan rata-rata nilai *precision* tertinggi dan terendah masing-masing adalah 0,841 dan 0,778. Kemudian untuk rata-rata nilai *recall* tertinggi adalah 0,822 dan terendah adalah 0,778. Rata-rata nilai *f1-score* juga berbanding lurus dengan rata-rata nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* untuk nilai tertinggi dan terendah dari masing-masing kernel. Sehingga berdasarkan rata-rata nilai baik dari nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan

f1-score, maka kernel terbaik pada pengujian hasil klasifikasi motif Songket Palembang adalah RBF dengan rata-rata nilai *accuracy* sebesar 0,881; *precision* sebesar 0,841; *recall* sebesar 0,822; dan *f1-score* sebesar 0,826.

Dari hasil akurasi yang didapatkan untuk pengujian setiap kernel terlihat belum memiliki peningkatan yang signifikan, yaitu berada di rentang 0,852 hingga 0,881. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan pemilihan fitur atau kombinasi fitur yang kurang optimal sehingga mempengaruhi kinerja model. Proses seleksi fitur atau teknik ekstraksi fitur yang cermat masih diperlukan untuk dapat membantu meningkatkan efektivitas model.

Tabel 4. Hasil Keseluruhan Klasifikasi Motif Songket Palembang Berdasarkan Kernel SVM

Kernel	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
<i>Linear</i>	0,852	0,778	0,778	0,776
RBF	0,881	0,841	0,822	0,826
<i>Polynomial</i>	0,881	0,834	0,822	0,824

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, metode HOG mampu menjadi fitur dalam klasifikasi citra motif Songket Palembang, yaitu motif Bunga Cina, Cantik Manis, dan Pulir. Metode SVM mampu menjadi metode klasifikasi yang dapat mengenali motif Songket Palembang berdasarkan fitur HOG dengan menggunakan 3 kernel, yaitu *linear*, RBF, dan *polynomial*. Kernel RBF menjadi kernel dengan performa terbaik yang menghasilkan rata-rata nilai *accuracy* 0,881; *precision* 0,841; *recall* 0,822; dan *f1-score* 0,826 dalam klasifikasi motif Songket Palembang dibandingkan dengan kernel *linear* dan *polynomial*. Selanjutnya, motif Songket Palembang yang paling mudah diklasifikasikan dengan baik adalah motif Cantik Manis untuk semua jenis kernel pada SVM.

Untuk saran penelitian selanjutnya dalam klasifikasi motif Songket Palembang dapat melakukan analisis lebih mendalam terhadap fitur HOG yang digunakan. Dalam hal ini dapat melibatkan parameter HOG yang berbeda atau pengembangan varian HOG untuk motif Songket Palembang. Selain itu, penggunaan ekstraksi fitur multi skala dan multi resolusi juga dapat menjadi kandidat fitur dalam mengenali motif dalam berbagai ukuran dan skala. Dalam membandingkan kinerja SVM, dapat menggunakan metode pembelajaran mesin lainnya atau *deep learning*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yohannes, S. Devella, and A. H. Pandrean, "Penerapan Speded-Up Robust Feature pada Random Forest Untuk Klasifikasi Motif Songket Palembang," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 3, pp. 360–369, 2020, doi: 10.28932/jutisi.v5i3.1978.
- [2] S. Devella, Y. Yohannes, and F. N. Rahmawati, "Implementasi Random Forest Untuk Klasifikasi Motif Songket Palembang Berdasarkan SIFT,"

- JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 310–320, 2020, doi: 10.35957/jatisi.v7i2.289.
- [3] D. Amputri, S. Nadra, G. Gasim, and M. E. Al Rivan, “Perbandingan Jarak Potret dan Resolusi Kamera pada Tingkat Akurasi Pengenalan Angka kWh Meter Menggunakan SVM,” *J. Inform. Glob.*, vol. 8, pp. 7–12, 2017.
- [4] M. E. Al Rivan and Y. Yohannes, “Klasifikasi Mamalia Berdasarkan Bentuk Wajah Dengan K-NN Menggunakan Fitur CAS Dan HOG,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 173–180, 2019.
- [5] Y. Yohannes, S. Devella, and K. Arianto, “Deteksi Penyakit Malaria Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Saliency,” *JUITA J. Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 37, 2020, doi: 10.30595/juita.v8i1.6671.
- [6] Y. Yohannes, M. R. Pribadi, and L. Chandra, “Klasifikasi Jenis Buah dan Sayuran Menggunakan SVM Dengan Fitur Saliency-HOG dan Color Moments,” *Elkha*, vol. 12, no. 2, p. 125, 2020, doi: 10.26418/elkha.v12i2.42160.
- [7] Y. Yohannes and M. E. Al Rivan, “Penggunaan Global Contrast Saliency dan Histogram of Oriented Gradient Sebagai Fitur untuk Klasifikasi Jenis Hewan Mamalia,” *Petir*, vol. 13, no. 1, pp. 80–85, 2020, doi: 10.33322/petir.v13i1.908.
- [8] N. Rachmat, Y. Yohannes, and A. Mahendra, “Klasifikasi Jenis Ikan Laut Menggunakan Metode SVM dengan Fitur HOG dan HSV,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 4, pp. 2235–2247, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i4.1686.
- [9] B. C. Lumban, “Deteksi Senyum Menggunakan Fitur Gabor dan Histograms of Oriented Gradients pada Bagian Mulut, Hidung, dan Mata,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 1, no. 2, pp. 43–49, 2015, doi: 10.54914/jtt.v1i2.37.
- [10] Y. Yohannes, Y. P. Sari, and I. Feristyani, “Klasifikasi Wajah Hewan Mamalia Tampak Depan Menggunakan k-Nearest Neighbor Dengan Ekstraksi Fitur HOG,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 84–97, 2019, doi: 10.28932/jutisi.v5i1.1584.
- [11] Yohannes and J. Petrus, “Klasifikasi mamalia menggunakan extreme gradient boosting berdasarkan fitur histogram of oriented gradient,” *J. Ilm. Betrik*, vol. 13, no. 03, pp. 363–370, 2022.
- [12] J. E. Malcolm, *Songket Palembang: The Pinnacle of Indonesian Textiles*. 2016.
- [13] A. Gunawan, *Songket Palembang: A Reflection of the Silk Road*. 2020.
- [14] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,” in *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’05)*, IEEE, 2005, pp. 886–893. doi: 10.1109/CVPR.2005.177.
- [15] M. S. Nixon and A. S. Aguado, *Feature extraction and image processing for computer vision*, Fourth Ed. Academic Press, 2019. doi: 10.1016/C2017-0-02153-5.
- [16] J. Dean, *Big Data, Data Mining, and Machine Learning*. Wiley, 2014.
- [17] P. Wlodarczak, *Machine Learning and its Applications*. University of Southern Queensland, Toowoomba, Queensland, Australia: CRC Press, 2020.

Jurnal Teknologi Terpadu
Volume. 9 No. 2, Desember 2023

Daftar Isi

Penerapan <i>K-Means</i> dan <i>Rank Order Centroid</i> pada Proporsi Individu dengan Keterampilan Teknologi Informasi dan Komputer	70
Diana Nurfitriana, Apriade Voutama	
Pengaruh Keseimbangan Data terhadap Akurasi Model <i>Support Vector Machine</i> pada <i>Data Set Donor Darah</i>	79
Agung Widyanto, Kusrini, Kusnawi	
Klasifikasi Jenis Burung menggunakan Metode <i>Transfer Learning</i>	89
Yeremia Yosefan Pane, Jeremia Jordan Sihombing	
Analisis dan Perbandingan <i>Tools</i> Forensik menggunakan Metode NIST dalam Penanganan Kasus Kejahatan Siber	95
Achmad Iqbal Yuladi, Rini Indrayani	
Strategi Implementasi SIEM untuk Mengurangi Risiko terhadap Kebocoran Informasi	101
Taufik Rendi Anggara	
<i>Smart Buildings</i> menggunakan <i>Hyperledger Fabric Blockchain</i> untuk Manajemen Transaksi dan Pemodelan 3D	108
Siti Asmiatun, Astrid Novita Putri, Badroe Zaman	
Implementasi Metode <i>Clarke and Wright Savings</i> dalam Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i> di PT. Adiguna Gasindo	116
Misbahul Munir, Muchamad Kurniawan, Moch. Kalam M, Indah Setyawati	
Analisis dan Perancangan Antarmuka Aplikasi Wisata menggunakan Metode <i>User-Centered Design (UCD)</i>	123
Yevi Septiray Purbo, Fandy Setyo Utomo, Yuli Purwati	
Rancang Bangun <i>Website</i> Lelang Mobil menggunakan <i>Framework Codeigniter 3</i> pada PT.ABC	133
Alfin Adi Surya, Imam Haromain	
Klasifikasi Motif Songket Palembang menggunakan <i>Support Vector Machine</i> berdasarkan <i>Histogram of Oriented Gradients</i>	143
Yohannes, Muhammad Ezar Al Rivan, Siska Devella, Meiriyama	

Published by :

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri
Jln. Raya Lenteng Agung, no. 20, Srengseng Sawah, Jagakarsa,
Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12640

Telp. 021 - 786 3191 WhatsApp. 0851 7444 3360

Email : journal@nurulfikri.ac.id

Website : <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt>

