

ISSN : 2301-7201

ITSMART

JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI DAN INFORMASI

Volume 5. Nomor 1. Juni 2016



jurnal ilmiah teknologi & informasi
<https://jurnal.uns.ac.id/itsmart>

ITSMART

JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI DAN INFORMASI

Program Studi Informatika FMIPA UNS

Penanggung Jawab

Kepala Program Studi Informatika FMIPA UNS

Pemimpin Redaksi

Rini Anggrainingsih, M.T

Sekretaris

Afrizal Doewes, S.Kom, M.eng

Bendahara

Esti Suryani, S.Si, M.Kom

Mitra Bestari

Dr. Ir Abdul Kadir, M.M, M.T (UTM Malaysia)

Dr Lukito Edi Nugroho (UGM)

Dr. Anto Satriyo Nugroho (BPPT)

Dewan Redaksi

Dr. Wiranto

Drs. Bambang Harjito, Ph.D

Heri Prastyawan, Ph.D

Umi Salamah, S.Si, M.Kom

Wiharto, S.T, M.Kom

Redaksi Pelaksana

Ristu Saptono, S.Si, M.T

Abdul Aziz, S.Kom, M.Cs

Sari Widya Sihwi, S.Kom, M.TI

Hasan Dwi Cahyono, S.Kom, M.Kom

Alamat Redaksi :

Program Studi Informatika FMIPA UNS

Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan Surakarta

Telp. (0271) 663451, Fax. (0271) 663451

Email : itsmart_uns@yahoo.co.id

ISSN : 2301–7201

DAFTAR ISI

- Decision Support Systems For the Selection of Outstanding Students by Using *Analytic Hierarchy Proses Method* (Case Study: *LKP El-Rahma Samarinda*). 1 – 6
Heliza Rahmania Hatta, Dyna Marisa Khairina, Rizky Amaliya
- Decision Support Systems to Determine the Location of Business Branches using *AHP method* and *Map Visualization* (Case Study *Toko Ivo Busana Padang*). 7 – 15
Nanda Farhanah, Bambang Harjito, Rini Anggrainingsih
- Identification of *Parasite Pasmodium SP.* on Thin Blood Smears With *Rule-Based Method*. 16 – 24
Faisal Dharma Adhinata, Esti Suryani, Paramasari Dirgahayu
- Implementation *Markerless Augmented Reality* Using Android Sensors For Identification of Buildings in *Sebelas Maret University*. 25 – 33
Rizal Kusumajati Nugroho, Afrizal Doewes, Abdul Aziz
- Job Shop Scheduling Problem Modelling using *Petri Net* for making the Application of Scheduling Production Simulation. 34 – 42
Indah Puspitasari, Sarngadi Palgunadi, Rini Anggrainingsih
- Decision Support System for House Purchasing using *KNN (K-Nearest Neighbor) Method*. 43 – 49
Yoga Widiastuti, Sari Widya Sihwi, Meiyanto Eko Sulisty
- Assessment of Work Behavior of Civil Servants in The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, *Sebelas Maret University* using *Mamdani Fuzzy Inference System*. 50 – 56
Adi Sektiawan, Umi Salamah, Esti Suryani

INDEX JUDUL

Decision Support Systems For the Selection of Outstanding Students by Using Analytic Hierarchy Proses Method (Case Study: LKP El-Rahma Samarinda), 1 – 6

Decision Support Systems to Determine the Location of Business Branches using AHP method and Map Visualization (Case Study Toko Ivo Busana Padang), 7 - 15

Identification of Parasite Pasmodium SP. on Thin Blood Smears With Rule-Based Method, 16 – 24

Implementation Markerless Augmented Reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University, 25 – 33

Job Shop Scheduling Problem Modelling using Petri Net for making the Application of Scheduling Production Simulation, 34 – 42

Decision Support System for House Purchasing using KNN (K-Nearest Neighbor) Method, 43 – 49

Assessment of Work Behavior of Civil Servants in The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University using Mamdani Fuzzy Inference System, 50 – 56

INDEX PENULIS

Abdul Aziz, 25 – 33

Adi Sektiawan, 50 – 56

Afrizal Doewes, 25 – 33

Bambang Harjito, 7 – 15

Dyna Marisa Khairina, 1 – 6

Esti Suryani, 16 – 24, 50 - 56

Faisal Dharma Adhinata, 16 – 24

Heliza Rahmania Hatta, 1 – 6

Indah Puspitasari, 1 – 11

Meiyanto Eko Sulisty, 43 – 49

Nanda Farhanah, 7 – 15

Paramasari Dirgahayu, 16 – 24

Rini Anggrainingsih, 7 – 15, 34 – 42

Rizal Kusumajati Nugroho, 25 – 33

Rizky Amaliya, 1 – 6

Sari Widya Sihwi, 43 – 49

Sarngadi Palgunadi, 34 – 42

Umi Salamah, 50 - 56

Yoga Widiastuti, 43 – 49

DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR THE SELECTION OF OUTSTANDING STUDENTS BY USING ANALYTIC HIERARCHY PROSES METHOD (CASE STUDY: LKP EI-RAHMA SAMARINDA)

Heliza Rahmania Hatta
FKTI Universitas Mulawarman
heliza.rahmania@gmail.com

Dyna Marisa Khairina
FKTI Universitas Mulawarman
dyna.ilkom@gmail.com

Rizky Amaliya
FKTI Universitas Mulawarman
amaliyarizky@gmail.com

ABSTRACT

Many of his interest in the Course and Training Institute makes it difficult to determine which individual choice that can be said of the achievement. In addition to a number of criteria, there are also several factors that make the error of human judgment the higher competitiveness. The purpose of this research is to build a system application selection of outstanding students to apply the Analytic Hierarchy Process (AHP) based on the web. AHP is a decision-making method has several criteria /sub-criteria for problem solving complex unstructured and then formed into a hierarchy to present a problem and then solved. This study uses four criteria: attendance, test scores, grades vendors, and projects. The data used come from LKP El-Rahma Samarinda. Based on the research results, methods of AHP can provide recommendations outstanding students to the authorities in LKP El-Rahma Samarinda to be given the award.

Keywords

Analytic Hierarchy Process, Criteria, Decision Making, Recommendations, Outstanding Students

1. PENDAHULUAN

Dunia pendidikan terbagi menjadi dua hal pertama pendidikan formal yaitu jalur pendidikan yang terstruktur dan kedua pendidikan non formal yaitu pendidikan di luar pendidikan formal yang dilaksanakan terstruktur dan berjenjang diselenggarakan bagi warga masyarakat yang memerlukan layanan pendidikan yang berfungsi sebagai pengganti, penambah dan atau pelengkap pendidikan formal. Baik pendidikan formal maupun pendidikan non formal di selenggarakan untuk menggali potensi seorang individu. Dari beberapa ide mengenai hubungan antara pendidikan dan individu, penulis akhirnya memilih untuk mengembangkan suatu program sederhana yang bermanfaat di tengah masyarakat. Penulis mencoba dari lingkup paling kecil yaitu pendidikan non formal di suatu Lembaga Kursus dan Pelatihan (LKP).

Pendidikan non formal saat ini makin marak penggemarnya *dibuktikan* dari data statistik resmi kementerian pendidikan di infokursus.net untuk wilayah Kalimantan Timur khususnya Samarinda terdapat 331 lembaga aktif dimana setiap lembaga memiliki siswa yang terus meningkat di tiap tahunnya. Ketertarikan masyarakat kepada Lembaga Kursus dan Pelatihan (LKP) dikarenakan biaya belajar yang relatif murah dan jangka waktu belajar yang singkat jika dibandingkan dengan

pendidikan formal. Seiring antusiasme masyarakat tersebut, maka Lembaga Kursus dan Pelatihan (LKP) pun dipandang memerlukan suatu sistem rekomendasi yang berfungsi untuk membantu melakukan seleksi mahasiswa berprestasi.

Sistem pendukung keputusan pemilihan mahasiswa berprestasi adalah suatu sistem yang berfungsi membantu lembaga dalam melakukan penyeleksian terhadap para mahasiswa yang jumlahnya tidak sedikit, aspek penilaian yang banyak dan menghindari adanya subjektivitas (Human Error). Dalam sebuah penelitian [1][2][3], menerangkan bahwa metode AHP dipilih karena mampu membantu pengambilan keputusan bila pengambilan keputusan tersebut dihadapkan pada adanya sejumlah kriteria dan sejumlah alternatif. Dimana kriteria yang ada dalam pengambilan keputusan itu tentunya memiliki sejumlah bobot. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis memilih menggunakan Metode AHP pada penelitian mengenai pemilihan mahasiswa berprestasi pada Lembaga Kursus dan Pelatihan (LKP).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Analytic Hierarchy Process (AHP).

Analytical Hierarchy Process (AHP). Diembangkan oleh Thomas L. Saat pada tahun 1970-an [4][5]. Metode ini merupakan salah satu model pengambilan keputusan multikriteria yang dapat membantu kerangka berpikir manusia dimana faktor logika, pengalaman pengetahuan, emosi dan rasa dioptimalkan ke dalam suatu proses sistematis. Pada dasarnya, AHP merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur ke dalam kelompok-kelompoknya, dengan mengatur kelompok tersebut ke dalam suatu hierarki, kemudian memasukkan nilai numerik sebagai pengganti persepsi manusia dalam melakukan perbandingan relatif. Dengan suatu sintesa maka akan dapat ditentukan elemen mana yang mempunyai prioritas tertinggi.

Menurut Badiru [6], AHP merupakan suatu pendekatan praktis untuk memecahkan masalah keputusan kompleks yang meliputi perbandingan alternatif. AHP juga memungkinkan pengambilan keputusan menyajikan hubungan hierarki antara faktor, atribut, karakteristik atau *alternative* dalam lingkungan pengambilan keputusan. Dengan ciri-ciri khusus, hierarki yang dimilikinya, masalah kompleks yang tidak terstruktur dipecahkan dalam kelompok – kelompoknya. Dalam menyelesaikan persoalan dengan AHP ada

beberapa prinsip yang harus dipahami diantaranya adalah: *decomposition*, *comparative judgment*, *synthesis of priority*, dan *logical consistency*.

2.2 Prinsip AHP

1. *Decomposition* (Penyusunan Hirarki).

Setelah persoalan didefinisikan, maka perlu dilakukan *decomposition* yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur – unurnya. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan juga dilakukan terhadap unsur – unurnya sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehinggadidapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini, maka proses analisis ini dinamakan hierarki (*hierarchy*). Ada 2 (dua) jenis hierarki, yaitu lengkap dan tak lengkap. Dalam hierarki lengkap, semua elemen pada suatu tingkat memiliki semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya. Jika tidakdemikian dinamakan hierarki tak lengkap.

2. *Comparative Judgment* (Penilaian Perbandingan Berpasangan).

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relative 2 (dua) elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena ia akan berpengaruh terhadap prioritas elemen – elemen. Hasil dari penilaian ini akan tampak lebih enak bila disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks *pairwise comparison*. Pertanyaan yang biasa diajukan dalam penyusunan skala kepentingan adalah :

- Elemen mana yang lebih (penting/disuka/ ...) ? dan
- Berapa kali lebih (penting/disuka ...) ?

Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan 2 (dua) elemen seseorang yang akan memberikan jawaban perlu pengertian menyeluruh tentang elemen – elemen yang dibandingkan dan relevansinya terhadap kriteria atau tujuan yang dipelajari.

3. *Sintesa* Prioritas

Sintesa prioritas dilakukan dengan mengalikan prioritas lokal dengan prioritas dari kriteria bersangkutan di level atasnya dan menambahkannya ke tiap elemen dalam level yang dipengaruhi kriteria. Hasilnya berupa gabungan atau dikenal dengan prioritas global yang kemudian digunakan untuk memboboti prioritas lokal dari elemen di level terendah sesuai dengan kriterianya.

2.3 Langkah dan Prosedur AHP.

Dalam metode *Analytical Hierarchy Process* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut [7]

- Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
Dalam tahap ini penulis berusaha menentukan masalah yang akan penulis pecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada penulis coba tentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya penulis kembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

- Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang penulis berikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan).

- Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.

Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi. Perbandingan dilakukan berdasarkan *judgment* dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dipilih sebuah kriteria dari level paling atas hirarki misalnya K dan kemudian dari level di bawahnya diambil elemen yang akan dibandingkan misalnya E1, E2, E3, E4, E5.

- Melakukan Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matriks dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1. Skala 9 telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan berpasangan dan maknanya yang bisa dilihat pada Tabel 1.

- Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya. Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
- Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.
- Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan.

Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.

Tabel 1. Skala dasar perbandingan berpasangan [4] [5]

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama Pentingnya	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih Penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya.
7	Sangat Penting	Satu elemen terbukti sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya.
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya, pada keyakinan tertinggi.
2,4,6,8	Nilai Tengah	Diberikan bila terdapat keraguan penilaian di antara dua tingkat kepentingan yang berdekatan.

8. Memeriksa konsistensi hirarki. Adapun yang diukur dalam *Analytical Hierarchy Process* adalah rasio konsistensi dengan melihat *index* konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %.

Rumus Untuk Menentukan Rasio Konsistensi (CR). Indeks konsistensi dari matriks berordo n dapat diperoleh dengan rumus:

$$CI = \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1}$$

dimana :

CI = Indeks konsistensi (*Consistency Index*)

λ maksimum = Nilai eigen terbesar dari matrik berordo n
 λ maksimum didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian jumlah kolom dengan eigen vektor utama.

Apabila C.I = 0, berarti matriks konsisten.

Batas ketidak konsistenan yang ditetapkan Saat diukur dengan menggunakan rasio konsistensi (CR), yakni perbandingan indeks konsistensi dengan nilai pembangkit random (RI), Tabel 2. Nilai RI bergantung pada ordo matrik n.

CR dirumuskan :

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Ket :

CI = Indeks Konsistensi (*Consistency Index*)

RI = Random Konsistensi

CR = Rasio Konsistensi

Tabel 2. Daftar Indeks Random Konsistensi (RI) [7][8]

Nilai N	RI
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.58

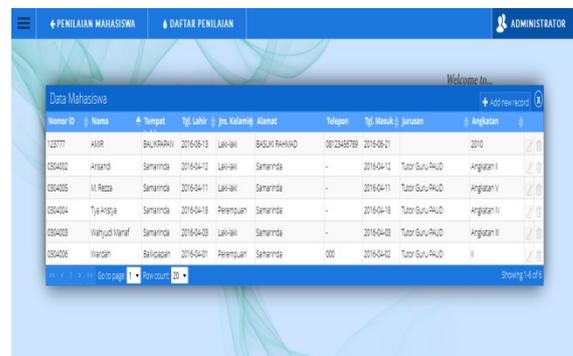
AHP adalah metode pencarian keputusan yang akan menghasilkan hasil keputusan yang rasional. Keputusan yang rasional didefinisikan sebagai keputusan terbaik dari berbagai tujuan yang ingin dicapai oleh pembuat keputusan. Kunci utama keputusan yang rasional tersebut meliputi alternatif dan kriteria yang menuju ke tujuan yang diinginkan dan berdasarkan pada sumber-sumber yang ada. Dalam pengambilan keputusan ini penulis melakukan beberapa tahapan yaitu :

1. *Intelligent.*
2. *Modelling.*
3. *Choice.*

3. PEMBAHASAN

3.1 Form Data Mahasiswa

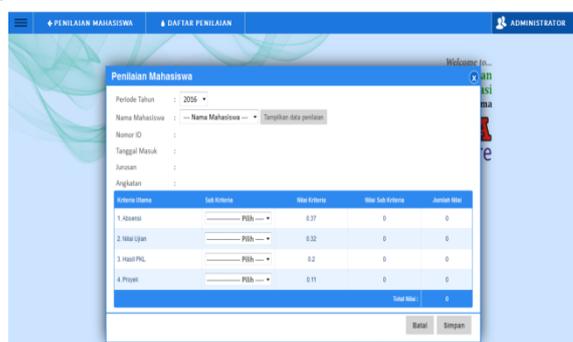
Pada *Form* ini menampilkan data keseluruhan mahasiswa, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Form Data Mahasiswa.

3.2 Form Input Data Mahasiswa

Form ini, *Admin* menginput penilaian mahasiswa untuk di rekomendasikan sebagai mahasiswa berprestasi, seperti pada Gambar 2.

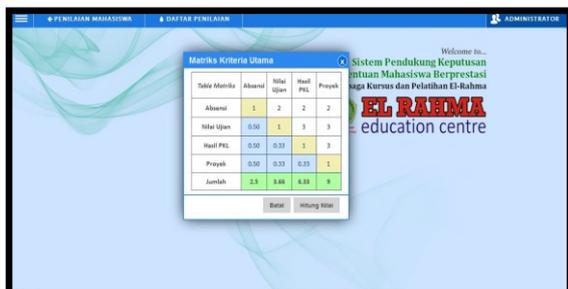


Gambar 2. Form Input Data Mahasiswa

Pada form ini admin dapat menginput nilai dari setiap Mahasiswa, dalam form ini berpengaruh pada perhitungan karena terdapat beberapa kriteria dari form ini.

3.3 Form Kriteria Utama

Form ini, terdapat Tabel Matriks dari kriteria utama, seperti pada Gambar 3, dalam form ini juga bisa melihat hasil perhitungan untuk menentukan nilai kriteria dari kriteria tersebut, seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Form Kriteria Utama



Gambar 4. Form Tabel Perhitungan Kriteria Utama

Pada form ini admin dapat menginput nilai matriks sesuai data yang ada dan langsung terlihat perhitungan AHP untuk penilaian kriteria

Tabel 3. Matriks Kriteria Utama

Tabel Matriks	Absensi	Nilai Ujian	Nilai PKL	Proyek
Absensi	1	2	2	2
Nilai Ujian	1/2	1	3	3
Nilai PKL	1/2	1/3	1	3
Proyek	1/2	1/3	1/3	1
Jumlah	2,5	3,66	6,33	9

- Cara pengisian elemen-elemen matriks pada Tabel 3 adalah sebagai berikut:
 - Elemen $a_{[i,j]} = 1$, dimana $i = 1,2,3, n$. Untuk penelitian ini, $n = 4$ dan menggunakan matriks 4×4
 - Elemen matriks segitiga atas sebagai input.
 - Elemen matriks segitiga bawah mempunyai rumus $a_{[j,i]} = 1/a_{[i,j]}$ untuk $i \neq j$
- Menjumlah setiap kolom pada Tabel 3. Dari nilai elemen matriks kriteria diatas maka jumlah elemen setiap kolom adalah:
 - Jumlah Kolom 1 : $1 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 2,5$
 - Jumlah Kolom 2 : $2 + 1 + 0,33 + 0,33 = 3,66$
 - Jumlah Kolom 3 : $2 + 3 + 1 + 0,33 = 6,33$
 - Jumlah Kolom 4 : $2 + 3 + 3 + 1 = 9$
- Membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah per kolom yang sesuai. Dari nilai-nilai elemen matriks Tabel 3. Jumlah masing-masing kolom

diatas maka dapat dihitung matriks normalisasi dengan cara membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah per kolom yang sesuai, misalnya untuk menghitung matriks normalisasi pada kolom 1 dan baris 1 maka dapat dihitung seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Normalisasi (Menghitung Jumlah dan Nilai Prioritas)

Tabel Normalisasi	Absensi	Nilai Ujian	Nilai PKL	Proyek	Jumlah	Prioritas
Absensi	0,4	0,55	0,32	0,22	1,49	0,37
Nilai Ujian	0,2	0,27	0,47	0,33	1,27	0,32
Nilai PKL	0,2	0,09	0,16	0,33	0,78	0,2
Proyek	0,2	0,09	0,05	0,1	0,45	0,11

- Kolom Absensi baris 1 : $1 / 2,5 = 0,4$
- Kolom Absensi baris 2 : $0,5 / 2,5 = 0,2$
- Kolom Absensi baris 3 : $0,5 / 2,5 = 0,2$
- Kolom Absensi baris 4 : $0,5 / 2,5 = 0,2$
- Kolom Nilai Ujian baris 1 : $2 / 3,66 = 0,55$
- Kolom Nilai Ujian baris 2 : $1 / 3,66 = 0,27$
- Kolom Nilai Ujian baris 3 : $0,33 / 3,66 = 0,09$
- Kolom Nilai Ujian baris 4 : $0,33 / 3,66 = 0,09$
- Kolom Nilai PKL baris 1 : $2 / 6,33 = 0,32$
- Kolom Nilai PKL baris 2 : $3 / 6,33 = 0,47$
- Kolom Nilai PKL baris 3 : $1 / 6,33 = 0,16$
- Kolom Nilai PKL baris 4 : $0,33 / 6,33 = 0,05$
- Kolom Proyek 1 : $2 / 9 = 0,22$
- Kolom Proyek 2 : $3 / 9 = 0,33$
- Kolom Proyek 3 : $3 / 9 = 0,33$
- Kolom Proyek 4 : $1 / 9 = 0,11$

- Setelah didapatkan jumlah pada masing-masing baris, selanjutnya dihitung prioritas masing-masing kriteria dengan cara membagi masing-masing jumlah baris dengan jumlah elemen atau jumlah kriteria ($n = 4$), sehingga prioritas masing-masing kriteria dapat dihitung seperti berikut :
 - Prioritas Kriteria Absensi = $1.49 / 4 = 0.37$
 - Prioritas Kriteria Nilai Ujian = $1.27 / 4 = 0.32$
 - Prioritas Kriteria Hasil PKL = $0,78 / 4 = 0.2$
 - Prioritas Kriteria Proyek = $0,45 / 4 = 0.11$
- Setelah di dapat nilai prioritasnya masuk ke perhitungan jumlah nilai perbaris, dari kolom pertama di kalikan dengan nilai prioritas.

Tabel 5. Menghitung Jumlah Nilai Perbaris

	Absensi	Nilai Ujian	Nilai PKL	Proyek	Jumlah
Absensi	0,37	0,64	0,4	0,22	1,63
Nilai Ujian	0,19	0,32	0,6	0,33	1,44
Nilai PKL	0,19	0,11	0,2	0,33	0,83
Proyek	0,19	0,11	0,07	0,11	0,48

Pada Tabel 5 Kolom 1 baris 1 di dapat dari perhitungan kolom 1 baris 1 Tabel 3 dibagi dengan nilai prioritas baris 1 pada Tabel 4.

- Kolom 1 Absensi : $1 \times 0,37 = 0,37$
- Kolom 2 Absensi: $0,5 \times 0,37 = 0,19$
- Kolom 3 Absensi: $0,5 \times 0,37 = 0,19$
- Kolom 4 Absensi : $0,5 \times 0,37 = 0,19$
- Kolom 1 Nilai Ujian : $2 \times 0,32 = 0,64$
- Kolom 2 Nilai Ujian: $1 \times 0,32 = 0,32$
- Kolom 3 Nilai Ujian: $0,33 \times 0,32 = 0,11$

Kolom 4 Nilai Ujian: $0,33 \times 0,32 = 0,11$
 Kolom 1 Hasil PKL : $2 \times 0,2 = 0,4$
 Kolom 2 Hasil PKL : $3 \times 0,2 = 0,6$
 Kolom 3 Hasil PKL : $1 \times 0,2 = 0,2$
 Kolom 4 Hasil PKL : $0,33 \times 0,2 = 0,07$
 Kolom 1 Proyek : $2 \times 0,11 = 0,22$
 Kolom 2 Proyek : $3 \times 0,11 = 0,33$
 Kolom 3 Proyek : $3 \times 0,11 = 0,33$
 Kolom 4 Proyek : $1 \times 0,11 = 0,11$

6. Setelah menjumlah nilai perbaris maka selanjutnya tahap akhir menghitung jumlah nilai prioritas dan jumlah perbaris, seperti Tabel 6.

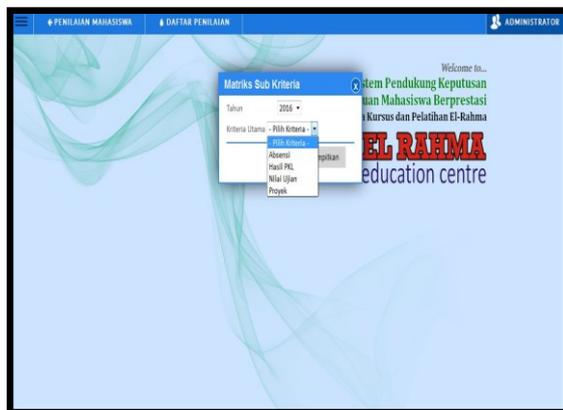
Tabel 6 Menghitung Jumlah Nilai Prioritas Dan Jumlah Perbaris

	Jumlah	Prioritas	Total Nilai
Absensi	1,63	0,37	2
Nilai Ujian	1,44	0,32	1,76
Nilai PKL	0,83	0,2	1,03
Proyek	0,48	0,11	0,59
Jumlah	4,38	1	5,38

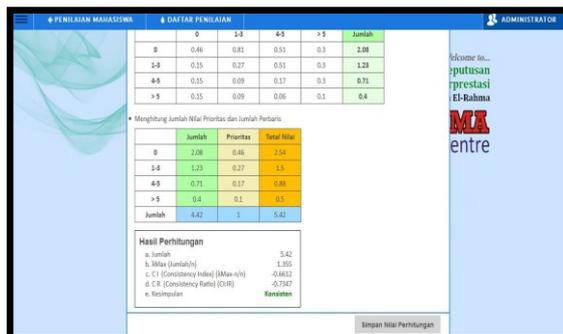
Jumlah = 5,38
 $\lambda_{max} = 5,38 / 4 = 1,345$
 $CI (\lambda_{max} - n / n) = (1,345 - 4) / 4 = - 0,6638$
 $CR (CI:IR) = - 0,6638 / 0,9 = -0,7376$
 Kesimpulan Konsisten

3.4 Form Subkriteria

Form ini, terdapat Tabel Matriks dari subkriteria, seperti pada Gambar 5, dalam form ini juga bisa melihat hasil perhitungan untuk menentukan nilai dari subkriteria tersebut, seperti pada Gambar 6.



Gambar 5 Form Subkriteria



Gambar 6 Form Tabel Perhitungan Subkriteria

Pada Gambar 5, *admin* dapat menginput nilai matriks sesuai data yang ada dan langsung terlihat perhitungan AHP untuk penilaian subkriteria

Pada *form* ini *admin* dapat menginput nilai matriks sesuai data yang ada dan langsung terlihat perhitungan AHP untuk penilaian subkriteria, berikut perhitungan subkriteria absensi pada Tabel 7.

Tabel 7 Matriks Subkriteria Absensi

Tabel Matriks	Berhasil	Kurang	Cukup
Berhasil	1	3	3
Kurang	1/3	1	2
Cukup	1/3	1/2	1
Jumlah	1,66	4,5	6

- Cara pengisian elemen-elemen matriks pada Tabel 7, adalah sebagai berikut:
 - Elemen $a_{[i,j]} = 1$, dimana $i = 1,2,3$, n . Untuk penelitian ini, $n = 3$ dan menggunakan matriks 3×3
 - Elemen matriks segitiga atas sebagai input.
 - Elemen matriks segitiga bawah mempunyai rumus $a_{[j,i]} = 1 / a_{[i,j]}$ untuk $i \neq j$
- Menjumlah setiap kolom pada Tabel 7. Dari nilai elemen matriks kriteria diatas maka jumlah elemen setiap kolom adalah:
 Jumlah Kolom 1 : $1 + 0,33 + 0,33 = 1,66$
 Jumlah Kolom 2 : $3 + 1 + 0,5 = 4,5$
 Jumlah Kolom 3 : $3 + 2 + 1 = 6$
- Membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah per kolom yang sesuai. Dari nilai-nilai elemen matriks Tabel 7. Jumlah masing-masing kolom diatas maka dapat dihitung matriks normalisasi dengan cara membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah per kolom yang sesuai, misalnya untuk menghitung matriks normalisasi pada kolom 1 dan baris 1 maka dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Matriks Normalisasi (Menghitung Jumlah dan Nilai Prioritas)

	Berhasil	Kurang	Cukup	Jumlah	Prioritas	Sub Prioritas
Berhasil	0,6	0,67	0,5	1,77	0,59	1
Kurang	0,2	0,22	0,33	0,75	0,25	0,42
Cukup	0,2	0,11	0,17	0,48	0,16	0,27

Kolom Berhasil baris 1 : $1 / 1,66 = 0,6$
 Kolom Berhasil baris 2 : $0,33 / 1,66 = 0,2$
 Kolom Berhasil baris 3 : $0,33 / 1,66 = 0,2$
 Kolom Kurang baris 1 : $3 / 4,5 = 0,67$
 Kolom Kurang baris 2 : $1 / 4,5 = 0,22$
 Kolom Kurang baris 3 : $0,5 / 4,5 = 0,11$
 Kolom Cukup baris 1 : $3 / 6 = 0,5$
 Kolom Cukup baris 2 : $2 / 6 = 0,33$
 Kolom Cukup baris 3 : $1 / 6 = 0,17$

- Setelah didapatkan jumlah pada masing-masing baris, selanjutnya dihitung prioritas masing-masing kriteria dengan cara membagi masing-masing jumlah baris dengan jumlah elemen atau jumlah kriteria ($n = 3$), sehingga prioritas masing-masing kriteria dapat dihitung seperti berikut :

Prioritas Subkriteria Berhasil = $1,77 / 3 = 0,59$
 Prioritas Subkriteria Kurang = $0,75 / 3 = 0,25$
 Prioritas Subkriteria Cukup = $0,48 / 3 = 0,16$

- Setelah nilai prioritasnya telah di dapat maka selanjutnya mencari nilai subprioritas, catatan sub prioritas di baris pertama selalu bernilai 1. Dengan rumus nilai prioritas dibaris tersebut / nilai prioritas dibaris pertama
 Subprioritas baris Kurang = $0,25 / 0,59 = 0,42$
 Subprioritas baris Cukup = $0,16 / 0,59 = 0,27$
- Setelah di dapat nilai prioritas dan subprioritasnya masuk ke perhitungan jumlah nilai perbaris, dari kolom pertama di kalikan dengan nilai prioritas.



Gambar 7 Hasil Perankingan

Tabel 9 Menghitung Jumlah Nilai Perbaris

	Berhasil	Kurang	Cukup	Jumlah
Berhasil	0,59	0,75	0,48	1,82
Kurang	0,19	0,25	0,32	0,76
Cukup	0,19	0,13	0,16	0,48

Pada Tabel 9 Kolom 1 baris 1 di dapat dari perhitungan kolom 1 baris 1 Tabel 7 dibagi dengan nilai prioritas baris 1 pada Tabel 8.

- Kolom 1 Berhasil: $1 \times 0,59 = 0,59$
- Kolom 2 Berhasil : $0,33 \times 0,59 = 0,19$
- Kolom 3 Berhasil : $0,33 \times 0,59 = 0,19$
- Kolom 1 Kurang : $3 \times 0,25 = 0,75$
- Kolom 2 Kurang : $1 \times 0,25 = 0,25$
- Kolom 3 Kurang : $0,5 \times 0,25 = 0,13$
- Kolom 1 Cukup : $3 \times 0,16 = 0,48$
- Kolom 2 Cukup : $2 \times 0,16 = 0,32$
- Kolom 3 Cukup : $1 \times 0,16 = 0,16$

- Memindahkan nilai jumlah perbaris dan nilai prioritasnya menjadi tabel baru yang dapat dilihat pada Tabel 10, setelah itu hasilnya dijumlahkan per masing- masing baris.

Tabel 10 Jumlah Perbaris dan Nilai Prioritasnya

	Jumlah	Prioritas	Hasil
Berhasil	1,82	0,59	2,41
Kurang	0,76	0,25	1,01
Cukup	0,48	0,16	0,64
Jumlah	3,06	1	4,06

- Kolom hasil baris 1 = $1,82 + 0,59 = 2,41$
- Kolom hasil baris 2 = $0,76 + 0,25 = 1,01$
- Kolom hasil baris 3 = $0,48 + 0,16 = 0,64$
- Baris Jumlah kolom 1 = $1,82 + 0,76 + 0,48 = 3,06$
- Baris Jumlah kolom 2 = $0,59 + 0,25 + 0,16 = 1$
- Baris Jumlah kolom 3 = $2,41 + 1,01 + 0,64 = 4,06$
- N = 4
- Jumlah : 5,42
- £ Max (Jumlah/n) : $5,42 / 4 = 1,355$
- CI (£ Max - n)/n : $(1,355 - 4)/4 = -0,6612$
- CR (CI : RI) : $-0,6612 / 0,9 = -0,7347$ (0,9 didapat dari Tabel RI, Tabel 2)
- Kesimpulan : Diterima (jika Nilai CR < 1 maka hasilnya diterima) sesuai dengan Gambar 6.

Aplikasi ini dapat memberikan rekomendasi mahasiswa berprestasi kepada LKP El-Rahma Samarinda. Dari semua data mahasiswa, setelah di lakukan perhitungan dengan menggunakan metode AHP pada aplikasi, maka akan menampilkan hasil perhitungan dengan mengurutkan hasil perhitungan dari yang tertinggi ke yang terendah atau di rankingkan. Sehingga hanya satu mahasiswa yang nilai perhitungan dengan AHP yang tertinggi yang akan diberikan penghargaan oleh pihak LKP El-Rahma Samarinda, seperti pada Gambar 7.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat di ambil kesimpulan :

- Dihasilkan sistem pendukung keputusan dalam pemilihan mahasiswa berprestasi dengan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* berbasis web berdasarkan absensi, nilai harian, nilai praktek lapangan, dan nilai proyek akhir.
- Aplikasi ini membantu LKP El-Rahma Samarinda dalam proses pengambilan keputusan pemilihan mahasiswa berprestasi dengan metode AHP yang sesuai dengan kriteria yang diberikan
- Didapatkan beberapa alternatif rekomendasi yang disarankan dan diurutkan dari nilai besar ke nilai kecil sehingga menghasilkan 1 (satu) alternatif terbaik yang menjadi pertimbangan pemilihan mahasiswa berprestasi untuk LKP El-Rahma Samarinda berikan sebuah penghargaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, A.A. 2014. Sistem Pendukung Keputusan pada Penjuruan Siswa Terkendala dengan Metode AHP. JTETI: UGM.
- Maharani, S., Hatta, H.R. and Merdiko, G., 2014. Decision Support System Of Culinary Recommendations Using Ahp And Topsis Methods With Map Visualization. In Bali International Seminar On Science And Technology (Bisstech) II.
- Sholeh, R., Agus, F., Hatta, H.R. and Munawwarah, T., 2014, November. Analytical Hierarchy Process for Land Suitability Analysis. In Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), 2014 1st International Conference on (pp. 129-132). IEEE.
- Saaty, T.L. 1986. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. University of Pittsburgh, RWS Publication, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy process. Int.J.Sevice Science, Vol.1 No.1, pp 83-98.
- Ibrahim Al-Harkan and Adedeji B. Badiru. 1995. Knowledge-Based Approach to Machine Sequencing. Engineering Design and Automation, Vol.1 No.1, pp 43-58.
- Suryadi, K. dan Ramadhani, M. A. 2002. Sistem Pendukung Keputusan: Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Pengambilan Keputusan. Bandung: Remaja Rosdakarya Offset.
- Suryadi, K. dan Ramadhani, M. A. 1998. Sistem Pendukung Keputusan. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.

DECISION SUPPORT SYSTEMS TO DETERMINE THE LOCATION OF BUSINESS BRANCHES USING AHP METHOD AND MAP VISUALIZATION (CASE STUDY TOKO IVO BUSANA PADANG)

Nanda Farhanah

Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
nanda.farhanah@student.uns.ac.id

Bambang Harjito

Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
bambang_harjito@staff.uns.ac.id

Rini Anggrainingsih

Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
rini.anggrainingsih@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Clothing business is an area of business which is increasingly preferred by entrepreneurs. However it requires a consideration in making a decision on opening a branch store. One of the mistakes in opening a branch of business is in choosing the location which can pose some risks of big profit loss. So it needs a system that can help to provide recommendations in selecting the location of the business branch. In this study, AHP method and a map visualization are being used. Eight criteria, such as price, area, safety, legality license, distance from other branches, the number of competitors, the distance from the highway, and the distance from the target marketing are used. Each of these criteria is given weight based on the weighting of Thomas L. Saaty. And its consistency is calculated using consistency using AHP method. If the weights of all criteria are consistent, they can be used as references to provide a ranking of a suitable business branch location. Result of the research shows that the weights of these criteria are consistent. There are three steps of testing, which are functional testing, calculation testing, and user evaluation. The test results prove that this system is able to provide recommendations in selecting the location of the business branch according to the needs of business users.

Keywords

Analytic Hierarchy Process, AHP, business branch locations, map visualization.

1. PENDAHULUAN

Para wirausahawan pasti menginginkan usahanya dapat maju dan berkembang pesat, tak terkecuali dengan Toko Ivo Busana. Toko yang bergerak dibidang usaha pakaian remaja puteri dan wanita ini telah memiliki cukup banyak cabang usaha yang tersebar di Kota Padang. Namun karena kurangnya pengetahuan mengenai kondisi di lokasi, yang menjadi pertimbangan dalam memilih lokasi cabang usahanya, mengakibatkan toko ini harus menutup salah satu cabang usahanya yang terletak di Jl. Pasar Baru, kawasan Universitas Andalas Padang pada bulan Februari 2015.

Penelitian serupa telah dilakukan mengenai pemilihan lokasi cabang LBB dengan metode AHP [1]. Penelitian ini dilengkapi dengan GIS yang memberikan informasi geografis dari lokasi. Penelitian lain yang menggunakan metode serupa berupa penentuan lokasi *Tower Base Transceiver Station* (BTS) untuk Telkomsel

Medan [2]. Penelitian ini menggunakan kepadatan penduduk, biaya, jarak, dan akses sebagai kriteria perhitungannya. Penelitian lain dilakukan Nadery N di tahun 2015 berupa penentuan lokasi pengungsian bagi korban bencana gempa bumi dilakukan pada 15 kabupaten di kota Isfahan [3] yang menghasikan lokasi yang dapat menampung 20.000 pengungsi. Penelitian lain dilakukan oleh Kundakci dkk di tahun 2014 yang melakukan pemilihan lokasi hotel untuk turis dengan metode AHP dengan menggunakan 3 kriteria utama berupa kondisi geografis, manajemen operasi, dan fasilitas transportasi serta 15 sub kriteria [4]. Di tahun 2015, Muttaqin melakukan penelitian SPK dengan metode AHP untuk menentukan lokasi seminar [5]. Penelitian ini menggunakan 8 kriteria penilaian serta 22 sub kriteria dengan pembagian bobot rendah, sedang, dan tinggi.

Sistem ini bertujuan membantu wirausahawan dalam memilih lokasi cabang usaha yang sesuai dengan kebutuhan. Sistem ini juga diharapkan dapat menampilkan ranking rekomendasi lokasi cabang usaha berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dari hasil yang terbaik dan visualisasi petanya dapat membantu pengguna dengan menunjukkan dimana lokasinya berada.

2. SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan pemilihan beberapa tindakan alternatif yang ada untuk mencapai satu atau banyak tujuan yang telah diterapkan [6]. Ada 4 tahapan dalam pengambilan keputusan, antara lain : [7]

- Tahap Pemahaman (*Intelligency Phase*)
- Tahap Perancangan (*Design Phase*)
- Tahap Pemilihan (*Choice Phase*)
- Tahap Implementasi (*Implementation Phase*)

SPK memiliki banyak metode, salah satunya yaitu metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

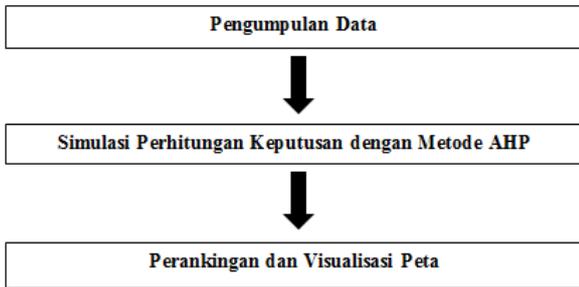
3. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan teknik terstruktur untuk mengatur dan menganalisis keputusan yang kompleks berdasarkan matematika dan psikologi yang dikembangkan pertama kali oleh Thomas L. Saaty, ahli matematika yang bekerja di University of Pittsburgh di Amerika pada tahun 1970 [8]. Metode AHP memiliki tahapan, antara lain :

- Dekomposisi (*Decomposition*)
- Perbandingan Penilaian (*Comparative Judgements*)
- Sintesis Prioritas (*Synthesis of Priority*)
- Logika Konsistensi (*Logical Consistency*)

4. METODOLOGI

Alur penelitian dari sistem pemilihan lokasi cabang usaha dengan metode AHP pada studi kasus Toko Ivo Busana Padang seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Tahapan Penelitian

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara kepada beberapa pedagang serupa serta beracuan pada beberapa jurnal yang ada untuk memperoleh kriteria dan bobot yang menjadi acuan dan kuisioner kepada pihak Toko Ivo Busana Padang yang merupakan studi kasus dalam penelitian ini, berupa *data training* dan *data testing*.

4.2. Simulasi Perhitungan Keputusan dengan Metode AHP

Seperti pada Gambar 4.2, tahap ini melakukan analisis data lokasi berupa penentuan kriteria berupa harga, luas, legalitas perizinan, keamanan lokasi, jarak dari target pemasaran, jumlah pesaing dalam jarak 1 km, jarak dari jalan raya, serta jarak dari cabang lain, dan pembobotan masing-masing kriteria, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kriteria dan Bobotnya

Kriteria	Kode Kriteria	Bobot Kriteria
Harga	K1	1
Luas toko	K2	6
Legalitas perizinan	K3	3
Keamanan lokasi	K4	5
Jarak dari cabang lain yang terdekat	K5	2
Jarak dari target pemasaran	K6	4
Jumlah pesaing (dalam jarak 1 km)	K7	8
Jarak dari jalan raya	K8	7

Langkah-langkah perhitungan metode AHP, antara lain [9] :

- Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
- Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama, dilanjutkan subtujuan, kriteria, dan kemungkinan alternatif di tingkat kriteria terbawah.
- Membuat perankingan kriteria sesuai dengan tingkat kepentingannya sesuai dengan skala prioritas Saaty.
- Membuat matriks perbandingan *berpasangan* (*pairwise comparison matrix*) pada masing-masing kriteria yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria lainnya seperti pada persamaan (4.1).

$$e_{nm} = \frac{x_n}{x_m} \dots\dots\dots(4. 1)$$

Keterangan :

e = elemen matriks n = urutan matriks kolom
 x = kolom dan baris matriks m= urutan matriks baris

- Membuat matriks normalisasi, seperti terlihat pada rumus (4.3) untuk memperoleh bobot kriteria (priority vector) seperti pada persamaan (4.4), yaitu membagi nilai-nilai elemen di setiap kolom yang dibagi dengan total kolomnya, seperti yang dihitung pada rumus (4.2).

$$z_{nm} = e_{1m} + e_{2m} + \dots + e_{nm} \dots\dots\dots(4. 2)$$

$$N_{nm} = \frac{e_{nm}}{z_{nm}} \dots\dots\dots(4. 3)$$

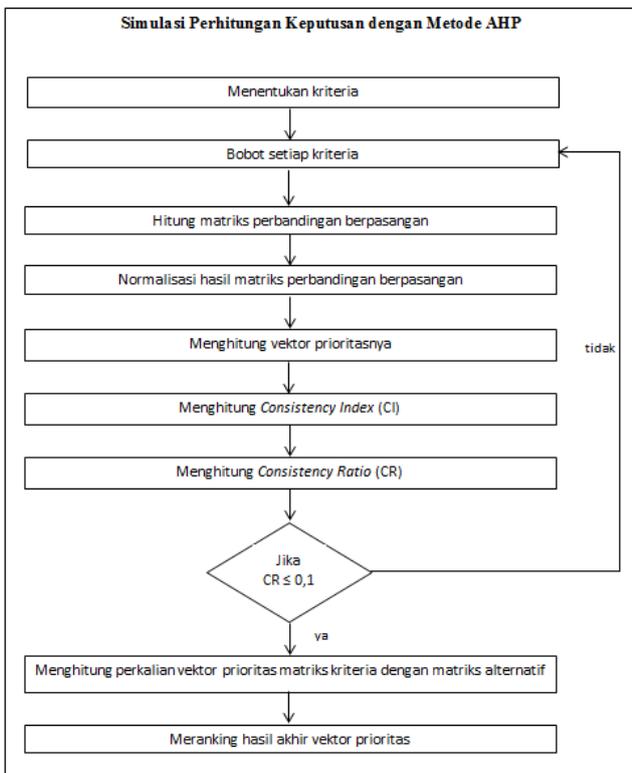
$$PV_n = \frac{N_{nm}}{\sum x} \dots\dots\dots(4. 4)$$

Keterangan :

z = jumlah elemen matriks per kolom
 N = normalisasi elemen matriks per kolom
 PV = vektor prioritas masing-masing kolom

- Vektor eigen (eigen vector) merupakan vektor kolom yang tidak bernilai nol, yang apabila dikalikan dengan suatu matriks berukuran n x n akan menghasilkan vektor lain yang memiliki nilai kelipatan dari vektor Eigen itu sendiri [10]. Vektor eigen ini diperoleh dengan menjumlahkan nilai di setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk memperoleh nilai rata-rata, seperti pada persamaan (4.5).

$$Ax_n = (x_{n1} * PV_1) + (x_{n2} * PV_2) + \dots + (x_{nm} * PV_n) \dots\dots(4. 5)$$



Gambar 4. 2 Tahapan Pemodelan Data dan Perancangan Algoritma AHP

- g. λ maks merupakan nilai eigen terbesar dari matriks berordo n. Nilai eigen terbesar (λ maks) diperoleh dari jumlah hasil kali dari jumlah kolom dengan eigen vektor utama seperti pada persamaan (4.6).

$$\lambda maks = (\frac{Ax_1}{PV_1}) + (\frac{Ax_2}{PV_2}) + \dots + (\frac{Ax_n}{PV_n}) \dots \dots \dots (4.6)$$

- h. Indeks Konsistensi (Consistency Index / CI) merupakan ukuran kekonsistenan dari bobot kriteria. Apabila CI bernilai nol (0), maka bobot yang diberikan konsisten. Perhitungan dapat di lihat pada persamaan (4.7).

$$CI = \frac{(\lambda maks - n)}{(n-1)} \dots \dots \dots (4.7)$$

- i. Namun apabila CI yang diperoleh lebih dari nol (0), maka diperlukan pengujian ketidakkonsistennya dengan menghitung nilai Rasio Konsistensi (Consistency Ratio / CR). Rasio Indeks (RI) merupakan skala untuk mengukur rasio konsistensi. Nilai dari rasio indeks terdapat pada Tabel 4.2 dan persamaan perhitungan CR dapat di lihat pada rumus (4.8).

Tabel 4. 2 Nilai Rasio Indeks (RI)

Jumlah Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nilai RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (4.8)$$

- j. Jika diperoleh nilai CR kurang dari atau sama dengan 10% (0,1) maka ketidakkonsistennya masih dapat diterima. Namun jika belum, diperlukan perlu perbandingan berpasangan kembali (iterasi 2) sampai diperoleh nilai CR kurang dari atau sama dengan 0,1.

- k. Menghitung matriks berpasangan dari masing-masing alternatif untuk setiap kriteria seperti pada persamaan (4.1). Matriks berpasangan ini dihitung normalisasinya seperti di persamaan (4.2). Kemudian melakukan perhitungan dengan rumus seperti pada persamaan (4.3) untuk memperoleh vektor eigennya di masing-masing kriteria.

- l. Perankingan alternatif diperoleh dari hasil penjumlahan dari perkalian bobot alternatif (priority matrix) dengan bobot kriteria (priority vector) yang bersesuaian seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4.9.

$$PV_{akhir} = (PV_n \times PV_{n1}) + (PV_n \times PV_{n2}) + \dots + (PV_n \times PV_{nm}) \dots \dots \dots (4.9)$$

Keterangan :

PV_{akhir} = vektor prioritas suatu kriteria di sebuah alternatif

Hasil akhir dari perankingan lokasi diproses pada metode GIS untuk kemudian diperoleh letak geografis dari lokasi cabang tersebut.

4.3. Pembuatan Visualisasi Peta

Visualisasi peta dibuat dengan mengambil peta dari Google Maps, dengan mengambil koordinat titik dari alamat sebuah lokasi alternatif yang diberikan user, kemudian ditampilkan bersama dengan hasil akhir perhitungan rekomendasi lokasi usahanya.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Data yang Diperoleh

Data mengenai lokasi toko diperoleh dari hasil wawancara dengan kuisisioner kepada pemilik Toko Ivo Busana. Kuisisioner tersebut berisi informasi berupa nama lokasi, alamat lokasi, kecamatan, harga, luas, keamanan, perizinan, jarak dari cabang lain, jarak dari target pemasaran, jumlah pesaing dan jarak dari jalan raya.

Data sampel sebanyak 13 data yang diperoleh, 6 data diantaranya yang merupakan lokasi-lokasi cabang dengan potensi baik digunakan sebagai *data training*, yaitu Permindo 1, Gunung Pangilun 2, Pasar Baru, Lubeg, Siteba, dan Simpang Haru. Tujuh sampel data lainnya digunakan sebagai *data testing*.

5.2. Perhitungan Keputusan Data Lokasi Cabang

5.2.1. Penentuan Kriteria Data

Kriteria yang digunakan dalam penentuan lokasi cabang usaha, antara lain :

- a. Luas

Luas merupakan ukuran keseluruhan dari lokasi toko. Penentuan nilai luas disesuaikan dengan luas toko yang tertulis pada kuisisioner. Semakin besar ukuran luas dari lokasi toko maka semakin tinggi pula nilai lokasi tersebut.

- b. Harga

Harga merupakan harga jual lokasi toko. Penentuan nilai harga dibagi menjadi tiga kategori harga (seperti pada Tabel 5.1), sesuai dengan harga toko yang tertulis pada kuisisioner.

Tabel 5. 1 Bobot Kriteria Harga

RENTANG HARGA	NILAI
Lebih dari Rp 1.000.000.000,00	1
Rp 650.000.000,00 – Rp 1.000.000.000,00	2
Rp 300.000.000,00 – Rp 649.999.999,00	3

- c. Keamanan

Suatu lokasi dapat dikatakan sangat aman apabila tidak pernah terjadi kasus kriminal di sekitar lokasi usaha dalam rentang waktu sebulan. Apabila lokasi mengalami kasus kriminal sampai tiga kali dalam sebulan maka dikatakan cukup aman. Dan lokasi dikatakan tidak aman apabila terjadi kasus kriminal lebih dari 3 kali. Bobot pada kriteria tingkat keamanan dapat di lihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Bobot Kriteria Keamanan

TINGKAT KEAMANAN	NILAI
Sangat Aman	3
Cukup Aman	2
Tidak Aman	1

- d. Legalitas Perizinan

Legalitas perizinan dari sebuah lokasi usaha diantaranya Izin Mendirikan Bangunan (IMB), Sertifikat Hak Milik (SHM), dan Akta Pembelian. Semakin lengkap dari ketiga surat ini menghasilkan nilai yang semakin tinggi bagi lokasi tersebut.

e. Jarak dari Target Pemasaran

Target pemasaran dari suatu lokasi usaha (seperti sekolah, kampus, perkantoran, dan lain-lain) dapat lebih dari satu, namun jarak yang diambil merupakan jarak terdekat dari lokasi cabang usaha. Semakin jauh jarak dari target pemasaran, semakin rendah nilai dari lokasi tersebut, seperti pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Bobot Jarak dari Target Pemasaran

Jarak dari Target Pemasaran	Nilai
Lebih dari 1 km	1
500 meter – 1 km	2
Kurang dari 500 meter	3

f. Jumlah Pesaing dalam rentang 1 km

Jumlah Pesaing merupakan jumlah toko lain yang sejenis dalam rentang jarak 1 km dari lokasi. Semakin banyak jumlah pesaing maka semakin kecil nilai dari lokasi tersebut, seperti terlihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Bobot Jumlah Pesaing dalam rentang 1 km

JUMLAH TOKO	NILAI
Lebih dari 50 toko	1
25 – 49 toko	2
Kurang dari 25 toko	3

g. Jarak dari Cabang Lain

Jarak dari cabang lain merupakan jarak dari letak lokasi cabang yang akan direkomendasikan dari lokasi cabang lain yang sudah ada, yang terdekat dari lokasi tersebut. Penentuan nilai jarak dari cabang lain sesuai dengan jarak dari cabang lain yang tertulis pada kuisioner. Semakin jauh jarak dari cabang lain yang sudah ada maka akan semakin tinggi nilai dari lokasi tersebut.

h. Jarak dari Jalan Raya

Jarak dari jalan raya merupakan jarak untuk lokasi yang tidak berada tepat di tepi jalan raya. Semakin jauh lokasi usaha dari jalan raya maka semakin rendah nilai dari lokasi tersebut, seperti pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Bobot Kriteria Jarak dari Jalan Raya

Jarak dari Jalan Raya	Nilai
Tepi jalan raya atau kurang dari 100 meter	3
100 – 500 meter	2
Lebih dari 500 meter	1

5.2.2. Penentuan Kekonsistenan Bobot Kriteria

Perhitungan ini menggunakan bobot masing-masing kriteria berupa 5,5,3,3,3,7,1,5 dengan urutan kriteria berupa harga, luas, legalitas perizinan, tingkat keamanan, jarak dari cabang lain, jarak dari target pemasaran, jumlah pesaing di sekitar lokasi, dan jarak dari jalan raya. Nilai tersebut berdasarkan pada skala saaty dimana 1 berupa sama penting, 3 bernilai cukup penting, 5 bernilai lebih penting, 7 bernilai sangat penting, dan 9 bernilai mutlak penting. Kemudian nilai preferensi tersebut diproses dengan algoritma AHP.

1. Menentukan kriteria beserta bobotnya

Setelah menentukan 8 macam kriteria, kemudian ditentukan nilai bobot masing-masing kriterianya seperti yang terdapat pada Tabel 4.1.

2. Membuat matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*)

Matriks perbandingan berpasangan terhadap masing-masing bobot kriteria, seperti yang terdapat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Perbandingan Berpasangan Bobot Kriteria

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Jml
K1	1	6	3	5	2	4	8	7	36
K2	0,17	1	0,5	0,83	0,33	0,67	1,33	1,17	6
K3	0,33	2	1	1,67	0,67	1,33	2,67	2,33	12
K4	0,20	1,2	0,6	1	0,4	0,8	1,6	1,4	7,2
K5	0,50	3	1,5	2,5	1	2	4	3,5	18
K6	0,25	1,5	0,75	1,25	0,5	1	2	1,75	9
K7	0,13	0,75	0,38	0,63	0,25	0,5	1	0,88	4,5
K8	0,14	0,86	0,43	0,71	0,29	0,57	1,14	1	5,14

Keterangan :

K1 adalah kriteria harga

K2 adalah kriteria luas

K3 adalah kriteria legalitas perizinan

K4 adalah kriteria tingkat keamanan

K5 adalah kriteria jarak dari cabang lain

K6 adalah kriteria jarak dari target pemasaran

K7 adalah kriteria jumlah pesaing

K8 adalah kriteria jarak dari jalan raya

3. Normalisasi matriks perbandingan

Setelah memperoleh nilai setiap elemennya seperti pada Tabel 5.6, bagi semua elemen dengan jumlah elemen perbarisnya. Sebagai contoh, pada elemen (K1,K1)/ Jumlah K1 = 1 / 36, menghasilkan 0,0278. Perhitungan secara lengkap terdapat di Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Normalisasi Bobot Kriteria

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K2	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K3	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K4	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K5	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K6	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K7	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
K8	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194
Jml	0,222	1,333	0,667	1,111	0,444	0,889	1,778	1,556

4. Mencari vektor eigen dengan pembagian semua elemen matriks yang telah ternormalisasi (Tabel 5.7) dengan jumlah kriteria seperti pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Vektor Eigen

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Vektor Eigen	0,028	0,167	0,083	0,139	0,056	0,111	0,222	0,194

5. Menentukan nilai eigen maks (λ max)

Menjumlahkan hasil penjumlahan setiap baris dibagi dengan vektor eigen yang bersangkutan.

$$\lambda \text{ max} = ((0,2222 / 0,0278) + (1,3333 / 0,1667) + (0,6667 / 0,0833) + (1,1111 / 0,1389) + (0,4444 / 0,0556) + (0,8889 / 0,1111) + (1,7778 / 0,2222) + (1,5556 / 0,1944)) / 8 = 8$$

6. Menghitung indeks konsistensi (CI)

Indeks konsistensi diperoleh dari eigen maks (λ_{max}) dikurangi dengan jumlah kriteria dan dibagi dengan jumlah kriteria dikurangi 1.

$$CI = (8 - 8) / (8 - 1) = 0$$

7. Menghitung rasio konsistensi (CR)

CR = CI / RI, dimana RI terdapat pada Tabel 4.2.

$$= 0 / 1,41$$

$$= 0$$

Karena $CR < 0,1$ maka nilai bobot masing-masing kriterianya konsisten dan dapat digunakan sebagai bobot di dalam perhitungan.

Hasil bobot kriteria yang telah konsisten dapat digunakan untuk proses perankingan alternatif seperti pada contoh kasus pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.9.

Gambar 5. 1 Contoh Kasus Penentuan Lokasi Cabang Usaha

Tabel 5. 9 Data Sampel Kasus Penentuan Lokasi Cabang Usaha

No	Nama	Harga (dalam juta rupiah)	Luas (dalam meter)	Keamanan	Perizinan	Jarak dari Cabang Lain (dalam meter)	Jarak dari Target Pemasaran (dalam meter)	Jarak dari Jalan Raya (dalam meter)	Jumlah Pesaing
1	M. Yamin 1	550	24	Cukup Aman	3	2	500	20	10
2	M. Yamin 2	400	20	Cukup Aman	3	2	500	20	17
3	Ulak Karang	1.150	40	Cukup Aman	3	500	3500	25	0
4	Gunung Pangilun	2.000	120	Sangat Aman	3	100	100	20	0

- a. Membuat matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) pada masing – masing kriteria, antara lain kriteria harga seperti pada Tabel 5.10, kriteria luas pada Tabel 5.11, kriteria keamanan di Tabel 5.12, kriteria perizinan terdapat pada Tabel 5.13, kriteria jarak dari cabang lain pada Tabel 5.14, kriteria jarak dari target pemasaran di Tabel 5.15, kriteria jarak dari jalan raya di Tabel 5.16, dan kriteria jumlah pesaing pada 5.17.

1.Harga

Tabel 5. 10 Perbandingan Berpasangan Kriteria Harga

	N1 (3) 550	N2 (3) 400	N3 (1) 1.150	N4 (1) 2.000	Jml
N1 (3) 550	1	1	0,333	0,333	2,333
N2 (3) 400	1	1	0,333	0,333	2,333
N3 (1) 1.150	3	3	1	1	8
N4 (1) 2.000	3	3	1	1	8

2.Luas

Tabel 5. 11 Perbandingan Berpasangan Kriteria Luas

	N1 24	N2 20	N3 40	N4 120	Jml
N1 24	1	0,83	1,67	5	8,5
N2 20	1,2	1	2	6	10,2
N3 40	0,6	0,5	1	3	5,1
N4 120	0,2	0,167	0,333	1	1,7

3.Keamanan

Tabel 5. 12 Perbandingan Berpasangan Kriteria Keamanan

	N1 2	N2 2	N3 2	N4 3	Jml
N1 2	1	1	1	1,5	4,5
N2 2	1	1	1	1,5	4,5
N3 2	1	1	1	1,5	4,5
N4 3	0,67	0,67	0,67	1	3

4.Perizinan

Tabel 5. 13 Perbandingan Berpasangan Kriteria Perizinan

	N1 3	N2 3	N3 3	N4 3	Jml
N1 3	1	1	1	1	4
N2 3	1	1	1	1	4
N3 3	1	1	1	1	4
N4 3	1	1	1	1	4

5.Jarak dari Cabang Lain

Tabel 5. 14 Perbandingan Berpasangan Kriteria Jarak dari Cabang Lain

	N1 2	N2 2	N3 500	N4 100	Jml
N1 2	1	1	250	50	302
N2 2	1	1	250	50	302
N3 500	0,004	0,004	1	0,2	1,208
N4 100	0,02	0,02	5	1	6,04

6.Jarak dari Target Pemasaran

Tabel 5. 15 Perbandingan Berpasangan Kriteria Jarak dari Target Pemasaran

	N1 (2) 500	N2 (2) 500	N3 (1) 3.500	N4 (3) 100	Jml
N1 (2) 500	1	1	0,5	1,5	4
N2 (2) 500	1	1	0,5	1,5	4
N3 (1) 3.500	2	2	1	3	8
N4 (3) 100	0,67	0,67	0,33	1	2,67

7.Jumlah Pesaing

Tabel 5. 16 Perbandingan Berpasangan Kriteria Jumlah Pesaing

	N1 (3) 20	N2 (3) 20	N3 (2) 25	N4 (3) 20	Jml
N1 (3) 20	1	1	1	1	4
N2 (3) 20	1	1	1	1	4
N3 (2) 25	1	1	1	1	4
N4 (3) 20	1	1	1	1	4

8.Jarak dari Jalan Raya

Tabel 5. 17 Perbandingan Berpasangan Kriteria Jarak dari Jalan Raya

	N1 (3) 10	N2 (3) 17	N3 (3) 0	N4 (3) 0	Jml
N1 (3) 10	1	1	1	1	4
N2 (3) 17	1	1	1	1	4
N3 (3) 0	1	1	1	1	4
N4 (3) 0	1	1	1	1	4

b. Membuat matriks normalisasi pada masing – masing kriteria, antara lain kriteria harga seperti dapat dilihat pada Tabel 5.18, kriteria luas terlihat pada Tabel 5.19, kriteria keamanan seperti pada Tabel 5.20, kriteria perizinan terdapat pada Tabel 5.21, kriteria jarak dari cabang lain pada Tabel 5.22, kriteria jarak dari target pemasaran di Tabel 5.23, kriteria jarak dari jalan raya dapat dilihat di Tabel 5.24, dan kriteria jumlah pesaing terdapat pada 5.25.

1.Harga

Tabel 5. 18 Normalisasi Kriteria Harga

	N1	N2	N3	N4
N1	0,375	0,375	0,125	0,125
N2	0,375	0,375	0,125	0,125
N3	0,375	0,375	0,125	0,125
N4	0,375	0,375	0,125	0,125
Jml	1,5	1,5	0,5	0,5

2.Luas

Tabel 5. 19 Normalisasi Kriteria Luas

	N1	N2	N3	N4
N1	0,11765	0,098039	0,196078	0,588235
N2	0,11765	0,098039	0,196078	0,588235
N3	0,11765	0,098039	0,196078	0,588235
N4	0,11765	0,098039	0,196078	0,588235
Jml	0,47059	0,392157	0,784314	2,352941

3.Keamanan

Tabel 5. 20 Normalisasi Kriteria Keamanan

	N1	N2	N3	N4
N1	0,222222	0,222222	0,222222	0,333333
N2	0,222222	0,222222	0,222222	0,333333
N3	0,222222	0,222222	0,222222	0,333333
N4	0,222222	0,222222	0,222222	0,333333
Jml	0,888889	0,888889	0,888889	1,333333

4.Perizinan

Tabel 5. 21 Normalisasi Kriteria Perizinan

	N1	N2	N3	N4
N1	0,25	0,25	0,25	0,25
N2	0,25	0,25	0,25	0,25
N3	0,25	0,25	0,25	0,25
N4	0,25	0,25	0,25	0,25
Jml	1	1	1	1

5.Jarak dari Cabang Lain

Tabel 5. 22 Normalisasi Kriteria Jarak dari Cabang Lain

	N1	N2	N3	N4
N1	0,003311	0,003311	0,827815	0,165563
N2	0,003311	0,003311	0,827815	0,165563
N3	0,003311	0,003311	0,827815	0,165563
N4	0,003311	0,003311	0,827815	0,165563
Jml	0,013245	0,013245	3,311258	0,662252

6.Jarak dari Target Pemasaran

Tabel 5. 23 Normalisasi Kriteria Jarak dari Target Pemasaran

	N1	N2	N3	N4
N1	0,25	0,25	0,125	0,375
N2	0,25	0,25	0,125	0,375
N3	0,25	0,25	0,125	0,375
N4	0,25	0,25	0,125	0,375
Jml	1	1	0,5	1,5

7.Jumlah Pesaing

Tabel 5. 24 Normalisasi Kriteria Jumlah Pesaing

	N1	N2	N3	N4
N1	0,272727	0,272727	0,181818	0,272727
N2	0,272727	0,272727	0,181818	0,272727
N3	0,272727	0,272727	0,181818	0,272727
N4	0,272727	0,272727	0,181818	0,272727
Jml	1,090909	1,090909	0,727273	1,090909

8.Jarak dari Jalan Raya

Tabel 7. 25 Normalisasi Kriteria Jarak dari Jalan Raya

	N1	N2	N3	N4
N1	0,25	0,25	0,25	0,25
N2	0,25	0,25	0,25	0,25
N3	0,25	0,25	0,25	0,25
N4	0,25	0,25	0,25	0,25
Jml	1	1	1	1

- c. Menentukan *eigen vector* (vektor eigen) masing-masing kriteria dengan membagi jumlah

normalisasi dengan jumlah alternatif yang diberikan. Kriteria-kriterianya berupa kriteria harga seperti pada Tabel 5.26, kriteria luas pada Tabel 5.27, kriteria keamanan di Tabel 5.28, kriteria perizinan terdapat pada Tabel 5.29, kriteria jarak dari cabang lain pada Tabel 5.30, kriteria jarak dari target pemasaran di Tabel 5.31, kriteria jarak dari jalan raya di Tabel 5.32, dan kriteria jumlah pesaing pada 5.33.

1.Harga

Tabel 5. 26 Vektor Eigen Kriteria Harga

Jumlah Normalisasi	1,5	1,5	0,5	0,5
Vektor Eigen	0,375	0,375	0,125	0,125

2.Luas

Tabel 5. 27 Vektor Eigen Kriteria Luas

Jumlah Normalisasi	0,4706	0,3922	0,7843	2,3529
Vektor Eigen	0,1176	0,0980	0,1961	0,5882

3.Keamanan

Tabel 5. 28 Vektor Eigen Kriteria Keamanan

Jumlah Normalisasi	0,8889	0,8889	0,8889	1,3333
Vektor Eigen	0,2222	0,2222	0,2222	0,3333

4.Perizinan

Tabel 5. 29 Vektor Eigen Kriteria Perizinan

Jumlah Normalisasi	1	1	1	1
Vektor Eigen	0,25	0,25	0,25	0,25

5.Jarak dari Cabang Lain

Tabel 5. 30 Vektor Eigen Kriteria Jarak dari Cabang Lain

Jumlah Normalisasi	0,0132	0,0132	3,3113	0,6623
Vektor Eigen	0,0033	0,0033	0,8278	0,1656

6.Jarak dari Target Pemasaran

Tabel 5. 31 Vektor Eigen Kriteria Jarak dari Target Pemasaran

Jumlah Normalisasi	1	1	0,5	1,5
Vektor Eigen	0,25	0,25	0,125	0,375

7.Jumlah Pesaing

Tabel 5. 32 Vektor Eigen Kriteria Jumlah Pesaing

Jumlah Normalisasi	1,0909	1,0909	0,7273	1,0909
Vektor Eigen	0,2727	0,2727	0,1818	0,2727

8.Jarak dari Jalan Raya

Tabel 5. 33 Vektor Eigen Kriteria Jarak dari Jalan Raya

Jumlah Normalisasi	1	1	1	1
Vektor Eigen	0,25	0,25	0,25	0,25

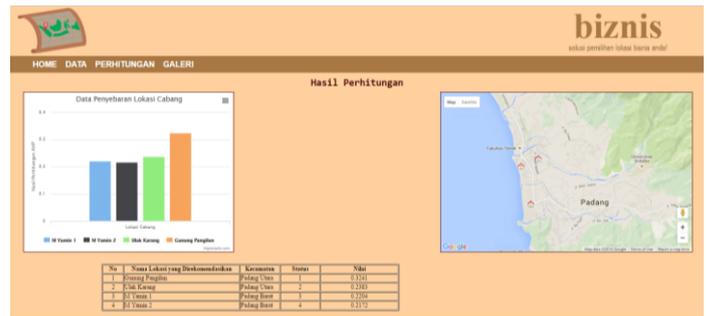
d. Menentukan perankingan

Tabel 5. 34 Hasil Perankingan Kriteria Alternatif

	N1	N2	N3	N4
Harga	0,0104	0,0104	0,0035	0,0035
Luas	0,0196	0,0163	0,0327	0,0980
Keamanan	0,0309	0,0309	0,0309	0,0463
Perizinan	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208
Jarak dari Cabang Lain	0,0002	0,0002	0,0460	0,0092
Jarak dari Target Pemasaran	0,0278	0,0278	0,0139	0,0417
Jarak dari Jalan Raya	0,0486	0,0486	0,0486	0,0486
Jumlah Pesaing	0,0606	0,0606	0,0404	0,0606
Jumlah	0,2172	0,2204	0,2383	0,3241

Dari hasil perhitungan Tabel 5.34, diperoleh bahwa lokasi Gunung Pangilun (N4) merupakan lokasi terbaik dengan hasil penilaian 0,3241 jika dibandingkan dengan 3 lokasi lainnya, yaitu Ulak Karang (N3) dengan hasil penilaian 0,2383, M. Yamin 1 (N1) dengan hasil penilaiannya 0,2204 dan M.Yamin 2 (N2) dengan hasil penilaian 0,2172, seperti yang terlihat pada Gambar 5.2. Tampilan dari menu perhitungan terdapat pada Gambar 5.3.

Lokasi Gunung Pangilun dapat memperoleh hasil tertinggi dibandingkan tiga alternatif lokasi lainnya karena letaknya yang paling dekat dengan target pemasaran, dimana kriteria ini memiliki bobot tertinggi dalam kedelapan kriteria yang ada. Selain itu tingkat keamanan terhadap kriminalitas dari lokasi ini sangat aman, sehingga meskipun harga dari lokasi ini tergolong tinggi dan jumlah pesaing di sekitar lokasi sama dengan pada lokasi M Yamin 1 dan M Yamin 2, lokasi Gunung Pangilun ini paling direkomendasikan untuk menjadi lokasi cabang yang baru.



Gambar 5. 2 Hasil Implementasi



Gambar 5. 3 Tampilan menu Perhitungan

5.3. Pembuatan Visualisasi Peta

Tahap ini berupa pengambilan masukan user berupa alamat, kemudian diproses dengan Google Maps untuk memperoleh koordinat (*latitude* dan *longitude*) yang terlihat pada Tabel 5.35, dari alamat tersebut sehingga dapat melengkapi hasil perhitungan dengan memberikan tanda pada titik lokasi (seperti pada Gambar 5.4).

Tabel 5. 35 Visualisasi Peta

No	Lokasi	Alamat	Langitude	Longitude
1	M Yamin 1	Jl M. Yamin Blok E1 no 1 Padang	-0.9523803	100.35930510
2	M Yamin 2	Jl M. Yamin Blok E1 no 2 Padang	-0.9523803	100.35930510
3	Ulak Karang	Jl S Parman No 228 Ulak Karang Padang Utara	-0.90764139	100.35093840
4	Gunung Pangillun	Jl Gunung Pangilun No. 3 Olo Nanggalo	-0.91191879	100.36569159

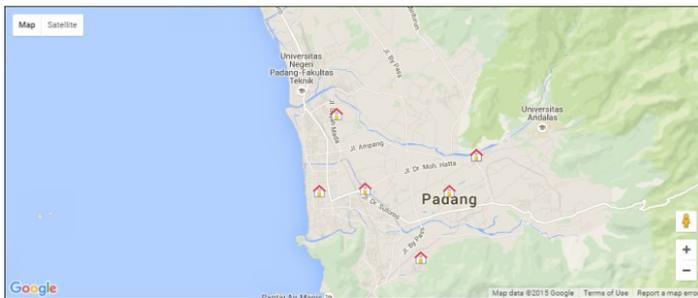


Gambar 5.4 Visualisasi Peta

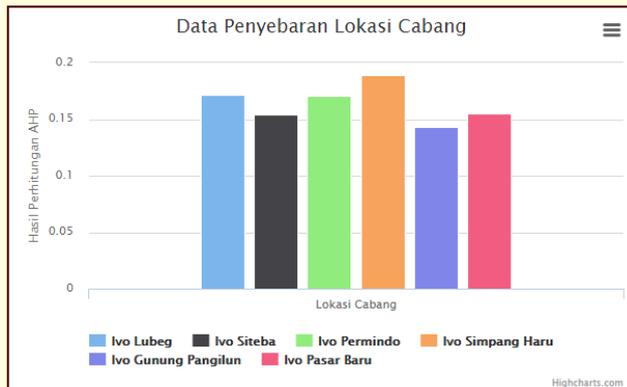
Adanya visualisasi peta seperti pada Gambar 5.5, dapat memudahkan user mengetahui persebaran lokasi cabang

usaha dan posisi lokasi alternatif cabang usaha serta dengan adanya grafik seperti pada Gambar 5.6, dapat

membantu user dalam memilih kecamatan dari lokasi yang lebih berpotensi.



Gambar 5. 5 Visualisasi Peta Persebaran Lokasi Cabang



Gambar 5. 6 Grafik Nilai Perhitungan Lokasi Cabang

6. KESIMPULAN

Pengujian terhadap fungsional dilakukan untuk memastikan sistem telah berjalan dengan baik. serta pengujian terhadap perhitungannya untuk memastikan hasil perhitungan yang diberikan telah sesuai dengan hasil perhitungan manual. Selain itu dilakukan pula pengujian evaluasi dari sisi pengguna sistem aplikasi yang menghasilkan sistem ini mampu membantu pemilik usaha dalam melakukan pemilihan lokasi usahanya.

Hasil perankingan yang diperoleh dari pengujian perhitungan menghasilkan bahwa alternatif lokasi Gunung Pangilun (N4) merupakan lokasi terbaik dengan hasil perhitungan berupa 0,3113 jika dibandingkan dengan ketiga alternatif lokasi lainnya yang masing-masingnya secara berurutan berupa lokasi Ulak Karang (N3) sejumlah 0,2441, lokasi M Yamin 1 (N1) sejumlah 0,2238, dan lokasi M. Yamin 2 (N2) sejumlah 0,2208.

Sistem pendukung keputusan dalam penentuan lokasi cabang usaha ini dapat digunakan sebagai alat bantu pendukung dalam pengambilan keputusan, sehingga keputusan akhir tetap menjadi otoritas pemilik usaha.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putri, D.V., Fahriza A., Helen A. Penentuan Lokasi Pembukaan Cabang Baru LBB dengan Metode AHP – GIS. Institut Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [2] Sihaloho S., 2014. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi Pembangunan Tower Base Transceiver Station (BTS) pada Telkomsel dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Makalah Ilmiah Informasi dan Teknologi Ilmiah (INTI). ISSN : 2339 - 210X.
- [3] Nanderi N., Mohammadi J. 2015. Locating Temporary Housing after the Earthquake, Using GIS and AHP Techniques (A Case Study: 15 Districts of Isfahan City). ISSN : 2345-2633
- [4] Kundakci N., Adali E.A., Isik A.T. 2014. Tourist Hotel Location Selection with Analytic Hierarchy Process. Journal of Life Economics.
- [5] Muttaqin, Harjoko A. 2015. Decision Support System for Determining The Location of Seminar. Journal of Assian Scientific Research. e-ISSN : 2223-1331.
- [6] Turban, E., J. E. Aronson, dan T. Liang, 2005, Decision Support System and Inteligent System. Pearson Prantince Hall, New Jersey.
- [7] Herbert A. Simon (Kadarsah, 2002:15-16). Tahap-tahap yang harus dilalui dalam proses pengambilan keputusan.
- [8] Iryanto. 2008. Eksposisi Analytical Hierarchy Process dalam Riset Operasi : Cara Efektif untuk Pengambilan Keputusan.
- [9] Suryadi, Kadarsyah dan Ramdhani, M. Ali (1998), Sistem Pendukung Keputusan Suatu Wacana Struktural Idealisasi & Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan, Remaja Rosdakarya, Bandung.
- [10] Kuttler, Kenneth. 2012. Elementary Linear Algebra. Ventus Publishing ApS. ISBN 978-87-403-0018-5

Identification of Parasite *Plasmodium* SP. on Thin Blood Smears With Rule-Based Method

Faisal Dharma Adhinata
Program Studi Informatika
Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
fadhinata@gmail.com

Esti Suryani
Program Studi Informatika
Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
estisuryani@staff.uns.ac.id

Paramasari Dirgahayu
Program Studi Pendidikan Dokter
Fakultas Kedokteran
Universitas Sebelas Maret
paramasari123@gmail.com

ABSTRACT

Malaria is a disease that is still a considerable problem in tropical countries, including Indonesia. Experts Parasitology in diagnosing the parasite Plasmodium through thin blood smear with Giemsa staining. During this inspection is done manually by searching the parasite Plasmodium thin blood smear on a slide using light microscopy. This study provides an alternative discourse enforcement diagnosis of malaria automatically by a computer base, based on changes rheology of red blood cells infected with Plasmodium parasite through a microscopic image was taken from the description of a thin blood smear with Giemsa staining. Parasite Plasmodium identified by the shape of red blood morphology. Each type of Plasmodium parasite has a special characteristic morphology of infected red blood cells. The morphological characteristics of red blood cells that are used are the area, areas in the ratio of cells with an area of normal red blood cells, the ratio of the diameter, and the ratio of roundness. Image processing method used was a median filter to pre-processing, Otsu and erosion to segments, then Bounding Box and Euclidean Distance for feature extraction. The test results showed that the method that is used to identify the type of parasite Plasmodium, and Plasmodium Vivax Falciparum with a system accuracy of 55%.

Keywords

Euclidean Distance, Plasmodium Falciparum, Plasmodium Vivax, Otsu, Bounding Box

1. PENDAHULUAN

Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi parasit darah genus *Plasmodium* sp, yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Penyakit ini menimbulkan gejala seperti demam tinggi, menggigil, dan nyeri otot [1]. Menurut WHO, pada tahun 2013 terdapat sekitar 198 juta kasus klinis malaria di seluruh dunia dengan 584.000 kematian [2]. Di Indonesia, secara umum spesies yang paling sering ditemukan adalah *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* jarang ditemukan di Indonesia bagian timur, sedangkan *Plasmodium ovale* lebih jarang lagi. Penemuannya pernah dilaporkan dari Flores, Timor dan Irian Jaya. Pada tahun 2013 penyebab malaria yang tertinggi adalah *Plasmodium vivax* (44%), kemudian *Plasmodium falciparum* (56%), sedangkan *Plasmodium ovale* dan *Plasmodium malariae* tidak dilaporkan. Di tahun yang sama, populasi penduduk Indonesia tercatat 249.865.631, dari sejumlah populasi tersebut yang dicurigai malaria tercatat 3.197.890, kasus positif terinfeksi malaria dilaporkan terdapat 343.527 dan tercatat 45 kematian [2].

Saat ini, diagnosis yang sering dilakukan adalah dengan pemeriksaan mikroskopis slide darah, terutama didasarkan pada apus darah tipis. Diagnosis yang dilakukan di daerah perifer (jauh dari pusat kota) adalah dengan pemeriksaan mikroskopis slide apus darah dengan pengecatan giemsa [3]. Prosedur ini memerlukan keahlian khusus dalam hal identifikasi sehingga penegakkan diagnosis-nya menimbulkan kendala, terutama di daerah-daerah perifer. Diagnosis spesies parasit *Plasmodium* dikenali berdasarkan perubahan morfologi sel darah merah yang telah terinfeksi. Mengingat kompleksitasnya yang tidak ringan, maka sesungguhnya penegakkan diagnostik spesies *Plasmodium* dengan cara yang mudah, murah dan aplikatif di masyarakat sangat dibutuhkan, terutama di daerah-daerah endemis malaria, yang pada dasarnya masih sangat sedikit ahli parasitologi yang berada di daerah tersebut. Berdasarkan patogenesisnya, parasit *Plasmodium* yang baru hidup dan bertumbuh kembang dalam sel darah merah akan menimbulkan perubahan-perubahan pada sel darah merah tersebut, meliputi perubahan bentuk, ukuran, perubahan permukaan sel darah merah serta penambahan gambaran parasit yang bisa terdeteksi melalui pemeriksaan apusan darah tipis dengan pengecatan giemsa [3].

Penelitian ini memberikan wacana alternatif penegakkan diagnostik penyakit malaria berdasarkan perubahan rheologi sel darah merah tersebut melalui citra mikroskopis yang diambil dari gambaran apus darah tipis dengan pengecatan giemsa. Jenis parasit *Plasmodium* yang terdapat dalam sel darah merah diidentifikasi berdasarkan bentuk morfologinya, ada ciri khusus bentuk dalam setiap jenis. Karakteristik morfologi yang digunakan ada tiga buah, yakni luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebundaran. Penelitian yang diusulkan menggunakan metode Otsu thresholding untuk memisahkan sel darah merah dari komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit dari background [4]. Morfologi erosi untuk menghilangkan noda atau titik-titik kecil pada citra [4]. Bounding Box untuk labelling atau penomoran sel [4]. Euclidean Distance untuk menghitung jarak diameter objek sel pada citra [4]. Algoritma identifikasi yang diusulkan adalah menggunakan rule based. Rule based menggunakan logika sederhana if/then [5]. Menurut Tunmibi, Adeniji, Aregbesola, dan Dasyilva (2013) dalam jurnalnya yang berjudul "A Rule Based Expert System for Diagnosis of Fever", metode rule based dapat digunakan untuk mendiagnosis jenis demam. Harapannya hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan pengobatan berbasis spesies penyebab penyakit malaria dilapangan meskipun tidak dilakukan oleh tenaga medis.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Sel darah merah (Eritrosit)

Sel darah merah (eritrosit) merupakan salah satu sel darah dengan jumlah paling banyak dibandingkan dengan sel darah lainnya. Sel darah merah matang berbentuk cakram dengan kedua permukaannya cekung

atau *bikonkaf* dengan struktur sel yang tidak lengkap dengan tebal 1,5-2,5 mikron. Darah merah normal mempunyai volume 80-96 femoliter (1fL = 10-15 liter) dengan diameter kira-kira 7-8 mikron, sama dengan inti limfosit kecil. Diameter sel darah merah dapat diukur dengan membandingkan sel darah merah dengan inti limfosit kecil dalam bidang yang sama atau berdekatan [6].

2.2 Klasifikasi Malaria

Hingga saat ini terdapat 5 spesies *Plasmodium*, empat diantaranya menginfeksi manusia yang menyebar dari satu orang ke orang lain melalui nyamuk *Anopheles* betina, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, dan *Plasmodium ovale*. Dalam beberapa tahun terakhir juga terdapat kasus malaria yang disebabkan oleh *Plasmodium knowlesi* yang menginfeksi kalangan monyet di kawasan hutan tertentu Asia Tenggara [2].

P. falciparum kebanyakan ditemukan di daerah tropis dan subtropis (didiera khatulistiwa). Infeksi *P. falciparum* dapat menyebabkan komplikasi yang mengancam jiwa setelah beberapa hari pertama. Spesies *Plasmodium* ini sering resisten terhadap obat antimalaria yang sering digunakan (chloroquine) dan memerlukan perawatan dengan obat-obatan lainnya. *P. vivax* dan *P. malariae*

ditemukan di seluruh daerah tropis di dunia. *P. ovale* ditemukan di Afrika barat, dan *P. knowlesi* ditemukan di Asia Tenggara. Infeksi *P. vivax*, *P. malariae*, atau *P. ovale* biasanya tidak mengancam jiwa, dan seseorang mungkin pulih dalam satu bulan tanpa pengobatan. Tetapi infeksi *P. knowlesi* dapat berakibat fatal. *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi* umumnya tidak resisten terhadap obat seperti *P. falciparum*. *P. vivax*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi* dapat ditemukan di dalam hati, hal ini memerlukan pengobatan lebih lanjut dengan obat untuk mencegah kekambuhan [7].

2.3 Karakteristik jenis parasit Plasmodium

Morfologi *plasmodium* di dalam sel darah merah memiliki sitoplasma dengan bentuk tidak teratur pada berbagai stadium pertumbuhan dan mengandung kromatin, pigmen serta granula. Pigmen malaria ialah suatu kompleks yang terdiri dari protein yang telah di denaturasi, yaitu *hamozoinatau hamatin*, suatu hasil metabolisme parasit dengan bahan-bahan dari sel darah merah. Pigmen ini tidak ada pada parasit *eksoeritrositik* yang terdapat dalam sel hati. Gametosit dapat dibedakan dari *tropozoit* tua karena sitoplasma lebih padat, tidak ada pembelahan kromatin dan pigmen yang tersebar dibagian tepi [8]. Karakteristik jenis parasit *Plasmodium sp.* [9] disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik jenis parasit Plasmodium [9]

Spesies Plasmodium	Fase dalam darah	Citra	Penampakan sel darah merah (RBC)	Penampakan parasit
<i>P. falciparum</i>	<i>Ring</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	Sitoplasma tipis; terdapat 1 atau 2 titik kromatin kecil;
	<i>Trophozoite</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	Sitoplasma tebal; pigmen gelap
	<i>Schizont</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	dewasa = 8 sampai 24 merozoite kecil; pigmen gelap, mengelompok menjadi satu
	<i>Gametocyte</i>		Bentuknya tidak teratur mengikuti parasit	Berbentuk sabit atau sosis; kromatin mengelompok menjadi satu (macrogametocyte) atau menyebar (microgametocyte); pigmen gelap mengumpul
<i>P. vivax</i>	<i>Ring</i>		Ukuran sel darah merah normal sampai membesar 1.25 kali, berbentuk bulat; kadang terdapat titik-titik Schüffner;	titik kromatin besar
	<i>Trophozoite</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 2 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	sitoplasma amoeboid besar; kromatin besar ; terdapat pigmen coklat kekuningan
	<i>Schizont</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 2 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	besar, hampir mengisi seluruh RBC; dewasa = 12 sampai 24 merozoite; coklat kekuningan, pigmen mengumpul
	<i>Gametocyte</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 3 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	berbentuk bulat sampai oval; padat; hampir mengisi seluruh RBC; kromatin padat, eccentric (macrogametocyte) atau menyebar (microgametocyte); tersebar pigment coklat

2.4 Gejala Umum Malaria

Gejala malaria terdiri dari beberapa serangan demam dengan interval tertentu (disebut parokisme), diselingi oleh suatu periode yang

penderitanya bebas sama sekali dari demam disebut periode laten. Masa tunas malaria sangat tergantung pada spesies Plasmodium yang menginfeksi. Masa tunas paling pendek dijumpai pada malaria

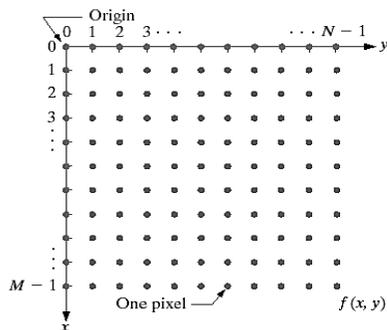
falciparum, dan terpanjang pada malaria kuartana (P.malariae). Pada malaria yang alami, yang penularannya melalui gigitan nyamuk, masa tunas adalah 12 hari (9-14) untuk malaria falciparum, 14 hari (8-17 hari) untuk malaria vivax, 28 hari (18-40 hari) untuk malaria kuartana dan 17 hari (16-18 hari) untuk malaria ovale. Selain pengaruh spesies dan strain, masa tunas bisa menjadi lebih lama karena pemakaian obat anti malaria untuk pencegahan (kemoprofilaksis) [8].

2.5 Giemsa Stain

Ber macam-macam pewarnaan telah dikembangkan untuk mendeteksi parasit malaria tetapi stain Romanowsky yang dengan pewarnaan inti merah dan sitoplasma biru telah terbukti yang paling mudah dipahami dan sering digunakan dalam studi kasus. Alkohol berbasis Giemsa stain adalah "gold standard". Ini adalah pewarnaan yang paling umum digunakan dan yang terbaik untuk diagnosis karena penerapannya baik dalam fims darah tebal maupun tipis, stabil selama penyimpanan atau tidak luntur dan kualitas pewarnaan konstan dalam rentang suhu tertentu. Meskipun relatif mahal, ini adalah pewarnaan pilihan untuk peripheral laboratorium [3].

2.6 Pengolahan Citra

Citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi dari $f(x,y)$ dimana x dan y adalah koordinat bidang dan amplitude dari f pada pasangan koordinat apapun adalah intensitas atau tingkat keabu-abuan dari citra pada titik tersebut. Jika x, y , dan nilai intensitas dari f tersebut berhingga, bernilai diskrit, citra tersebut disebut citra digital. Satuan terkecil dari citra digital disebut *pixel* atau *picture element*. Citra digital memiliki M baris dan N kolom. Umumnya citra dibentuk dari kotak-kotak persegi empat yang teratur sehingga jarak horizontal dan vertikal antara *pixel* adalah sama pada seluruh bagian citra [10]. Aturan koordinat representasi citra digital $M \times N$ dalam bentuk matrix ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Aturan koordinat representasi citra digital [10]

2.7 Grayscale Image Transformation

Grayscale Morphology adalah generalisasi multidimensi operasi biner. Objek yang dikenal sebagai foto hitam dan putih adalah gambar grayscale. Seringkali, intensitas grayscale disimpan sebagai 8-bit integer yang memberikan 256 kemungkinan warna abu-abu dari hitam menjadi putih. Warna abu-abu adalah salah satu komponen warna merah, hijau dan biru yang semuanya memiliki intensitas yang sama dalam RGB, sehingga hanya diperlukan untuk menentukan nilai intensitas tunggal untuk setiap *pixel*. Formula yang digunakan grayscale adalah :

$$Gray = w_R R + w_G G + w_B B \quad (1)$$

dengan $w_R, w_G,$ dan w_B masing-masing adalah bobot untuk elemen warna merah, hijau dan biru [10].

2.8 Median Filtering

Median filter sangat efektif untuk noise lembut yang disebut juga salt dan pepper noise. Formula yang digunakan median filter adalah :

$$f'(x, y) = \underset{(s,t) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(s, t)\} \quad (2)$$

Dimana,

$f'(x, y)$: hasil median filter

$g(s, t)$: sub-image S_{xy}

S_{xy} : window daerah yang diliputi oleh filter [10].

2.9 Citra Biner

Citra biner adalah citra yang hanya memiliki 2 nilai. Artinya, $G = \{v_{fg}, v_{bg}\}$, di mana v_{fg} disebut nilai foreground dan v_{bg} disebut nilai background. Seringkali, nilai foreground (v_{fg}) = 0, dan background (v_{bg}) = $-\infty$. Kemungkinan lain adalah $\{v_{fg}, v_{bg}\} = \{0, \infty\}, \{0, 1\}, \{1, 0\}, \{0, 255\}$, and $\{255, 0\}$. Citra ini biasanya ditampilkan dalam hitam dan putih. Dalam bentuk numerik, nilai 0 untuk hitam, dan 1 atau 255 untuk putih. Citra biner sering dihasilkan oleh thresholding grayscale atau citra berwarna, dalam hal ini untuk memisahkan obyek dalam gambar dari background. Warna obyek (biasanya putih) disebut sebagai warna foreground. Sisanya (biasanya hitam) disebut sebagai warna background [10].

2.10 Segmentasi Citra

Segmentasi adalah membagi gambar menjadi komponen daerah-daerah atau objek-objek. Keakuratan segmentasi akan menentukan keberhasilan atau kegagalan dalam analisis perhitungan. Salah satu metode segmentasi citra berdasarkan histogram citra adalah metode Otsu. Algoritma Otsu sebagai berikut.

- a. Menghitung histogram ternormalisasi dari citra. Menyimbolkan histogram tersebut sebagai $p_i, i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$.

$$p_i = \frac{n_i}{MN} \quad (3)$$

Dengan n_i adalah jumlah *pixel* pada tiap intensitas dan MN adalah jumlah semua n_i mulai dari n_0 sampai n_{L-1} .

- b. Menghitung jumlah kumulatif (cumulative sum) dari $P_1(k)$, untuk $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ dengan menggunakan rumus

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (4)$$

- c. Menghitung rerata kumulatif (cumulative mean), $m(k)$, untuk $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ dengan menggunakan rumus

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i \quad (5)$$

- d. Menghitung rerata intensitas global m_G , menggunakan rumus

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (6)$$

- e. Menghitung varians antar kelas (between-class variance) $\sigma_B^2(k)$, untuk $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ dengan menggunakan rumus

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]} \quad (7)$$

- f. Memilih nilai threshold k^* yang merupakan indeks dimana nilai varians antar kelas maksimum $\sigma_B^2(k) \rightarrow \max$. Jika ternyata terdapat lebih dari satu nilai k^* maka rata-ratakan untuk mendapatkan nilai threshold.

- g. Menghitung separability measurement, η^* pada $k = k^*$ dengan menggunakan rumus

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (8)$$

Sedangkan,

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (1 - m_G)^2 p_i \quad (9)$$

nilai k adalah pada saat $\sigma_B^2(k)$ maksimum [10].

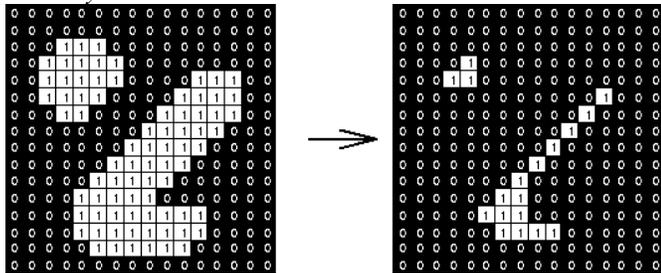
2.11 Erosi

Erosi merupakan operasi perpaduan sebuah citra asli dengan sebuah struktur khusus yang biasa disebut dengan strel. Erosi biasanya digunakan untuk menghapus ataupun mengurangi piksel-piksel (memperkecil ukuran) suatu objek citra. Pada citra biner, operasi erosi akan menghapus piksel-piksel pada lapisan terluar objek. Operasi erosi antara citra A dengan strel B dituliskan dengan $A \ominus B$ dimana A dan B adalah himpunan dari Z^2 dan dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$A \ominus B = \{z | [(B)z \cap A] \subseteq A\} \quad (10)$$

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa erosi terjadi antara citra A oleh strel B terdiri atas semua titik $z = (x, y)$ dimana $(B)z$ ada di

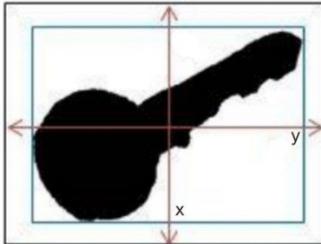
dalam himpunan A . Untuk melakukan erosi, B digeser sedemikian hingga di dalam A tepat pada tepinya dan dicari pada bagian mana saja B benar-benar ada di dalam A . Untuk kondisi yang memenuhi syarat tersebut maka area yang bersesuaian dengan B perlu ditandai [10]. Gambar 2 menunjukkan contoh erosi dengan elemen matriks 3x3 pada citra *binary*.



Gambar 2 Erosi elemen matriks 3x3 pada citra *binary* [11]

2.12 Bounding Box

Bounding Box atau kotak pembatas merupakan sebuah persegi panjang yang digunakan sebagai pembatas sebuah objek dalam citra. *Bounding Box* dibedakan menjadi dua, yaitu *Bounding Box* yang berorientasi citra dan *Bounding Box* yang berorientasi pada objek [12]. Gambar 3 merupakan contoh *Bounding Box* berorientasi citra.



Gambar 3 *Bounding Box* berorientasi citra [12]

Bounding Box berorientasi citra dari suatu area R dapat dinyatakan dengan

$$\text{Bounding box } (R) = \{y_{min}, y_{max}, x_{min}, x_{max}\} \quad (11)$$

dengan

$$\text{lebar} = y_{max} - y_{min} \quad (12)$$

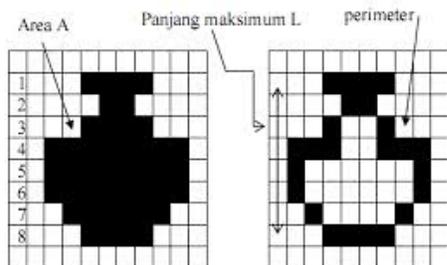
$$\text{tinggi} = x_{max} - x_{min} \quad (13)$$

2.13 Kebundaran

Kebundaran atau *circularity* merupakan ukuran dari tingkat kelengkungan objek hingga membentuk sebuah lingkaran.

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} \quad (14)$$

A adalah luas area dan p adalah perimeter atau tepi area seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kebundaran objek

Objek yang memiliki bentuk bundar sempurna bernilai penuh (satu). Sedangkan untuk objek yang tidak memiliki kebundaran sempurna bernilai kurang dari satu [13].

2.14 Distance Transform

Salah satu metode *Distance Transform* (DT) dalam pengolahan citra adalah Euclidean distance. Untuk *pixel* p, q, z dengan koordinat $(x, y), (s, t),$ dan $(v, w),$ dimana D adalah fungsi jarak atau matrik jika [10]:

- a. $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ jika $p = q$),
- b. $D(p, q) = D(q, p)$, dan
- c. $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$

Euclidean distance antara p dan q didefinisikan sebagai :

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

2.15 Rule Based System

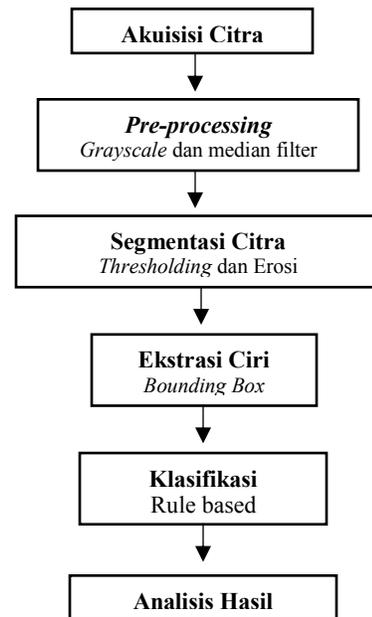
Sistem pakar yang dibuat dengan *rule based system* merupakan sistem yang berdasarkan pada aturan – aturan dimana program disimpan dalam bentuk aturan-aturan sebagai prosedur pemecahan masalah. Aturan tersebut biasanya berbentuk IF – THEN. Kinerja *rule based system* ini dengan menyimpan dan memanipulasi pengetahuan untuk menginterpretasikan informasi dalam cara yang bermanfaat.

Rule based system mempunyai dua bagian *rule*, yaitu:

- a. *Antecedent*, yaitu bagian yang mengekspresikan situasi atau premis (Pernyataan berawalan IF).
- b. *Consequent*, yaitu bagian yang menyatakan suatu tindakan tertentu atau konklusi yang diterapkan jika situasi atau premis bernilai benar (Pernyataan berawalan THEN) [14].

3. METODOLOGI

Implementasi dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah kerja yang dijelaskan pada Gambar 5.



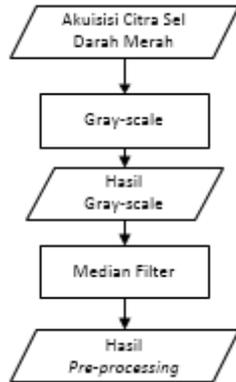
Gambar 5 Diagram kerja penelitian

3.1 Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan dengan cara mengambil citra dengan mikroskop digital dari preparat malaria yang diperoleh dari Laboratorium Parasit FK UNS Surakarta. Pengambilan citra tersebut dengan menggunakan mikroskop digital di Laboratorium FMIPA terpadu UNS. Mikroskop digital ini mempunyai kamera dengan tipe Nikon eclipse E200, perbesaran dalam pengambilan citra menggunakan 1000x, dan menggunakan resolusi citra 1280 x 960 *pixel*. Data citra yang digunakan untuk penelitian adalah 30 citra apus darah tipis yang

mengandung parasit *Plasmodium falciparum* dan 30 citra apus darah tipis yang mengandung parasit *Plasmodium vivax*.

3.2 Pre-processing

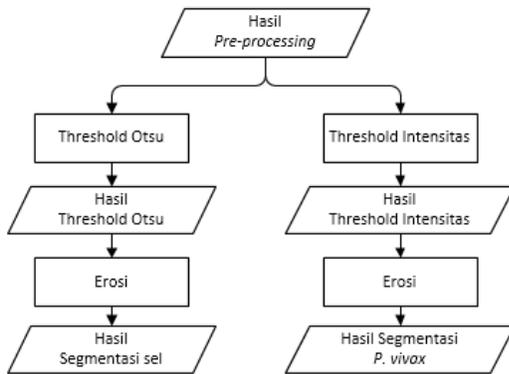


Gambar 6 Diagram alir proses pre-processing

Tahap pre-processing bertujuan untuk menghilangkan efek yang tidak diinginkan (noise) dari citra dan menyesuaikan citra yang diperlukan untuk diproses lebih lanjut. Tahap ini terdiri dari konversi gray-scale dan median filter. Komponen foreground dapat berisi sel darah merah, leukosit, trombosit, artefak, dan parasit itu sendiri. Input citra menunjukkan beberapa variasi warna sehingga perlu diubah kedalam citra gray-scale yang bertujuan untuk mengurangi kompleksitas tanpa merusak detail parasit.

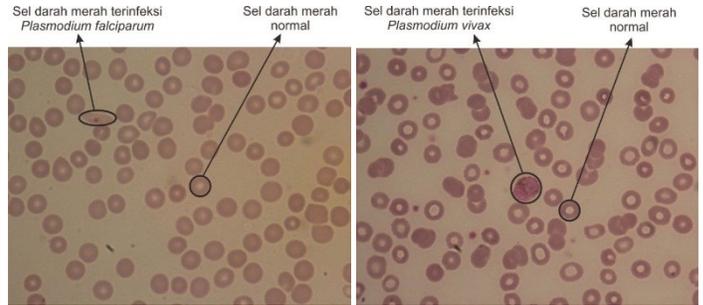
Konversi gray-scale dilanjutkan dengan median filter yang menggantikan nilai setiap pixel dalam citra dengan nilai median sekitarnya yang bertujuan untuk mengurangi ketajaman, yaitu adanya indikasi dari random noise. Penggunaan median filter ini untuk menghilangkan noise yang tidak diinginkan tanpa menghilangkan detail parasit. Hasil dari pre-processing ini berupa citra dengan warna abu-abu yang akan dilakukan proses lebih lanjut pada tahapan ekstraksi ciri.

3.3 Segmentasi Citra



Gambar 7 Diagram alir proses segmentasi citra

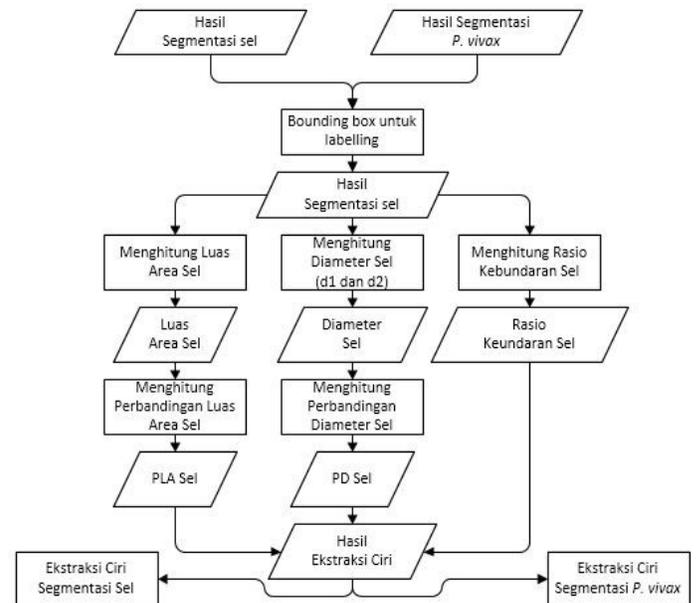
Proses segmentasi citra untuk memisahkan objek yaitu sel darah merah, komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit, yaitu *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* dari background citra. Karakteristik *Plasmodium falciparum* yang paling menonjol adalah bentuknya yang menyerupai bulan sabit, serta diameter terpanjang lebih dua kali dari diameter terpendeknya. Sedangkan, karakteristik *Plasmodium vivax* yang paling menonjol adalah ukurannya membesar dibanding sel darah merah normal, membesarnya bisa mencapai tiga kali sel darah merah normal. Gambar 8 menunjukkan contoh citra yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.



Gambar 8 Contoh citra darah terinfeksi Plasmodium falciparum dan Plasmodium vivax

Algoritma yang digunakan dalam tahap ini menggunakan *otsu thresholding*. Proses ini menghasilkan sebuah citra yang menampilkan posisi dari intensitas citra berupa warna binary atau hitam putih. Namun dari citra yang dihasilkan masih terlihat citra titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Oleh karena itu diperlukan algoritma untuk menghilangkan titik-titik citra yang kecil. Algoritma yang digunakan adalah operasi erosi. Kemudian untuk melakukan segmentasi sesuai karakteristik dari parasit *Plasmodium vivax* yang berupa warna lebih gelap dibanding dengan sel darah merah normal dengan cara threshold intensitas. Hal ini sesuai karakteristik *Plasmodium vivax* yang mempunyai warna lebih gelap dibanding sel darah merah normal. Gelapnya warna ini karena parasit *Plasmodium vivax* hampir mengisi seluruh ruang di sel darah merah yang terinfeksi. Selanjutnya dilakukan operasi erosi untuk menghilangkan titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Hasil dari segmentasi ini akan terlihat daerah sel darah merah yang akan dilakukan proses lebih lanjut pada tahapan ekstraksi ciri.

3.4 Ekstraksi Ciri



Gambar 9 Diagram alir proses ekstraksi ciri

Proses ekstraksi ciri ini dilakukan untuk menyesuaikan citra yang akan diproses kedalam tahap klasifikasi parasit malaria. Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah *Bounding Box*. Metode ini akan memberikan label berupa angka disetiap sel darah untuk dilihat karakteristiknya. Karakteristik dari setiap sel darah yang akan digunakan pada tahap klasifikasi adalah luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel.

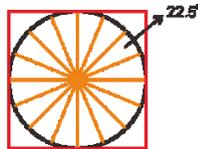
- a. Luas area sel

Luas area sel diperoleh dengan menghitung jumlah *pixel* setiap sel dari hasil proses segmentasi, satuan yang digunakan adalah *pixel*. Sedangkan perbandingan luas area diperoleh dengan menghitung luas area sel dibagi dengan luas area sel darah merah normal (LA RBC normal). Perbandingan luas area untuk melakukan deteksi parasit *Plasmodium vivax*. Rumus perbandingan luas area seperti pada persamaan 15.

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{LA RBC normal}} \times 100\% \quad (16)$$

b. Rasio diameter

Rasio diameter ini berasal dari perbandingan diameter terpanjang (*d1*) dan diameter terpendek (*d2*) dari setiap sel. Perhitungan ini menggunakan algoritma *Euclidean distance* dengan mencari jarak terpanjang dan terpendek delapan garis yang terbentuk dari titik pusat sel. Masing-masing garis diputar sejauh 22.5° supaya akurat dalam menentukan diameter terpanjang dan diameter terpendeknya. Gambar 10 merupakan ilustrasi perhitungan diameter.



Gambar 10 Ilustrasi Perhitungan diameter

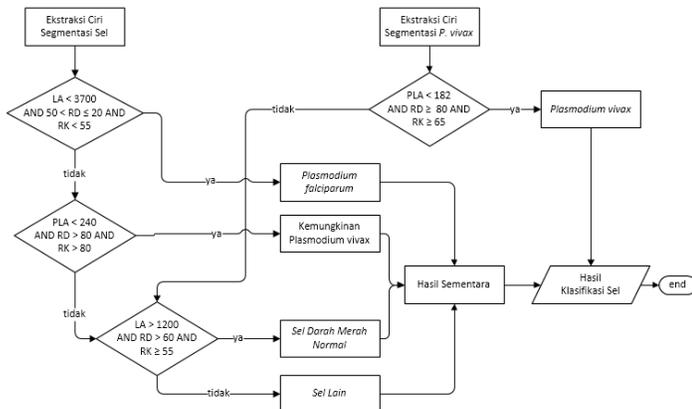
Rasio diameter diperoleh dengan membandingkan diameter terpendek dan terpanjang dari sel, yaitu *d2* : *d1*.

c. Rasio kebulungan

Rasio kebulungan atau *circularity* merupakan perbandingan antara luas area sel dengan tepi area sel. Rasio ini diukur menggunakan diameter terpanjang (*d1*) dari sel, sehingga rumus rasio kebulungan menjadi seperti pada persamaan 16.

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} = \frac{4\pi A}{(\pi d1)^2} = \frac{4A}{\pi d1^2} \quad (17)$$

3.5 Klasifikasi



Gambar 11 Diagram alir proses klasifikasi

Proses klasifikasi ini untuk mengidentifikasi sel darah merah positif malaria termasuk kedalam jenis *Plasmodium falciparum* atau *Plasmodium vivax*. Proses identifikasi ini menggunakan kriteria luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulungan berdasarkan ciri jenisnya. Ada karakteristik ciri yang paling menonjol dalam jenis parasit.

3.6 Analisis Hasil

Hasil akurasi sistem dihitung menggunakan rumus :

a. Analisis setiap sel

Hasil akurasi sistem untuk setiap sel dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Specivicity} = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$\text{Positive Predictive Value (PPV)} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$F_1 = \frac{2 \times \text{PPV} \times \text{Sensitivity}}{\text{PPV} + \text{Sensitivity}}$$

TP adalah *true positives*, *FN* adalah *false negatives*, dan *FP* adalah *false positives* [15].

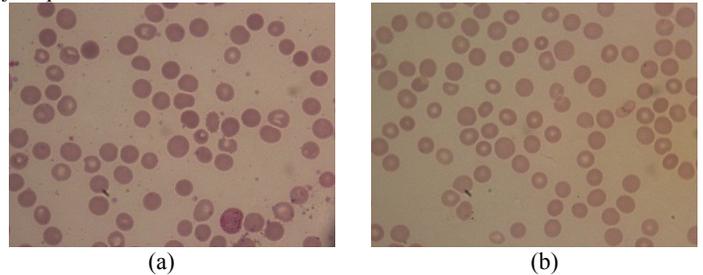
b. Analisis setiap citra

Hasil akurasi sistem dari citra keseluruhan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Akurasi sistem} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Total data pengujian}} \times 100\%$$

4. PEMBAHASAN

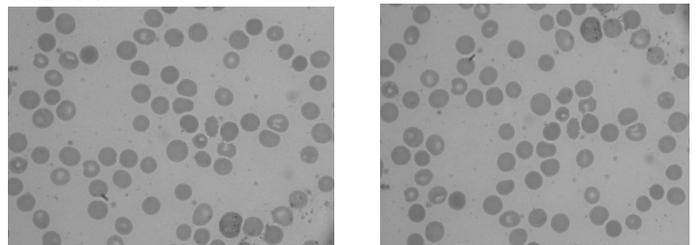
Proses akuisisi citra dilakukan dengan mengambil file citra apusan darah tipis sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*. Setelah proses akuisisi citra, dilanjutkan dengan proses *pre-processing* yang akan dibahas pada sub bab 4.1. Gambar 12 merupakan contoh citra sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* atau *Plasmodium vivax*.



Gaambar 12 Citra sel darah merah, (a) terinfeksi *Plasmodium vivax*, (b) terinfeksi *Plasmodium falciparum*

4.1 Pre-processing

Tahap *pre-processing* merupakan tahap pertama untuk mengolah citra yang bertujuan menghilangkan *noise* dari citra dan mengurangi ketajaman citra. Proses ini dilakukan dengan mengambil nilai *pixel* warna Red, Green, dan Blue. Kemudian dilakukan pembagian masing-masing koefisien bobot warna yang apabila dijumlahkan bernilai 1. Hasil dari pembagian koefisien bobot warnanya adalah $w_R = 0.139$, $w_G = 0.757$, $w_B = 0.114$. Angka pada komponen warna *gray-scale* ini berasal dari percobaan yang disesuaikan untuk tahapan segmentasi citra. Tahapan selanjutnya setelah dilakukan konversi *gray-scale* adalah proses *median filter*. Proses ini menggunakan 3×3 *median filtering*. Citra hasil operasi *gray-scale* dan 3×3 *median filtering* ditunjukkan pada Gambar 13.



(a) (b)
Gambar 13 Citra hasil operasi, (a) gray-scale, (b) 3x3 median filtering

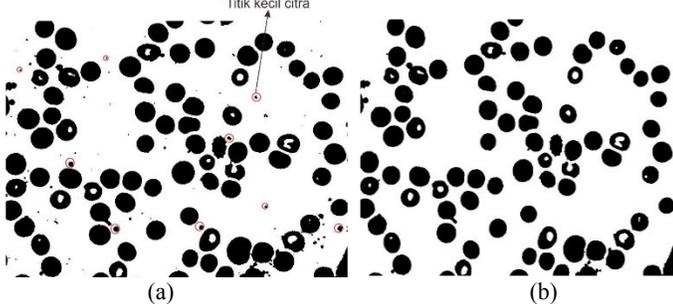
Hasil *pre-processing* ini nampak citra dengan warna abu-abu dengan ketajaman warna yang sudah berkurang dari citra asli.

4.2 Segmentasi citra

Proses segmentasi citra untuk memisahkan objek yaitu sel darah merah, komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit dari background. Hasil tahapan *pre-processing* digunakan untuk segmentasi sel dan segmentasi parasit *Plasmodium vivax*.

a. Segmentasi sel

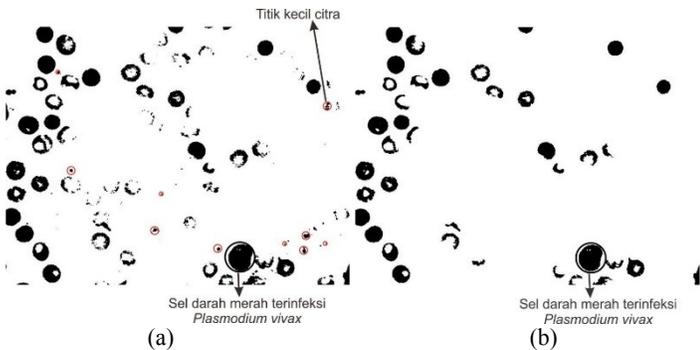
Algoritma yang digunakan adalah *Otsu thresholding*. Gambar yang dihasilkan berupa warna *binary* atau hitam putih. Hasil operasi *Threshold Otsu* masih terdapat beberapa titik-titik citra yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri, seperti yang ditandai dengan bulatan merah pada Gambar 14 (a). Oleh karena itu diperlukan algoritma untuk menghilangkan titik-titik citra yang kecil. Algoritma yang digunakan adalah operasi erosi. Hasil citra setelah dilakukan operasi erosi ditunjukkan pada Gambar 14 (b).



Gambar 14 Hasil segmentasi sel, (a)Threshold Otsu, (b) erosi

b. Segmentasi parasit *Plasmodium vivax*

Segmentasi parasit *Plasmodium vivax* dilakukan dengan *threshold* intensitas pada citra hasil *pre-processing* untuk memisahkan sel yang nampak berwarna gelap. Penggunaan *threshold* intensitas sesuai karakteristik *Plasmodium vivax* yang mempunyai warna lebih gelap dibanding sel darah merah normal, seperti yang ditandai pada Gambar 15 (a). Gelapnya warna karena parasit *Plasmodium vivax* hampir mengisi seluruh ruang di sel darah merah yang terinfeksi. Batas nilai *threshold* intensitas yang sesuai adalah ≤ 99 . Citra hasil *thresholding* selanjutnya dilakukan operasi erosi untuk menghilangkan titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Hasil citra setelah dilakukan operasi erosi ditunjukkan pada Gambar 15 (b).



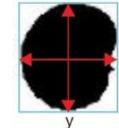
Gambar 15 Hasil segmentasi parasit Plasmodium vivax, (a)Threshold intensitas, (b) erosi

Citra hasil segmentasi sel dan segmentasi parasit *Plasmodium vivax* akan diproses untuk dilakukan ekstraksi ciri, yaitu mengenali

setiap sel darah dari morfologi (luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel) sehingga akan terlihat mana sel darah merah yang normal dan sel darah merah yang terjangkit parasit malaria jenis *Plasmodium vivax* atau *Plasmodium falciparum*.

4.3 Ekstraksi Ciri

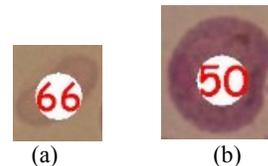
Tahapan ekstraksi ciri yang pertama adalah melakukan seleksi sel dengan *Bounding Box* dan dilakukan penomoran pada sel yang terseleksi. Kemudian yang kedua melakukan ekstraksi ciri berdasarkan morfologi sel dengan kriteria yaitu luas area sel, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel. Hasil segmentasi dilakukan penyeleksian dengan menggunakan algoritma *Bounding Box*, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 16.



Gambar 16 Seleksi sel menggunakan Bounding Box

Lebar *Bounding Box* diilustrasikan dengan x , sedangkan tinggi *Bounding Box* diilustrasikan dengan y . Panjang minimal *Bounding Box* dengan lebar dan tinggi sebesar 30 *pixel*. Citra yang yang terseleksi kemudian diberi label atau nomor.

Proses ekstraksi ciri dilakukan berdasarkan hasil segmentasi dengan diambil dua jenis sel, yaitu hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*. Gambar 17 (a) merupakan hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum*, sedangkan Gambar 17 (b) merupakan hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*.



Gambar 17 Contoh hasil segmentasi, (a) sel darah merah yang terinfeksi Plasmodium falciparum, (b) sel darah merah yang terinfeksi Plasmodium vivax

Berdasarkan hasil segmentasi, diperoleh beberapa karakteristik untuk proses identifikasi sel, yaitu luas area sel, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel.

a. Luas area sel dan perbandingan luas area

Luas area sel diperoleh dengan menghitung jumlah *pixel* setiap sel dari hasil proses segmentasi, satuan yang digunakan adalah *pixel*. Sedangkan perbandingan luas area diperoleh dengan menghitung luas area sel dibagi dengan 2500. Pemilihan angka 2500 ini berdasarkan ukuran rata-rata luas area sel darah merah normal. Perbandingan luas area untuk melakukan deteksi parasit *Plasmodium vivax*.

Pada Gambar 15 (a) mempunyai luas area sel sebesar 3125 *pixel* dan perbandingan luas area sel sebesar

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{3125}{2500} \times 100\% = 125\%$$

sedangkan pada Gambar 15 (b) mempunyai luas area sel sebesar 6710 *pixel* dan perbandingan luas area sel sebesar

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{6710}{2500} \times 100\% = 268\%$$

b. Rasio diameter

Rasio diameter ini berasal dari perbandingan diameter terpanjang ($d1$) dan diameter terpendek ($d2$) dari setiap sel. Perhitungan ini menggunakan algoritma *Euclidean distance* dengan mencari jarak

terpanjang dan terpendek delapan garis yang terbentuk dari titik pusat sel. Masing-masing garis diputar sejauh 22.5°. Rasio diperoleh dengan membandingkan diameter terpendek dan terpanjang dari sel, yaitu $d2 : d1$.

Pada Gambar 15 (a) mempunyai rasio diameter sel sebesar $42:86 = 48\%$, sedangkan pada Gambar 15 (b) mempunyai rasio diameter sel sebesar $87:97 = 89\%$.

c. Rasio kebularan

Rasio kebularan atau *circularity* merupakan perbandingan antara luas area sel dengan tepi area sel. Rasio ini diukur menggunakan diameter terpanjang ($d1$) dari sel, sehingga rumus rasio kebularan menjadi seperti pada persamaan 16.

Pada Gambar 15 (a) mempunyai rasio kebularan sel sebesar

$$C = \frac{4A}{\pi d1^2}$$

$$C = \frac{4 \times 3125}{3.14 \times (86)^2} = \frac{12500}{23223.44} = 53\%$$

Pada Gambar 15 (b) mempunyai rasio kebularan sel sebesar

$$C = \frac{4A}{\pi d1^2}$$

$$C = \frac{4 \times 6710}{3.14 \times (97)^2} = \frac{26840}{29544.26} = 90\%$$

4.4 Klasifikasi

Klasifikasi jenis parasit dilakukan berdasarkan luas area sel (LA), perbandingan luas area (PLA), rasio diameter (RD), dan rasio kebularan sel (RK) hasil ekstraksi ciri. Sel yang akan dilakukan klasifikasi adalah sel darah merah normal, sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum*, dan sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*. Tabel 2 merupakan *rule* untuk mengklasifikasikan jenis sel.

Tabel 2 Rule klasifikasi jenis sel

No.	Jenis Sel	LA	PLA	RD	RK
1	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium falciparum</i>	< 3700 pixel	-	50% < RD ≤ 20%	< 55%
2	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium vivax</i>	-	> 240%	> 80%	> 80%
3	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium vivax</i> (threshold intensitas)	-	≥ 182%	≥ 80%	≥ 65%
4	Sel darah merah normal	> 1200 pixel	-	> 60%	≥ 55%

Penentuan hasil identifikasi jenis parasit *Plasmodium* menggunakan ketentuan *if-else*, jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium falciparum*, maka hasilnya citra positif teridentifikasi *Plasmodium falciparum*. Jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium vivax*, maka citra tersebut belum tentu terinfeksi *Plasmodium vivax*. Selanjutnya untuk mengecek positif atau negatifnya menggunakan hasil dari *threshold* intensitas, apabila *rule* terinfeksi *Plasmodium vivax* terpenuhi, maka positif *Plasmodium vivax*. Kemudian jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, maka hasilnya citra positif teridentifikasi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.

4.5 Analisis Hasil

a. Analisis setiap sel

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap masing-masing sel dari 60 citra yang terdiri dari 30 citra yang terjangkit

diameter

parasit *Plasmodium falciparum* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 dan 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium vivax* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, maka diperoleh hasil pengujian keseluruhan sel sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil positif pada Tabel 5 merupakan sel yang teridentifikasi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.

Tabel 3 Hasil pengujian pada parasit *Plasmodium falciparum*

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	14	2024
Sel diklasifikasikan benar	11	2007
Sel diklasifikasikan salah	3	17

Tabel 4 Hasil pengujian pada parasit *Plasmodium vivax*

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	31	1950
Sel diklasifikasikan benar	25	1946
Sel diklasifikasikan salah	6	4

Tabel 5 Hasil pengujian keseluruhan sel

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	45	3974
Sel diklasifikasikan benar	36	3953
Sel diklasifikasikan salah	9	21

$$Sensitivity = \frac{36}{36 + 9} = 0.8$$

$$Specivicity = \frac{3953}{3953 + 21} = 0.9947$$

$$PPV = \frac{36}{36 + 21} = 0.6315$$

$$F_1 = \frac{2 \times 0.6315 \times 0.8}{0.6315 + 0.8} = 0.7058$$

b. Analisis setiap citra

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium falciparum* dan 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium vivax*, maka diperoleh hasil akurasi sistem sebagai berikut.

$$Akurasi\ sistem = \frac{10 + 23}{60} \times 100\% = 55\%$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada Pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa morfologi citra mampu mengidentifikasi spesies parasit *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, dengan akurasi sistem sebesar 55% dari hasil pengujian. Kemudian model klasifikasi untuk setiap sel menghasilkan *sensitivity* sebesar 0.8, *specificity* sebesar 0.9947, *PPV* sebesar 0.6315, dan F_1 sebesar 0.7058. Kelemahan sistem yang dibuat adalah belum mampu memisahkan sel yang *overlap* atau menumpuk sehingga menyebabkan luas area sel, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebularan berbeda dengan *rule* yang sudah ditentukan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, sel yang *overlap* atau menumpuk pada sel darah merah yang terinfeksi parasit *Plasmodium falciparum* dapat dipisahkan dengan menambahkan metode baru, sehingga dapat teridentifikasi antara sel darah merah yang normal dengan yang terinfeksi. Kemudian perlu adanya penambahan metode

untuk menghitung sudut kelengkungan pada sel darah merah yang terinfeksi parasit *Plasmodium falciparum*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] WebMD 2013, *Overview Malaria*, Medical Reference from Healthwise, Amerika Serikat.
- [2] WHO 2009, *Malaria Microscopy Quality Assurance Manual*, Version 1, World Health Organization, Switzerland.
- [3] Tomari, R, Zakaria, WNW, Ngadengon, R & Wahab, MHA 2015, 'Red Blood Cell Counting Analysis by Considering an Overlapping Constraint', *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, ISSN: 1819-6608, Vol. 10, No.3.
- [4] Tunmibi, S, Adeniji, O, Aregbesola, A & Dasyuva, A 2013, 'A Rule Based Expert System for Diagnosis of Fever', *International Journal of Advanced Research*, Vol. 1, Issue 7, hh. 343-348.
- [5] Bell A, & Sallah S, 2007, *The Morphology of Human Blood Cells*, Seventh Edition, Abbott, USA.
- [6] WebMD 2013, *Malaria Cause*, Medical Reference from Healthwise, Amerika Serikat.
- [7] Arsin, A, A, 2012, *Malaria di Indonesia Tinjauan Aspek Epidemiologi*, Masagena Press, Makassar.
- [8] CDC 2013, *Comparison of the Plasmodium Species Which Cause Human Malaria*, Center for Disease Control and Prevention, USA.
- [9] Gonzales, RC & Woods, RE 2008, *Digital Image Processing*, 3rd Edition, Prentice-Hall Inc.
- [10] Fisher, R, Perkins, S, Walker, A & Wolfart, E 2003, *Erosion, Image Processing Learning Resources*. HIPR2. Explore With Java. dilihat 22 Oktober 2015, <<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/erode.htm>>.
- [11] Kadir, A & Susanto, A 2012, *Pengolahan Citra Teori dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [12] Putra, D 2010, *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [13] Negnevitsky, M 2005, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, Addison-Wesley, London.
- [14] Powers, DMW 2011, 'Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation', *Journal of Machine Learning Technologies*, Vol. 2, hh. 37-63.

Implementation Markerless Augmented Reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University

Rizal Kusumajati Nugroho
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
rizalkusumajati@student.uns.ac.id

Afrizal Doewes
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
afrizal.doewes@staff.uns.ac.id

Abdul Aziz
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
aaziz@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Sebelas Maret University (UNS) Surakarta is one venue for the big event. These events are not only aimed at students but also the general public, thus pointing the way to the location to be something important. One method that can be used to search the location is Augmented Reality, a technology that combines two-dimensional virtual object into a real environment and projecting a three-dimensional virtual objects in real-time. In this intensive search will be made an android-based application which utilizes augmented reality technology for the identification of buildings in UNS. This application utilizes the sensors integrated in the device such as an accelerometer, compass and GPS. Building location data stored in the internal storage media. Black box testing results show that all functions are running properly. Usability measurements (questionnaire) was conducted on 50 respondents whose results showed that applications made to get the positive attitude of the respondents. The test results show that the accuracy of this application has a good degree of accuracy verified through tests on three samples of the building. The identification of the building using augmented reality technology successfully implemented on android devices.

Keywords

accelerometer, augmented reality, markerless, compass, GPS

1. PENDAHULUAN

Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta merupakan salah satu universitas besar yang ada di Indonesia, tepatnya di Jalan Ir. Sutami no 36 A Surakarta. UNS menduduki peringkat ke-14 Universitas terbaik di Indonesia menurut webometric^[1], tidak mengherankan jika UNS merupakan salah satu tujuan utama para pelajar Sekolah Menengah Atas untuk mengenyam pendidikan yang lebih tinggi. UNS memberikan pilihan jurusan yang sangat beragam dalam 10 fakultas termasuk program pascasarjana^[2]. UNS memiliki gedung yang digunakan untuk aktivitas mahasiswa seperti Laboratorium, Perpustakaan, Auditorium dan gedung setiap Fakultas. Selain itu, beberapa gedung tersebut sering digunakan untuk acara-acara besar dari mulai Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN), tes Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS), seminar nasional,

perlombaan tingkat daerah dan nasional, sampai dengan job fair yang memang menjadi agenda tahunan di UNS. Acara-acara tersebut tidak hanya ditujukan untuk mahasiswa tetapi juga masyarakat umum.

Bagi masyarakat umum yang berasal dari luar kota atau yang baru pertama kali masuk ke UNS akan merasa kesulitan untuk menuju ke sebuah acara dikarenakan penunjuk jalan sangat jarang ditemukan atau mungkin tidak ada. Mahasiswa yang setiap harinya berada di lingkungan UNS pun belum tentu mengetahui semua gedung yang terdapat di UNS. Pencarian gedung selama ini masih dilakukan secara manual yaitu dengan melihat denah, bertanya langsung pada orang yang berada di sekitar UNS atau dengan aplikasi smartphone berupa navigasi yang menampilkan peta digital, gambar jalan dan pencarian rute. Namun untuk menuju ke sebuah gedung yang spesifik masih sangat sulit dilakukan karena terbatasnya data.

Seiring dengan perkembangan teknologi, metode-metode untuk mencari sebuah lokasi atau tempat semakin berkembang dan beragam. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk pencarian sebuah tempat adalah *Augmented Reality* yang merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut secara real-time^[3]. Benda-benda maya menampilkan informasi-informasi penting bagi pengguna dan hanya bisa dilihat oleh kamera handphone atau komputer. *Augmented Reality* bekerja dengan cara menganalisa objek yang tertangkap kamera secara real-time. Seiring dengan berkembangnya teknologi, *augmented reality* tersebut bisa diimplementasikan dalam perangkat yang memiliki kompas, GPS, kamera, akseleromotor guna mendapatkan data yang digunakan untuk menganalisa objek-objek yang tertangkap dalam kamera.

2. DASAR TEORI

2.1 *Markerless Augmented Reality*

Markerless Augmented Reality merupakan teknik untuk membuat *Augmented Reality* tanpa menggunakan marker. *Markerless Augmented Reality* menggunakan sistem pendeteksi yang dapat mengidentifikasi posisi suatu benda atau lokasi^[4] seperti posisi koordinat lintang dan bujur suatu lokasi.

2.2 Sensor Accelerometer

Sensor Accelerometer berfungsi untuk mengukur akselerasi smartphone dari tiga sisi yaitu kanan-kiri (lateral (X)),depan-belakang (longitudinal (Y)), dan atas-bawah (vertical(Z))^[5].

2.3 Sensor Magnetometer

Magnetometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besar dan atau arah medan magnet di sekitar device dalam satuan microtesla^[6]. Sensor Magnetometer memiliki kemampuan untuk mengukur komponen medan magnet terhadap tiga arah (lateral,longitudinal,vertikal), relatif terhadap orientasi device.

2.4 Global Positioning System (GPS)

Global positioning system (GPS) merupakan sistem untuk mendapatkan lokasi dengan sangat akurat.GPS menggunakan satelit luar angkasa untuk sistem navigasinya.GPS bisa digunakan oleh siapa saja yang mempunyai GPS receiver.

Dengan menggunakan GPS kita bisa mendapatkan nilai latitude, longitude dan altitude suatu lokasi.

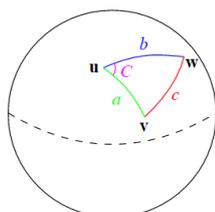
2.5 Sensor Orientasi

Sensor Orientasi merupakan kombinasi antara sensor accelerometer dan sensor magnetic field. Dengan menggunakan data dari kedua sensor tersebut ditambah dengan perhitungan trigonometri didapatkan nilai pitch,roll, dan heading (azimuth) dari smartphone^[5].

2.6 Haversine Formula

Haversine Formula merupakan metode untuk mengetahui jarak antar dua titik dengan memperhitungkan bahwa bumi bukanlah sebuah bidang datar namun adalah sebuah bidang yang memiliki derajat kelengkungan^[7].

Penggunaan rumus ini mengasumsikan pengabaian efek ellipsoidal, cukup akurat untuk sebagian besar perhitungan, juga pengabaian ketinggian bukit dan kedalaman lembah di permukaan bumi^[8]. Teorema Haversine Formula adalah sebuah persamaan yang penting dalam bidang navigasi, untuk mencari jarak busur antara dua titik pada bola dari longitude dan latitude. Ini merupakan bentuk persamaan khusus dari trigonometri bola, law of haversines, mencari hubungan sisi dan sudut pada segitiga dalam bidang bola. Ilustrasi *Spherical law of cosines* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi *Spherical law of cosines*

Rumus Haversine Formula dapat dilihat pada persamaan berikut^[9]:

$$a = \sin^2 \left(\frac{(lat_2 - lat_1)}{2} \right) + \cos lat_1 \times \cos lat_2 \times \sin^2 \left(\frac{(long_2 - long_1)}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$c = 2 \times \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1 - a}) \dots \dots \dots (2)$$

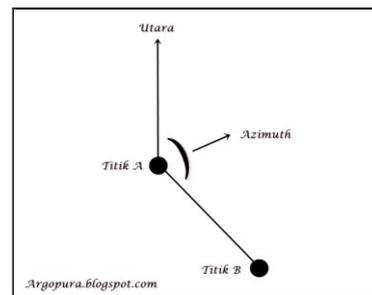
$$d = R \times c \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- R = jari-jari bumi sebesar 6371000 (m)
- lat₁ = besar latitude posisi user (radian)
- long₁ = besar longitude posisi user (radian)
- lat₂ = besar latitude gedung tujuan (radian)
- long₂ = besar longitude gedung tujuan (radian)
- d = jarak (m)

2.7 Azimuth

Dalam sistem navigasi terdapat istilah azimuth yaitu sudut antara utara magnetis (nol derajat) dengan titik/sasaran yang kita tuju relatif terhadap sudut utara^[3]. Sudut azimuth pada masing-masing titik dihitung berdasarkan sudut arc-tangent. Ilustrasi sudut azimuth dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi azimuth

Rumus menghitung Sudut Azimuth dapat dilihat pada persamaan berikut^[9] :

$$y = \sin(long_2 - long_1) \times \cos lat_2 \dots \dots \dots (4)$$

$$x = \cos lat_1 \times \sin lat_2 - \sin lat_1 \times \cos lat_2 \times \cos(long_2 - long_1) \dots \dots \dots (5)$$

$$z = \text{atan2}(y, x) \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

- lat₁ = besar latitude posisi user (radian)
- long₁ = besar longitude posisi user (radian)
- lat₂ = besar latitude gedung tujuan (radian)
- long₂ = besar longitude gedung tujuan (radian)
- z = sudut azimuth (radian)

2.8 Skala Likert

Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial yang merupakan skala kontinum bipolar, pada ujung sebelah kiri (angka rendah) menggambarkan suatu jawaban yang bersifat

negative, sedang ujung sebelah kanan (angka tinggi), menggambarkan suatu jawaban yang bersifat positif^[10].

Skala Likert dirancang untuk meyakinkan responden menjawab dalam berbagai tingkatan pada setiap butir pertanyaan atau pernyataan yang terdapat dalam kuesioner. Tingkatan yang digunakan dalam skala likert memiliki bobot yang berbeda. Tingkatan yang sering dipakai pada skala likert yaitu : Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Netral (N), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS)^[11].

Untuk mendapatkan nilai yang tepat dalam menggambarkan sikap seseorang, nilai ordinal pada skala likert terlebih dahulu diproses ke dalam bentuk skala interval.

2.9 Metode Suksesif Interval (MSI)

Metode suksesif interval merupakan proses mengubah data ordinal menjadi data interval^[12].

Proses yang perlu dilakukan untuk mengubah data berskala ordinal menjadi data berskala interval adalah sebagai berikut:

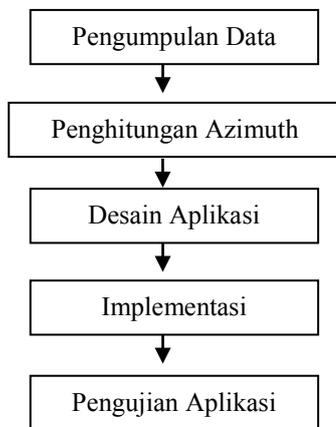
1. Menghitung frekuensi
2. Menghitung proporsi
3. Menghitung proporsi kumulatif
4. Menghitung nilai z
5. Menghitung nilai densitas fungsi z
6. Menghitung scale value
7. Menghitung penskalaan

2.10..... Usability

Usability adalah atribut kualitas yang menjelaskan atau mengukur seberapa mudah penggunaan suatu antar muka (interface)^[10]. Usability diukur dengan lima kriteria, yaitu: learnability, efficiency, memorability, errors, dan satisfaction^[10].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data lokasi geografis berupa lintang dan bujur dari setiap gedung yang ada pada kampus I UNS pada

tahun 2016. Pengumpulan data dilakukan menggunakan aplikasi GPS pada smartphone Sony C-1505. Pengambilan data lintang dan bujur dilakukan di depan pintu masuk tiap gedung.

3.2 Penghitungan Azimuth

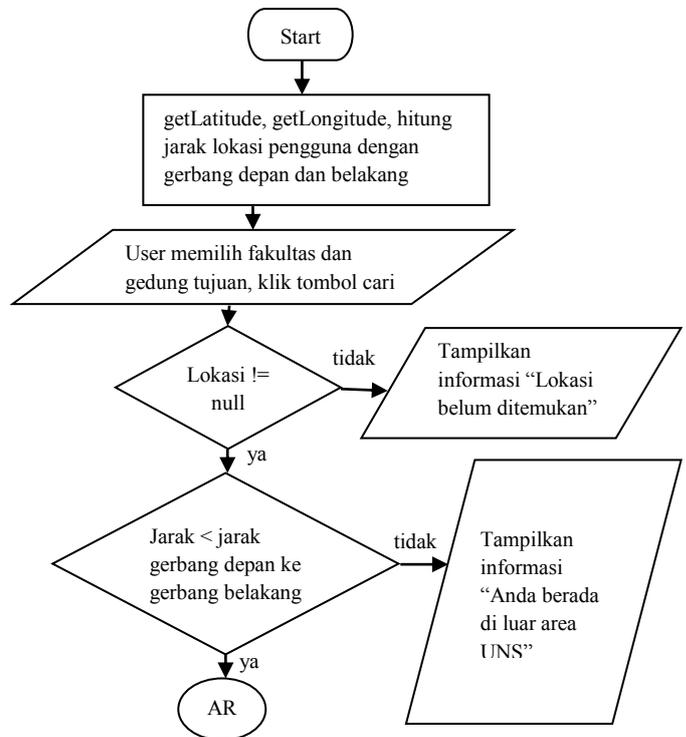
Penghitungan azimuth menggunakan persamaan (6) yang telah dijelaskan sebelumnya. Data yang digunakan untuk contoh perhitungan azimuth dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perhitungan azimuth

No	Lat ₁	Long ₁	Lat ₂	Long ₂
1	-7.56136704	110.856971	-7.56096572	110.8566412
2	-7.55523678	110.8572806	-7.55510307	110.8567244
3	-7.55523499	110.8572827	-7.55482148	110.8573105

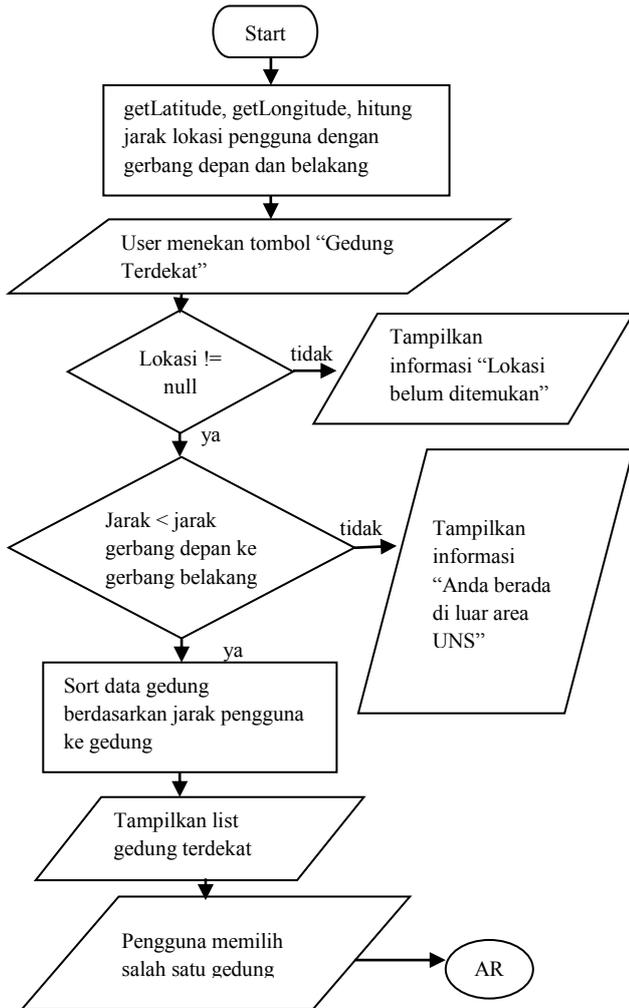
3.3 Desain Aplikasi

Aplikasi memiliki dua menu utama yaitu cari dan gedung terdekat. Fungsi cari digunakan apabila pengguna mengetahui tujuan spesifik suatu gedung dan fakultas di UNS, pengguna memilih nama fakultas dan nama gedung tujuan kemudian menekan tombol “Cari” untuk menjalankan augmented reality. Fungsi gedung terdekat menyediakan list gedung terdekat dengan pengguna berdasarkan jarak pengguna ke gedung tersebut. Untuk menjalankan fungsi ini pengguna menekan tombol “Gedung Terdekat”. Alur jalannya fungsi cari ditunjukkan flowchart Gambar 4, fungsi Gedung terdekat ditunjukkan flowchart Gambar 5, dan alur jalannya augmented reality ditunjukkan flowchart Gambar 6.

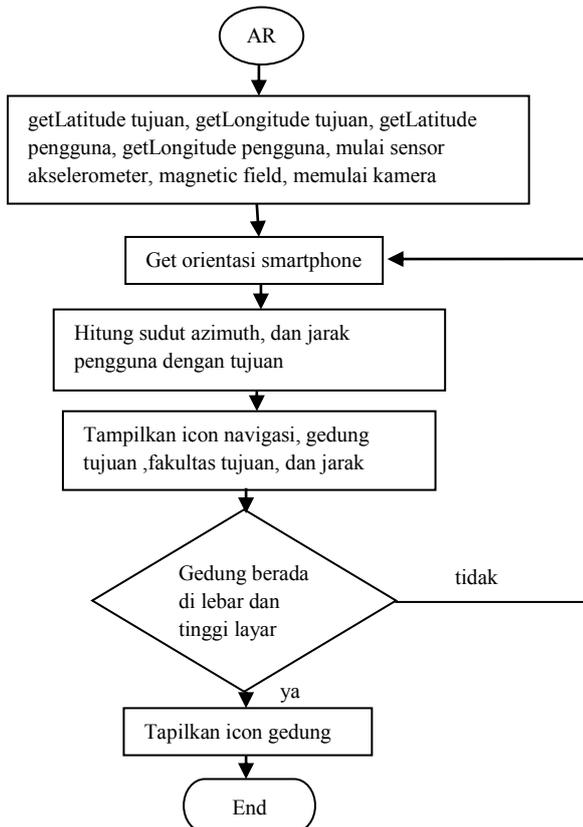


Gambar 4. Flowchart fungsi “Cari”

Gambar 6. Flowchart augmented reality



Gambar 5. Flowchart fungsi "Gedung Terdekat"



3.4 Implementasi

Pembuatan aplikasi menggunakan Android Studio 1.4.1 Build #AI-141.2343393.

3.5 Pengujian Aplikasi

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode BlackBox oleh developer kemudian dilanjutkan dengan pengukuran usability menggunakan kuesioner dalam bentuk skor lima point dengan model skala likert melibatkan 50 responden mahasiswa UNS dengan 16 butir pernyataan seperti terlihat pada Tabel 2, selanjutnya diteruskan dengan pengujian akurasi.

Tabel 2. Pernyataan kuesioner

No	Pernyataan
Learnability	
1.	Tulisan teks pada aplikasi jelas dan mudah dibaca
2.	Menu-menu yang ada pada aplikasi cukup mudah untuk dipahami
3.	Simbol-simbol yang ada pada aplikasi cukup mudah untuk dipahami
4.	Dropdown fakultas dan gedung membantu penggunaan aplikasi
5.	Aplikasi mudah digunakan
Efficiency	
6.	Pemilihan fakultas dan gedung dapat dilakukan dengan cepat dibantu dengan dropdown
7.	Setelah tombol menu di klik akan menjalankan proses dengan cepat
Memorability	
8.	Nama aplikasi mudah diingat
9.	Fungsi yang dijalankan setiap menu mudah diingat
10.	Tampilan aplikasi mudah diingat
Error	
11.	Simbol gedung terletak sesuai dengan letak gedung yang dituju
12.	Terdapat nama gedung dan atau nama fakultas yang tidak sesuai
13.	Petunjuk navigasi tidak sesuai dengan letak gedung
Satisfaction	
14.	Saya ingin menggunakan aplikasi ini kembali
15.	Data yang disediakan sudah cukup lengkap
16.	Aplikasi yang dibuat mempermudah pencarian gedung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Data latitude dan longitude gedung yang berada di kampus I Universitas Sebelas Maret Surakarta dapat dilihat pada Tabel 3. Keseluruhan data yang dikumpulkan adalah 60 data.

Tabel 3. Data Latitude dan Longitude Gedung

Kategori	Nama Gedung	Latitude	Longitude
Fakultas Ilmu Budaya (FIB)	Gedung I	-7.55955	110.85593327
	Gedung II	-7.55927	110.85549667
	Gedung III	-7.55942	110.85512088
Fakultas Keuguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP)	Gedung A	-7.55606	110.85661246
	Gedung B	-7.55547	110.85634583
	Gedung C	-7.55628	110.85561807
	Gedung D	-7.55657	110.85556640
	Gedung E	-7.55554	110.85605713
	Gedung F	-7.55671	110.85610492
Fakultas Hukum (FH)	Gedung I	-7.55705	110.85412800
	Gedung II	-7.55761	110.85542055
Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB)	Gedung I	-7.55834	110.85435721
	Gedung II	-7.55894	110.85396058
	Gedung III	-7.55861	110.85460225
	Gedung IV	-7.55804	110.85374536
	Gedung V	-7.55858	110.85355261
Fakultas Ilmu Sosial dan Politik (FISIP)	Gedung I	-7.55699	110.85341404
	Gedung II	-7.5577	110.85298375
	Gedung III	-7.55759	110.85359913
	Gedung IV	-7.55688	110.85304267
Fakultas Kedokteran (FK)	Gedung A	-7.55896	110.85925952
	Gedung Baru	-7.55826	110.85954954
	Gedung C	-7.55871	110.85938825
	Gedung D	-7.55829	110.85861519
	Gedung E	-7.55793	110.85804903
	Gedung F	-7.5577	110.85772262
	Gedung G	-7.55783	110.85876769
Fakultas Pertanian (FP)	Gedung A	-7.56135	110.85812346
	Gedung B	-7.56112	110.85910484
	Gedung C	-7.5609	110.85888648
	Gedung D	-7.5609	110.85926520
	Gedung E	-7.56058	110.85901912
Fakultas Teknik	Gedung I	-7.56215	110.85427028
	Gedung II	-7.56113	110.85387439
	Gedung III	-7.56185	110.85403946
	Gedung IV	-7.56119	110.85385284
	Gedung V	-7.56053	110.85446848
	Gedung VI	-7.56234	110.85364751
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)	Gedung A	-7.558869	110.85834167
	Gedung B	-7.558678	110.85815611
	Gedung C	-7.559532	110.85833198
Fakultas Seni Rupa dan Desain (FSRD)	Gedung IV	-7.5581	110.85432550
Lain-lain	UNS Pers	-7.55813	110.85603099
	Pascasarjana	-7.55717	110.85679459
	UPT Perpustakaan	-7.55927	110.85669751
	Medical Centre	-7.55523	110.85749168
	Masjid Nurul Huda	-7.5551	110.85672435
	Student Centre	-7.5552	110.85729260
	Biro Administrasi Kemahasiswaan	-7.55482	110.85731048
	UPT P2B	-7.55986	110.85467804
	Graha UKM	-7.55506	110.85810270

4.2 Hasil Penghitungan Azimuth

Untuk melakukan perhitungan pertama harus mengkonversi bentuk derajat menjadi radian. Dimana 1 derajat bernilai 0.0174532925199433 radians sehingga dihasilkan nilai pada Tabel 4.

Tabel 4. Latitude dan longitude dalam radian

No	Lat ₁	Long ₁	Lat ₂	Long ₂
1.	-0.13197075	1.934819143	-0.1319637	1.934813386
2.	-0.13186376	1.934824546	-0.1318614	1.934814838
3.	-0.13186373	1.934824584	-0.1318565	1.934825068

Setelah diketahui nilai dalam satuan radian, langkah selanjutnya adalah mencari nilai y dengan persamaan (4) sehingga didapatkan nilai y sebagai berikut

No	y
1.	-5.70691E-06
2.	-9.62411E-06
3.	4.79952E-07

Selanjutnya untuk mencari nilai x digunakan persamaan (5) sehingga menghasilkan nilai berikut

No	x
1.	7.00435E-06
2.	2.33367E-06
3.	7.21711E-06

Kemudian dicari nilai azimuth dengan menggunakan persamaan (6) sehingga dihasilkan nilai

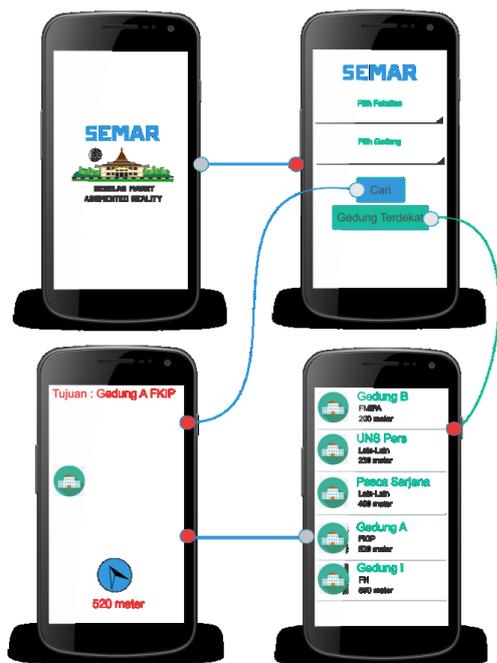
No	azimuth
1.	-0.683680424
2.	-1.332905932
3.	0.066404131

Langkah terakhir adalah konversi nilai azimuth ke dalam bentuk derajat sehingga didapatkan nilai

No	azimuth
1.	-39.17200281
2.	-76.36988437
3.	3.804676457

4.3 Hasil Desain Aplikasi

Desain interface aplikasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain interface aplikasi

Terdapat 4 tampilan dalam aplikasi Sebelas Maret Augmented Reality (SEMAR) yang dibuat seperti terlihat pada Gambar 7.

Tampilan pertama adalah halaman splash (kiri atas). Splash merupakan halaman pembuka saat aplikasi dijalankan, halaman ini akan ditampilkan selama 5 detik.

Tampilan kedua adalah menu utama (kanan atas). Menu utama digunakan untuk memilih fakultas dan gedung tujuan pengguna atau mengetahui daftar gedung terdekat dengan pengguna. Pada menu utama terdapat form input berupa dropdown nama fakultas dan nama gedung tujuan pengguna, kemudian tombol cari digunakan untuk memulai fungsi augmented reality berdasarkan inputan pengguna. Tombol gedung terdekat digunakan untuk mengetahui daftar gedung terdekat dengan posisi user, untuk menjalankan fungsi ini pengguna tidak perlu melakukan input apapun.

Tampilan ketiga adalah daftar gedung terdekat (kanan bawah). Daftar gedung terdekat berisi "list view" nama gedung, nama fakultas, dan jarak gedung dengan pengguna disertai dengan icon gedung. Saat pengguna memilih salah satu gedung dari daftar gedung maka aplikasi akan menjalankan fungsi augmented reality.

Tampilan keempat adalah halaman augmented reality (kiri bawah). Halaman ini merupakan halaman utama dari aplikasi ini. Pada halaman ini ditampilkan informasi gedung dan fakultas tujuan, selain itu terdapat icon navigasi untuk membantu mengarahkan device (smartphone) serta ditampilkan jarak pengguna ke gedung tujuan. Sebagian besar tampilan pada halaman ini merupakan kondisi real time yang dilihat pengguna memanfaatkan kamera pada device.

4.4 Hasil Implementasi

Bagian utama dalam implementasi code aplikasi adalah mendapatkan orientasi device, perhitungan sudut azimuth dan perhitungan jarak dengan haversine formula. Pada Gambar 8 dapat dilihat pseudo code untuk mendapatkan orientasi device, sedangkan pseudo code untuk perhitungan sudut azimuth dapat dilihat pada Gambar 9, dan pseudo code untuk perhitungan jarak dengan haversine formula dapat dilihat pada Gambar 10.

```
SensorManager.getRotationMatrix
(rotation,identity,lastAccelerometer,lastCompass);
```

Gambar 8. Pseudo code mendapatkan orientasi device

```
Lat1 = Math.toRadians(La); Lat2=
Math.toRadians(Lb); Long= Math.toRadians(Bb-Ba);
y= Math.sin(Long)*Math.cos(Lat2);
x= Math.cos(Lat1)*Math.sin(Lat2) -
Math.sin(Lat1)*Math.cos(Lat2)*Math.cos(Long)
azimuth= Math.atan2(y,x)
```

Gambar 9. Pseudo code perhitungan sudut azimuth

```
Lat1 = Math.toRadians(La); Lat2=
Math.toRadians(Lb); Lat= Math.toRadians(Lb-La);
Long= Math.toRadians(Bb-Ba);
R= 6371000;
a= Math.sin(Lat/2)* Math.sin(Lat/2)+
Math.cos(Lat1)*Math.cos(Lat2)* Math.sin(Long/2)*
Math.sin(Long/2);
c=2*Math.atan2(Math.sqrt(a),Math.sqrt(1-a));
jarak=R*c;
```

Gambar 10. Pseudo code perhitungan jarak dengan haversine formula

4.5 Hasil Pengujian Aplikasi

4.5.1 Pengujian BlackBox

Pengujian BlackBox dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian BlackBox

Modul	Skenario	Hasil yang diharapkan	Hasil yang didapatkan	Kesimpulan
Cari	Pengguna menekan tombol Cari sebelum lokasi pengguna ditemukan	Menampilkan informasi "Lokasi anda belum ditemukan"	Menampilkan informasi "Lokasi anda belum ditemukan"	Diterima
	Pengguna menekan tombol Cari setelah lokasi pengguna ditemukan dan jarak pengguna terhadap gerbang depan dan atau gerbang belakang	Menampilkan informasi "Anda berada di luar area UNS"	Menampilkan informasi "Anda berada di luar area UNS"	Diterima

	melebihi jarak gerbang depan ke gerbang belakang			
	Pengguna menekan tombol Cari setelah lokasi pengguna ditemukan dan jarak pengguna terhadap gerbang depan dan atau gerbang belakang tidak jarak gerbang depan ke gerbang belakang	Menjalankan augmented reality	Menjalankan augmented reality	Diterima
Gedung Terdekat	Pengguna menekan tombol Gedung Terdekat sebelum lokasi pengguna ditemukan	Menampilkan informasi "Lokasi anda belum ditemukan"	Menampilkan informasi "Lokasi anda belum ditemukan"	Diterima
	Pengguna menekan tombol Gedung Terdekat setelah lokasi pengguna ditemukan dan jarak pengguna terhadap gerbang depan dan atau gerbang belakang melebihi jarak gerbang depan ke gerbang belakang	Menampilkan informasi "Anda berada di luar area UNS"	Menampilkan informasi "Anda berada di luar area UNS"	Diterima
	Pengguna menekan tombol Gedung Terdekat setelah lokasi pengguna ditemukan dan jarak pengguna terhadap gerbang depan dan atau gerbang belakang tidak melebihi jarak gerbang depan ke gerbang belakang	Menampilkan list gedung terdekat berdasarkan jarak	Menampilkan list gedung terdekat berdasarkan jarak	Diterima

	Pengguna memilih salah satu gedung terdekat	Menjalankan augmented reality	Menjalankan augmented reality	Diterima
Augmented Reality	Pengguna berada pada halaman augmented reality	Menampilkan nama gedung, fakultas, icon navigasi, jarak	Menampilkan nama gedung, fakultas, icon navigasi, jarak	Diterima

Dari 8 buah scenario fungsional, tidak ada fungsional yang defect (cacat) dengan arti lain semua fungsional yang dibuat sukses 100%.

4.5.2 Analisa Kuesioner

Berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada 50 responden mahasiswa Universitas Sebelas Maret Surakarta dengan 16 butir pernyataan didapatkan frekuensi jawaban tiap butir pernyataan kuesioner seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Frekuensi jawaban kuesioner

No. Butir	kategori pilihan				
	STS	TS	N	S	SS
1	0	0	0	12	38
2	0	0	0	18	32
3	0	0	0	21	29
4	0	0	0	12	38
5	0	0	0	12	38
6	0	0	1	6	43
7	0	0	0	24	26
8	0	0	0	2	48
9	0	0	0	7	43
10	0	0	0	8	42
11	16	31	3	0	0
12	17	33	0	0	0
13	23	27	0	0	0
14	0	0	5	10	35
15	0	0	3	22	25
16	0	0	3	13	34

Dengan data frekuensi pada Tabel 4 dapat dilakukan transformasi skala ordinal menggunakan metode suksesif interval. Langkah selanjutnya adalah menghitung proporsi, menghitung proporsi kumulatif, menghitung nilai z, menghitung densitas nilai z, menghitung scale value, terakhir menghitung penskalaan. Hasil transformasi dengan metode suksesif interval dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Transformasi

Asli	Transformasi
1	0
2	0
3	0.506432311
4	1.563384583
5	2.629178324

STS-SS secara berturut-turut diasumsikan memiliki nilai asli 1-5, kecuali pada butir 11-13, STS-SS berturut-turut diasumsikan memiliki nilai asli 5-1.

Setelah diketahui nilai interval untuk tiap-tiap skala ordinal dilanjutkan dengan perhitungan nilai rata-rata tiap butir kuesioner dihasilkan 2.245658

Dengan menggunakan batas bawah dan batas atas hasil transformasi diketahui bahwa nilai 2.245658 berarti responden bersikap positif terhadap aplikasi atau dengan kata lain aplikasi yang dibuat sudah baik/dapat diterima dengan baik.

4.5.3 Pengujian Akurasi

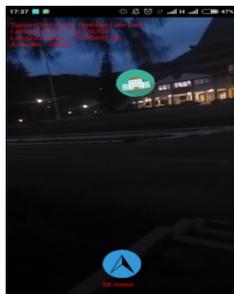
Pengujian akurasi dilakukan dengan cara membandingkan perhitungan sudut azimuth secara manual. Perhitungan ini diimplementasikan dengan bahasa pemrograman java. Pada pengujian pertama, posisi user berada pada koordinat berikut.

Latitude : -7.56136704
Longitude : 110.85697103

Lokasi gedung yang diuji adalah Gedung dr. Prakoso dengan koordinat sebagai berikut.

Latitude : -7.56096572
Longitude : 110.85664118

Berdasarkan perhitungan dengan java didapatkan hasil azimuth = -39.17200281029242, jarak = 57.56149383508279. Sedangkan nilai azimuth pada aplikasi menunjukkan nilai -38.491 dan jarak 58 meter seperti terlihat pada Gambar 11. Dalam bentuk persen dapat dituliskan tingkat akurasi sebesar $(-38.491/-39.17200281029242) * 100 = 98.26\%$.



Gambar 11. Hasil pengujian akurasi gedung dr. prakoso

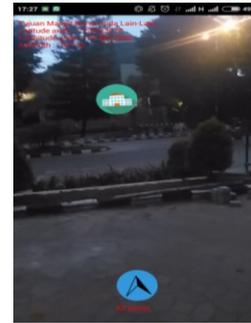
Pengujian kedua dilakukan terhadap gedung nurul huda. Posisi user berada pada koordinat berikut :

Latitude : -7.55523678
Longitude : 110.8572806

Sedangkan data koordinat gedung nurul huda adalah sebagai berikut.

Latitude:-7.55510307
Longitude :110.85672435

Berdasarkan perhitungan dengan java dihasilkan nilai azimuth =-76.36988437075868, jarak = 63.09207627310292. Sedangkan nilai azimuth pada aplikasi menunjukkan nilai -70.110 dan jarak 63 meter seperti terlihat pada Gambar 12. Dengan demikian diperoleh tingkat akurasi $(-70.110/-76.36988437075868) * 100 = 91.8\%$



Gambar 12. Hasil pengujian akurasi gedung nurul huda

Pengujian ketiga dilakukan terhadap gedung biro administrasi kemahasiswaan. Posisi user berada pada koordinat berikut :

Latitude : -7.55523499
Longitude : 110.85728274

Sedangkan data koordinat gedung biro administrasi kemahasiswaan adalah sebagai berikut.

Latitude:-7.55482148
Longitude :110.85731048

Berdasarkan perhitungan dengan java dihasilkan nilai azimuth =3.8046764571395384, jarak = 46.08177568530741. Sedangkan nilai azimuth pada aplikasi menunjukkan nilai 3.344 dan jarak 46 meter seperti terlihat pada Gambar 13. Dengan demikian didapatkan nilai akurasi sebesar $3.344 / 3.8046764571395384 * 100 = 87.9\%$



Gambar 13. Hasil pengujian akurasi gedung biro administrasi kemahasiswaan

Dari ketiga sampel pengujian akurasi didapatkan hasil akurasi rata-rata sebesar $(98.26 + 91.8 + 87.9) / 3 = 92.65\%$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengumpulan data, pembuatan aplikasi, dan pengujian aplikasi identifikasi gedung di kampus I UNS menggunakan augmented reality markerless pada smartphone android, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan menggunakan GPS , sensor akselerometer, sensor magnetic field (kompas) pada android dapat menghasilkan sebuah aplikasi augmented reality

markerless untuk mengidentifikasi gedung di kampus 1 Universitas Sebelas Maret Surakarta.

- b) Hasil pengujian black box menunjukkan bahwa semua semua fungsional yang dibuat sukses 100%. Pengukuran usability (kuisisioner) dilakukan terhadap 50 reponden yang hasilnya menunjukkan bahwa aplikasi yang dibuat mendapatkan sikap positif dari responden dengan nilai 2.245658. Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki tingkat akurasi yang baik dibuktikan melalui pengujian terhadap 3 sampel gedung menghasilkan akurasi sebesar 92.65%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat di sampaikan untuk mengembangkan sistem yang dibuat antara lain :

- Ditambah fitur penunjuk jalan ke gedung tujuan memanfaatkan *augmented reality markerless*.
- Dapat di implementasikan pada platform lain yang memiliki sensor-sensor yang di butuhkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim2. (n.d.). *Indonesia|Ranking web of university*. Retrieved Oktober 5, 2015, from Ranging web of university: <http://www.webometrics.info/en/Asia/Indonesia>
- [2] Anonim1. (n.d.). *Fakultas dan Pascasarjana- Universitas Sebelas Maret*. Retrieved Oktober 5, 2015, from UNS: <http://uns.ac.id>
- [3] Hedrianto, D., & S, A. M. (2010). Implementasi Augmented Reality Memanfaatkan Sensor Akselerometer, Kompas dan GPS Pada Penentuan Lokasi Masjid Berbasis Android. Retrieved April 16, 2016, from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-16859-5107100112-paperpdf.pdf>
- [4] The Pragmatic Programmers. (2008). *Augmented Reality*. Pragmatic Bookshelf.
- [5] Sood, R. (2012). *Pro Android Augmented Reality*. Apress.
- [6] Meier, R. (2012). *Professional Android 4 Application Development*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Putra, R. H., Sujiani, H., & Safriadi, N. (2015). Penerapan Metode Haversine Formula Pada Sistem Informasi Geografis Pengukuran Luas Tanah. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN) Vol. 1, No. 1, 2*.
- [8] Gintoro, Suharto, I. W., Rachman, F., & Halim, D. (2010). Analisis dan Perancangan Sistem Pencarian Taksi Terdekat Dengan Pelanggan Menggunakan Layanan Berbasis Lokasi. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010 (SNATI 2010)*, B-34.
- [9] Veness, C. (n.d.). *Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points*. Retrieved April 16, 2016, from Movable Type-Information Design & Management: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>
- [10] Rahadi, D. R. (2014). Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire Pada Aplikasi. *Jurnal Sistem Informasi (JSI), VOL. 6, NO. 1*, 661-671.
- [11] Sappaile, B. I. (2007). Pembobotan Butir Pernyataan Dalam Bentuk Skala Likert Dengan Pendekatan Distribusi Z. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Tahun ke-13, No. 064, 2*.
- [12] Sarwono, J. (n.d.). *MENGUBAH DATA ORDINAL KE DATA INTERVAL DENGAN METODE SUKSESIF INTERVAL (MSI)*. Retrieved April 27, 2016, from *MENGUBAH DATA ORDINAL KE DATA INTERVAL DENGAN METODE SUKSESIF INTERVAL (MSI)*: http://www.jonathansarwono.info/teori_spss/msi.pdf
- [13] Anonim3. (2016, Mei 11). *Tabel Distribusi Normal*. Retrieved from Smartstat: Smart Statistika: <http://www.smartstat.info/download/tabel-distribusi/tabel-distribusi-normal-z.html>

JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM MODELLING USING PETRI NET FOR MAKING THE APPLICATION OF SCHEDULING PRODUCTION SIMULATION

Indah Puspitasari
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
indah.if2011@gmail.com

Sarngadi Palgunadi
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
palgunadi@uns.ac.id

Rini Anggrainingsih
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
rinianggra@gmail.com

ABSTRACT

The problems and challenges in the production process are how to manage the available machines and human resources optimally. In fact, many industries are not optimal in the production process due to unclear scheduling. As a solution, a production scheduling management is required to optimize scheduling using simulation. To create the scheduling simulation, it is necessary to notice workflow and obstacle that exist in the production system. Petri Net can be used to model the overall manufacturing process flow, to map the resource and to indicate potential conflicts in the production system. Four priority rules used in this production scheduling simulation to determine the most optimal results are FCFS, SPT, LPT and EDD. In this research, bread production process was modeled using 6 types of job and 9 process with the dynamic arrival time order. From the scheduling simulation FCFS has better results on the criterias of makespan, number of tardy jobs, mean tardiness and max tardiness while SPT is better on the mean flowtime criteria. Because the arrival orders time are not the same (dynamic), the rule other than FCFS requires sorting process that led to the delay before the execution process.

Keywords

Job shop scheduling problem, Petri net, scheduling system, Petri Net model, Priority rule.

1. Pendahuluan

Proses produksi merupakan suatu proses untuk menghasilkan barang dan jasa. Proses produksi melibatkan beberapa faktor antara lain waktu, tenaga SDM, bahan baku, mesin serta alur produksi. Terbatasnya sumber daya yang tersedia seperti bahan baku ataupun mesin maupun ketersediaan tenaga kerja menyebabkan harus dilakukannya optimalisasi pada segi penjadwalan. Penjadwalan dalam proses produksi merupakan salah satu faktor yang cukup penting, penjadwalan dapat menentukan waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi serta memprediksi jumlah produksi yang akan

dihasilkan perusahaan dalam periode tertentu. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang ada sehingga tujuan produksi secara keseluruhan dapat terpenuhi [1].

Pembuatan jadwal penggunaan mesin (*Job Shop Scheduling*) untuk menyelesaikan berbagai pekerjaan secara manual pada umumnya merupakan proses yang membutuhkan waktu lama. *Job Shop Scheduling Problem* (JSSP) secara umum merupakan sebuah masalah di mana terdapat beberapa mesin yang harus dipakai untuk menyelesaikan beberapa *job* yang terdiri dari beberapa operasi yang sudah diketahui jangka waktu penyelesaiannya. Masalah JSSP ini adalah bagaimana menyusun jadwal semua operasi dari semua *job* pada tiap mesin sehingga diperoleh tujuan pembuatan jadwal yang diinginkan.

Job shop scheduling problem terdiri dari n *job* dan setiap *job* memiliki rute mesin sendiri-sendiri dimana beberapa mesin tidak diperlukan dan beberapa mesin digunakan beberapa kali [2]. Penjadwalan yang tidak efektif akan menghasilkan tingkat penggunaan yang rendah dari kapasitas yang ada, fasilitas, tenaga kerja dan peralatan akan menunggu (*idle*) untuk waktu tertentu karena tidak ada jadwal. Sebagian akibatnya biaya produksi membengkak yang mana dapat menurunkan efektivitas dan daya saing perusahaan, meskipun kapasitas keseluruhan mungkin didesain agar biaya sumber daya minimal, penjadwalan yang tidak tepat dapat menyebabkan menurunnya tingkat pelayanan dan banyak hal lain secara tidak langsung [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menangani masalah penjadwalan adalah dengan membuat simulasi. Simulasi dibuat untuk melihat gambaran proses produksi yang terjadi. Analisis simulasi dapat dijadikan acuan dalam melakukan proses produksi yang sesungguhnya. Dari simulasi juga dapat ditentukan proses atau pekerjaan mana yang mungkin tidak dapat dilakukan atau sebaiknya tidak dilakukan.

Pembuatan simulasi sendiri tidaklah mudah, kompleksitas proses produksi menyebabkan sulitnya

membuat simulasi penjadwalan. Pembagian sumber daya, alur proses produksi, serta jumlah dan kapasitas mesin sering menyebabkan adanya deadlock pada sistem produksi. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah memodelkan proses produksi kedalam *Petri Net*.

Petri Net dapat digunakan untuk pemodelan sinkronisasi proses, peristiwa asynchronous, operasi bersamaan, serta konflik dan pembagian sumber daya. *Petri Net* adalah salah satu model untuk merepresentasikan sistem terdistribusi dan banyak digunakan diberbagai bidang yaitu manufaktur, kontrol proses, jaringan komputer, sistem antrian, sistem lalu lintas dan lain-lain [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak yang memanfaatkan *Petri Net* untuk menyelesaikan masalah penjadwalan job shop scheduling. Penelitian tersebut mencakup pengembangan model timed *Petri Net* [5][6] serta implementasinya pada contoh kasus produksi [7][8].

Berdasarkan penjelasan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan menggunakan pemodelan menggunakan *Petri Net* untuk kasus *Job Shop Scheduling* sebuah pabrik roti, untuk selanjutnya menggunakan hasil pemodelan tersebut untuk pembuatan simulasi. Diharapkan dari penelitian didapat kan hasil optimalisasi penjadwalan yang memadai

2. Job Shop Scheduling

Penjadwalan merupakan suatu proses pengaturan sumber daya untuk menyelesaikan tugas-tugas dengan melibatkan pekerjaan, sumber daya, dan waktu. Menurut [9] penjadwalan adalah alokasi sumber-sumber untuk melaksanakan sekumpulan tugas berdasarkan waktu. Pentingnya penjadwalan bagi perusahaan adalah [10] :

- Dengan penjadwalan secara efektif perusahaan menggunakan asetnya dengan efektif dan menghasilkan keuntungan menjadi lebih besar .
- Penjadwalan menambah kapasitas dan fleksibilitas yang terkait, memberikan waktu pengiriman yang lebih cepat.
- Keuntungan ketiga dari penjadwalan yang baik adalah keunggulan kompetitif dengan pengiriman yang dapat diandalkan.

Pada *Job Shop Scheduling*, operasi yang dilakukan setiap *job* seringkali berbeda rute/alur. Bedworth [11] mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut:

- Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu
- Mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.
- Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya kelambatan).

- Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan.

Pada proses penjadwalan biasanya terdapat notasi yang diketahui di awal sebagai input dari proses penjadwalan biasanya menggunakan lowercase letter sebagai cirinya[9]. Notasi-notasi yang umum digunakan dalam penjadwalan terdapat pada penjelasan sebagai berikut [11]:

- j : subscript for jobs, $j = 1, \dots, n$.
- i : subscript for mesin, $i = 1, \dots, m$.
- Processing time* atau waktu proses (t_j)
- Setup time* atau waktu setup (s_{ji})
- Flow time* atau waktu tinggal (F_j)
- Arrive time* atau saat datang (a_j)
- Delivery date* atau saat kirim (del_j)
- Ready/release time* atau saat siap (r_j)
- Due date* atau batas waktu (d_j)
- Makespan* (M)
- Completion Time* (C_j) merupakan rentang waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *job j*.

2.1 Dispatching rule s

Dispatching rule s merupakan metode yang digunakan baik untuk kasus job shop scheduling static maupun dinamik [12] . Aturan prioritas memberikan panduan untuk urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan [10]. Aturannya secara khusus bisa diterapkan untuk fasilitas yang berfokus pada proses. Aturan prioritas diterapkan untuk mengurangi waktu penyelesaian, jumlah *job* yang diproses dalam satu satuan waktu, dan keterlambatan proses karena ketersediaan sumber daya. Jenis *priority rule s* yang dapat dipakai antara lain [11]:

- First Come First Serve (FCFS)*
Urutan pengerjaan *job* ditetapkan berdasarkan urutan kedatangan
- Shortest Processing Time (SPT)*
Urutkan *job* berdasarkan waktu proses yang terkecil pada urutan pertama. (aturan ini akan menghasilkan WIP, *Flow Time* dan *lateness* yang terkecil)
- Longest Processing Time (SPT)*
Urutkan *job* berdasarkan waktu proses yang terkecil pada urutan pertama. (aturan ini akan menghasilkan WIP, *Flow Time* dan *Lateness* yang terkecil)
- Earliest Due Date (EDD)*
Urutkan *job* berdasarkan due date terkecil / paling cepat. (aturan ini akan mengurangi *lateness* dan *tardiness*)

2.2 Evaluasi Penjadwalan

Hasil penjadwalan yang sudah didapatkan dapat dievaluasi menggunakan beberapa kriteria. Kriteria kinerja penjadwalan *Job Scheduling* Proses memiliki

beberapa kriteria untuk menentukan baik buruknya hasil penjadwalan tersebut [9] diantaranya adalah:

a. Flow Time (Fj)

Flow Time (Fj) merupakan rentang waktu antara saat pekerjaan siap diproses hingga saat pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Persamaan untuk menghitung flowtime seperti pada persamaan 2.4.

$$F_j = C_j - r_j \tag{2.4}$$

Keterangan :

F_j = Flowtime job j

C_j = Completion Time job j

r_j = waktu job j siap diproduksi

Selain Flow Time, banyak yang melakukan evaluasi kinerja menggunakan mean Flow Time seperti pada persamaan 2.5.

$$Mean F = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j \tag{2.5}$$

Keterangan :

n = banyaknya job

b. Makespan (M)

Makespan (M) merupakan keseluruhan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan semua pekerjaan.

c. Lateness (Li)

Lateness (Li) merupakan waktu antara saat selesai dengan batas waktu penyelesaiannya (due dates). Lateness dapat bernilai negatif (Earliness) maupun positif (Tardiness). Earliness dan Tardiness dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6.

$$L_j = C_j - d_j \leq 0, Earliness (Ei) \tag{2.6}$$

$$L_j = C_j - d_j \geq 0, Tardiness (Ti)$$

Keterangan :

L_j = Lateness job j

C_j = Completion Time job j

d_j = daedline job j

d. Maximum Lateness

Maximum Lateness merupakan besarnya simpangan maksimum, atau selisih waktu penyelesaian seluruh job yang dijadwalkan terhadap batas waktu penyelesaian job-job tersebut (due date). Max Lateness didapat dengan persamaan 2.7.

$$L_{max} = \max \{L_j\} \tag{2.7}$$

e. Mean Tardiness

Mean Tardiness merupakan rata-rata keterlambatan seluruh job yang dijadwalkan. Mean Tardiness dihitung dengan persamaan 2.8.

$$Mean T = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \tag{2.8}$$

Keterangan :

T_j = tardiness job j

n = banyaknya job

f. Number of Tardy Job

Number of Tardy Job Menunjukkan kuantitas job atau jumlah job yang mengalami keterlambatan. Jumlah job yang terlambat dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$N_t = \sum_{j=1}^n N_j \tag{2.9}$$

Dimana nilai n = banyaknya job

$N_t = 1$ jika $C_j \geq d_j$

$N_t = 0$ jika $C_j \leq d_j$

3. Petri Net

Pada penelitian ini Petri Net digunakan untuk membuat sebuah pemodelan dari alur proses penjadwalan. Petri net merupakan perangkat untuk pemodelan dan menganalisis sistem sehingga dapat diperoleh informasi tentang struktur, perilaku dinamik dari sistem dan media-media yang di modelkan [13].

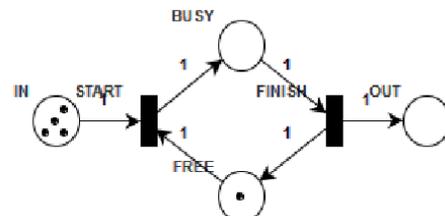
Sebuah Timed Petri Net terdiri dari TPN = (P, T, I, O, TS, D) yang memenuhi persyaratan sebagai berikut [14]:

- P adalah himpunan terbatas place
- T adalah himpunan transisi.
- $I \in T \rightarrow P$ (P) adalah fungsi yang mendefinisikan set input place dari masing-masing transisi.
- $O \in T \rightarrow P$ (P) adalah fungsi yang mendefinisikan set output place dari setiap transisi.
- TS adalah waktu yang ditetapkan.
- $D \in T \rightarrow TS$ adalah fungsi yang mendefinisikan firing delay masing-masing transisi

Dalam penelitian ini untuk memodelkan sistem penjadwalan dengan menggunakan Petri Net, interpretasi untuk place, transisi, dan token adalah sebagai berikut:

- a. Place merepresentasikan status resource atau operasi.
- b. Token pada place mengartikan bahwa resource tersedia. Jika place merepresentasikan operasi, maka token didalamnya menunjukkan operasi yang dilakukan atau dapat disebut job, dan jika tidak ada token mengartikan operasi tidak sedang dilakukan.
- c. Transisi merepresentasikan mulai atau selesainya suatu event atau penyelesaian suatu proses operasi.

Terdapat beberapa pemodelan pada mesin antara lain pada mesin yang hanya dapat digunakan satu proses job pada satu waktu dan mesin yang dapat digunakan untuk beberapa proses job pada satu waktu [15]. Penggambaran mesin pada Petri Net ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Petri Net untuk memodelkan suatu mesin [7].

4. Metodologi

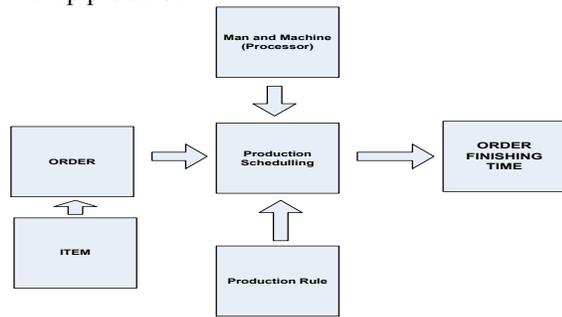
Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan dengan tahap pengumpulan data, penentuan aturan produksi, kemudian pemodelan penjadwalan menggunakan *Petri Net*, validasi *Petri Net*, pemodelan data, terakhir implementasi serta analisis hasil penjadwalan.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data produksi yang didapatkan adalah data resources, alur produksi, serta waktu produksi masing-masing job. Data yang sudah didapat sebagai berikut:

- Pabrik beroperasi setiap hari selama 24 jam.
- Pada satu *order* bisa terdapat beberapa jenis roti (item) yang dipesan sekaligus. Penyelesaian proses *order* berdasarkan pada schema FTPO (*Finish Production Time of Order*) seperti pada Gambar 5.1 (Palgunadi, 2013). *Finish production time* terpenuhi ketika semua item-item yang diorder sudah melewati tahap produksi.



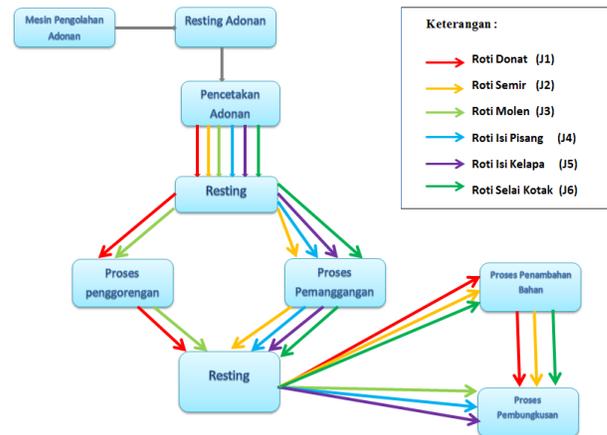
Gambar 5.1 Schema FTPO (*Finish Production Time of Order*) [16]

- Pabrik setiap harinya membuat 6 jenis roti sehingga jumlah *job* = 6 dengan adonan dasar yang sama. Untuk lebih jelasnya, jenis roti yang dibuat ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jenis roti yang diproduksi

Jenis Roti	Notasi
Roti Donat	J ₁
Roti Semir	J ₂
Roti Molen	J ₃
Roti Isi Pisang	J ₄
Roti Isi Kelapa	J ₅
Roti Selai Kotak	J ₆

- Proses pembuatan masing-masing roti memiliki tahapan yang berbeda meski awalnya memiliki adonan yang sama. Skema pembuatan roti secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram jalannya produksi

Pada *job shop scheduling* setiap proses yang harus dilewati dapat dikatakan sebagai mesin (*machines*). Berdasarkan diagram diatas maka untuk daftar mesin-mesin yang ada dalam proses produksi roti dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Daftar proses produksi dan notasinya

Nama Proses	Notasi	Jumlah (Quantity)
Pencampuran Adonan	M ₁	2
Resting Adonan (1)	M ₂	-
Pencetakan adonan	M ₃	2
Resting Adonan (2)	M ₄	-
Penggorengan	M ₅	2
Pemanggangan	M ₆	2
Resting Adonan (3)	M ₇	-
Penambahan bahan	M ₈	4
Pembungkusan	M ₉	

- Proses produksi masing-masing jenis roti memiliki interval waktu yang berbeda-beda. Detail waktu produksi masing-masing job dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5.3 Waktu proses produksi per-job tiap mesin (dalam detik)

Mesin Job	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
J1	1800	300	4	10800	-	120/45	600	10	20
J2	1800	300	4	10800	600/180	-	600	15	20
J3	1800	300	10	10800	-	-	600	-	20
J4	1800	300	10	10800	600/160	120/45	600	-	20
J5	1800	300	10	10800	600/160	-	600	-	20
J6	1800	300	4	10800	600/180	-	600	15	20

5.2 Penentuan Aturan Produksi (Production Rule)

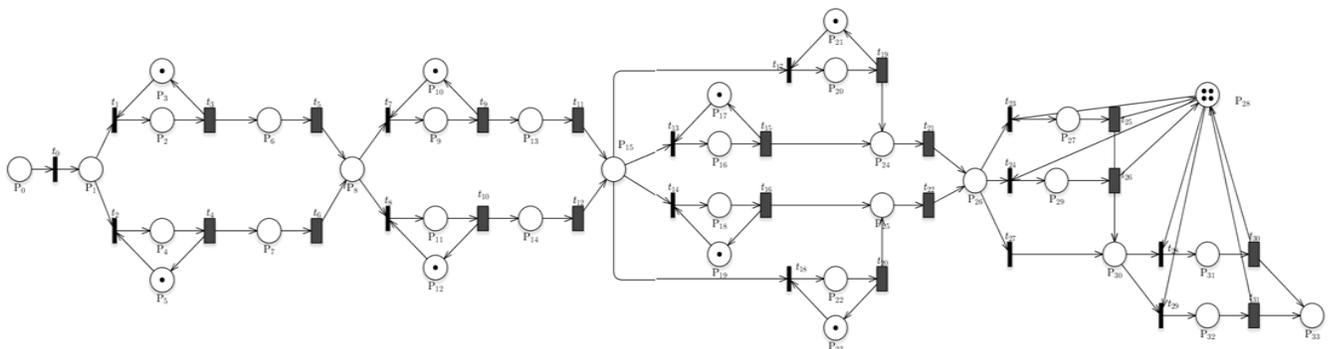
Penentuan aturan produksi dalam implementasi kasus job shop scheduling sangatlah penting, karena aturan produksi suatu pabrik akan berbeda dengan pabrik lainnya. Asumsi merupakan ketentuan-ketentuan yang dapat ditambahkan untuk mempermudah serta membatasi pengimplementasian proses penjadwalan. Dalam simulasi ini sistem akan ditetapkan sebagai berikut:

- a. Sebuah pekerjaan tepat mengunjungi satu mesin sekali.
- b. Tiap mesin hanya dapat memproses sebuah operasi pada satu waktu dan selalu siap setiap waktu tanpa adanya gangguan kerusakan atau dalam perbaikan.
- c. Operasi tidak dapat diinterupsi, dengan kata lain setelah operasi berlangsung, operasi itu harus diselesaikan sebelum operasi yang lain diproses pada mesin yang sama.

- d. Setelah sebuah operasi selesai diproses pada suatu mesin, akan langsung ditransfer ke mesin berikutnya secepatnya dan waktu transfer diabaikan.
- e. Setiap operasi mempunyai jenis kegiatan tertentu, dikerjakan mesin tertentu dan waktu proses yang tertentu pula.
- f. Sumber daya manusia dan mesin ditetapkan akan tersedia selama 24 jam per hari selama 7 hari per minggu (asumsi waktu tak terbatas).
- g. Tidak ada mesin yang rusak atau berhenti bekerja.
- h. Proses produksi berdasarkan *order* dan dilakukan secara berurutan. Misalkan *order* A, maka $A = \{J1, J2, \dots, J6\}$.

5.2 Pemodelan Bisnis Proses dengan Petri Net

Berdasarkan *production rule* yang ada dibuat model *Petri Net* untuk menggambarkan skema atau alur proses produksi secara keseluruhan. Pemodelan *Petri Net* ini dilakukan dengan memimplementasikan penelitian sebelumnya [14]. Pemodelan yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Pemodelan *Petri Net* untuk proses produksi

5.3 Validasi Pemodelan Bisnis Proses

Validasi dilakukan untuk melihat apakah pemodelan *Petri Net* untuk proses produksi yang dibuat sudah baik dan mampu digunakan sebagai acuan untuk implementasi kedalam program. Analisa yang dilakukan adalah liveness, boundness dan struktural analisis. Analisis dilakukan dengan dua metode yaitu dengan mensimulasikan token secara manual, dan dengan

menggunakan tambahan aplikasi yang menyediakan fungsi analisis *Petri Net* yaitu WOPED. Hasil Validasi tidak soundness, tetapi sudah memenuhi syarat boundness dan liveness. Model tidak dapat soundness hal ini disebabkan karena tidak memenuhi kriteria soundness yaitu :

- 1. Untuk setiap token yang dimasukkan ke dalam *source place* (state awal/initial state), satu (dan hanya satu)

token yang akan muncul pada *sink place (final state/ state akhir)*.

2. Ketika token berada pada *sink place*, semua *place* yang lain akan kosong.

Pada proses penjadwalan setiap job diinisialisasikan sebagai token sehingga token yang dimasukkan pada input place tidak hanya satu token, maka model tidak memenuhi kriteria pertama. Pada proses penjadwalan apabila satu job yang diinisialisasikan sebagai token telah sampai pada sink place, place lain tidak akan kosong karena akan ada proses lain yang akan masuk ataupun sedang dalam proses sehingga tidak memenuhi kriteria kedua. Hasil analisis dengan menggunakan aplikasi diatas tetap dianggap benar, karena dalam pembuatan *Petri Net* untuk penjadwalan yang diutamakan adalah tidak adanya deadlock [17].

5.5 Pembuatan Data Model

Pembuatan data model dilakukan dengan menggunakan pemodelan *Petri Net* yang telah dibuat, untuk mengetahui alur serta variabel2 yang dibutuhkan. Pada proses produksi setiap mesin memiliki kebutuhan atau requirement masing-masing. Berdasarkan data yang ada, lamanya waktu pengerjaan tergantung pada banyaknya item yang dipesan dikalikan waktu pengerjaan setiap buahnya.

Pada aplikasi *Petri Net* waktu yang dapat ditambahkan bersifat statis, belum mampu mengangani penggunaan waktu yang berbeda seperti data yang didapatkan sehingga harus dibuat sebuah aplikasi yang dapat menangani masalah tersebut. Pada aplikasi diberikan penambahan fungsi perhitungan waktu berdasarkan *rule* produksi serta kondisi asli dilapangan sesuai data yang telah dikumpulkan. Berikut detail masing-masing fungsi perhitungan waktu pada tiap mesin.

- a. Mesin 1 (M1)

Kapasitas mesin adalah 1200, sehingga pada M1 jika *job1* hingga *job6* totalnya kurang dari 1200 maka dapat dikerjakan dengan 1 kali proses pengolahan. Waktu pemrosesannya yaitu $t_{j1} = 1800$ s.

- b. Mesin 2 (M2)

Waktu pemrosesan M2 yaitu $t_{j2} = 600$ s.

- c. Mesin 3 (M3)

Total waktu pengerjaan didalam M3 tiap-tiap *job* yaitu menggunakan persamaan 5.1.

$$\sum t_{j3} = \sum \text{item job } j \times t_{j3} \quad (5.1)$$

Keterangan :

$\sum t_{j3}$ = jumlah total waktu pengerjaan mesin 3

$t_{j3} = \{4, 10, 10, 10, 10, 4\}$; $j = 1,2,3,\dots, 6$

- d. Mesin 4 (M4)

Waktu pemrosesannya yaitu $t_{j4} = 10800$ s.

- e. Mesin 5 (M5)

Total waktu pengerjaan didalam M5 tiap-tiap *job* yaitu menggunakan persamaan 5.2.

$$\sum t_{j5} = \left[\frac{\sum \text{item job } j}{t_{j5}} \right] \times 600 \quad (5.2)$$

Keterangan :

$\sum t_{j5}$ = jumlah total waktu pengerjaan mesin 5

$t_{j5} = \{180, 160, 160, 180\}$ dengan nilai $j = 2,4,5,6$

- f. Mesin 6 (M6)

Total waktu pengerjaan didalam M6 tiap-tiap *job* yaitu menggunakan persamaan 5.3.

$$\sum t_{j6} = \left[\frac{\sum \text{item job } j}{t_{j6}} \right] \times 120 \quad (5.3)$$

Keterangan :

$\sum t_{j3}$ = jumlah total waktu pengerjaan mesin 6

$t_{j3} = \{45\}$ dengan nilai $j = 1,3$

- g. Mesin 7 (M7)

Waktu pemrosesan M7 yaitu $t_{j6} = 600$ s.

- h. Mesin 8 (M8)

Total waktu pengerjaan didalam M8 tiap-tiap *job* yaitu menggunakan persamaan 5.4.

$$\sum t_{j8} = \sum \text{item job } j \times t_{j8} \quad (5.4)$$

Keterangan :

$\sum t_{j8}$ = jumlah total waktu pengerjaan mesin 8

$t_{j3} = \{10, 15, 15\}$ dengan nilai $j = 1,2, 6$

- i. Mesin 9 (M9)

Total waktu pengerjaan didalam M9 tiap-tiap *job* yaitu menggunakan persamaan 4.5.

$$\sum t_{j9} = \sum \text{item job } j \times t_{j9} \quad (5.5)$$

Keterangan :

$\sum t_{j9}$ = jumlah total waktu pengerjaan mesin 9

$t_{j9} = \{20\}$ dengan nilai $j = 1,2,3,\dots, 6$

5.6 Implementasi

Simulasi dilakukan dengan aplikasi yang telah dibuat berdasarkan skenario *Petri Net* yang telah dibuat. Data yang digunakan untuk pengujian menggunakan sampel data order yang bersifat random. Data yang digunakan akan bersifat dinamik karena waktu kedatangan order tidak akan sama. Pada implementasi yang dilakukan terdapat tiga menu utama, yaitu pengolahan data, simulasi dan analisis hasil simulasi. Untuk pengujian implementasi digunakan data random, tampilan untuk pengolahan data ditampilkan pada Gambar 5.4.

No	Tanggal Order	Tanggal Pengambilan	Roti Donat	Roti Semir	Roti Molen	Roti Isi Pisang	Roti Isi Kelapa	Roti Selai Kotak	Status	Pilihan
1	2016-03-14 07:03:00	2016-03-14 13:00:00	275	150	0	330	128	0	Undone	 
2	2016-03-14 07:30:00	2016-03-15 08:00:00	231	0	274	103	75	86	Undone	 
3	2016-03-14 08:07:00	2016-03-14 12:05:00	210	0	0	247	233	170	Undone	 
4	2016-03-14 08:11:00	2016-03-14 15:15:00	0	146	279	266	310	0	Undone	 
5	2016-03-14 08:15:00	2016-03-15 14:10:00	0	305	144	0	0	188	Undone	 
6	2016-03-14 09:00:00	2016-03-16 08:00:00	145	80	0	231	134	0	Undone	 
7	2016-03-14 09:15:00	2016-03-15 18:08:00	281	230	110	100	75	0	Undone	 
8	2016-03-14 09:30:00	2016-03-16 08:10:00	90	0	110	108	0	0	Undone	 
9	2016-03-14 09:30:00	2016-03-17 08:00:00	120	135	110	0	0	95	Undone	 
10	2016-03-14 09:40:00	2016-03-15 15:00:00	145	116	190	120	0	0	Undone	 

Gambar 5.4. Tampilan untuk pengolahan data pada aplikasi

Dengan data pada yang ada pada Gambar 5.4 selanjutnya dilakukan simulasi penjadwalan menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Pada implementasi yang dilakukan, akan ditampilkan hasil penjadwalan secara keseluruhan dengan menggunakan empat *rule* metode metode heuristik *rule* untuk urutan pemrosesan yaitu FCFS, SPT, LPT, dan EDD. Hasil simulasi untuk *rule* FCFS ditunjukkan pada Gambar 5.5, *rule* SPT ditunjukkan Gambar 5.6, *rule* LPT ditunjukkan Gambar 5.7, dan *rule* EDD ditunjukkan pada gambar 5.8. Pada aplikasi juga akan ada evaluasi dari keempat *rule* yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9 .

SIMULASI FCFS

order	tanggal pemesanan	tanggal pengambilan	selesai pengerjaan	keterlambatan
1	2016-03-14 07:03:00	2016-03-14 13:00:00	2016-03-14 12:38:50	00:00:00
2	2016-03-14 07:30:00	2016-03-15 08:00:00	2016-03-14 14:53:43	00:00:00
3	2016-03-14 08:07:00	2016-03-14 12:05:00	2016-03-14 17:12:43	05:07:43
4	2016-03-14 08:11:00	2016-03-14 15:15:00	2016-03-14 20:29:03	05:14:03
5	2016-03-14 08:15:00	2016-03-15 14:10:00	2016-03-14 22:04:30	00:00:00
6	2016-03-14 09:00:00	2016-03-16 08:00:00	2016-03-14 23:22:23	00:00:00
7	2016-03-14 09:15:00	2016-03-15 18:08:00	2016-03-15 01:40:43	00:00:00
8	2016-03-14 09:30:00	2016-03-16 08:10:00	2016-03-15 02:28:50	00:00:00
9	2016-03-14 09:30:00	2016-03-17 08:00:00	2016-03-15 03:45:30	00:00:00
10	2016-03-14 09:40:00	2016-03-15 15:00:00	2016-03-15 05:25:43	00:00:00

Gambar 5.5 Hasil penjadwalan menggunakan FCFS *rule*

SIMULASI SPT

order	tanggal pemesanan	tanggal pengambilan	selesai pengerjaan	keterlambatan
8	2016-03-14 09:30:00	2016-03-16 08:10:00	2016-03-14 13:11:00	00:00:00
5	2016-03-14 08:15:00	2016-03-15 14:10:00	2016-03-14 15:33:32	00:00:00
9	2016-03-14 09:30:00	2016-03-17 08:00:00	2016-03-14 16:27:59	00:00:00
10	2016-03-14 09:40:00	2016-03-15 15:00:00	2016-03-14 18:01:52	00:00:00
6	2016-03-14 09:00:00	2016-03-16 08:00:00	2016-03-14 19:45:32	00:00:00
3	2016-03-14 08:07:00	2016-03-14 12:05:00	2016-03-14 22:04:32	09:59:32
1	2016-03-14 07:03:00	2016-03-14 13:00:00	2016-03-15 00:44:32	11:44:32
4	2016-03-14 08:11:00	2016-03-14 15:15:00	2016-03-15 04:00:52	12:45:52
2	2016-03-14 07:30:00	2016-03-15 08:00:00	2016-03-15 05:28:52	00:00:00
7	2016-03-14 09:15:00	2016-03-15 18:08:00	2016-03-15 07:42:39	00:00:00

Gambar 5.6 Hasil penjadwalan menggunakan SPT rule

SIMULASI LPT

order	tanggal pemesanan	tanggal pengambilan	selesai pengerjaan	keterlambatan
7	2016-03-14 09:15:00	2016-03-15 18:08:00	2016-03-14 15:23:57	00:00:00
2	2016-03-14 07:30:00	2016-03-15 08:00:00	2016-03-14 17:25:03	00:00:00
4	2016-03-14 08:11:00	2016-03-14 15:15:00	2016-03-14 20:41:23	05:26:23
1	2016-03-14 07:03:00	2016-03-14 13:00:00	2016-03-14 22:59:17	09:59:17
3	2016-03-14 08:07:00	2016-03-14 12:05:00	2016-03-15 01:18:17	13:13:17
6	2016-03-14 09:00:00	2016-03-16 08:00:00	2016-03-15 02:47:03	00:00:00
10	2016-03-14 09:40:00	2016-03-15 15:00:00	2016-03-15 04:21:17	00:00:00
9	2016-03-14 09:30:00	2016-03-17 08:00:00	2016-03-15 05:37:57	00:00:00
5	2016-03-14 08:15:00	2016-03-15 14:10:00	2016-03-15 07:28:37	00:00:00
8	2016-03-14 09:30:00	2016-03-16 08:10:00	2016-03-15 08:10:03	00:00:00

Gambar 5.7 Hasil penjadwalan menggunakan LPT rule

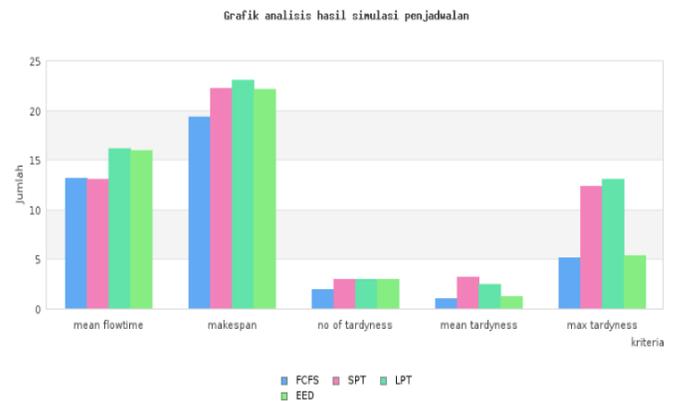
SIMULASI EDD

order	tanggal pemesanan	tanggal pengambilan	selesai pengerjaan	keterlambatan
3	2016-03-14 08:07:00	2016-03-14 12:05:00	2016-03-14 15:06:00	03:01:00
1	2016-03-14 07:03:00	2016-03-14 13:00:00	2016-03-14 17:46:00	04:46:00
4	2016-03-14 08:11:00	2016-03-14 15:15:00	2016-03-14 21:02:20	05:47:20
2	2016-03-14 07:30:00	2016-03-15 08:00:00	2016-03-14 22:30:20	00:00:00
5	2016-03-14 08:15:00	2016-03-15 14:10:00	2016-03-15 00:21:00	00:00:00
10	2016-03-14 09:40:00	2016-03-15 15:00:00	2016-03-15 01:48:56	00:00:00
7	2016-03-14 09:15:00	2016-03-15 18:08:00	2016-03-15 04:07:16	00:00:00
6	2016-03-14 09:00:00	2016-03-16 08:00:00	2016-03-15 05:50:56	00:00:00
8	2016-03-14 09:30:00	2016-03-16 08:10:00	2016-03-15 06:26:56	00:00:00
9	2016-03-14 09:30:00	2016-03-17 08:00:00	2016-03-15 07:43:36	00:00:00

Gambar 5.8 Hasil penjadwalan menggunakan EDD rule

ANALISIS SIMULASI

kriteria	FCFS	SPT	LPT	EDD
mean flowtime	13:24:05	13:18:02	16:25:11	16:04:14
makespan	19:45:43	22:27:39	23:13:37	22:13:36
no of tardyness	2	3	3	3
mean tardyness	01:02:10	03:26:59	02:51:53	01:21:26
max tardyness	05:14:03	12:45:52	13:13:17	05:47:20



Gambar 5.9 Data Hasil evaluasi penjadwalan beserta grafik perbandingan masing-masing rule

5.7 Analisa simulasi

Pada implementasi aplikasi, hasil penjadwalan akan ditampilkan secara keseluruhan menggunakan keempat rule yang digunakan. Pada aplikasi yang dibuat telah disediakan juga fungsi analisis untuk mengevaluasi hasil penjadwalan keempat rule. Analisis dilakukan untuk mengetahui kinerja priority rule yang digunakan terhadap hasil penjadwalan yang didapatkan.

Hasil penjadwalan yang dievaluasi dengan beberapa kriteria parameter meliputi analisis rata-rata flowtime (mean flowtime), makespan, jumlah order yang terlambat (number of tardiness), rata-rata keterlambatan (mean tardiness) serta maksimal keterlambatan. Hasil evaluasi yang didapatkan ditampilkan pada Gambar 5.4.

Berdasarkan gambar grafik tersebut dapat dilihat bahwa FCFS memiliki kinerja paling baik daripada rule lainnya. Pada teorinya rule SPT merupakan rule yang meminimalkan makespan dan flowtime. Akan tetapi pada penelitian ini SPT tidak cukup baik karena waktu kedatangan order tidak bersamaan (dinamik) sehingga menyebabkan adanya delay sebelum pengerjaan dimulai yang menyebabkan nilai makespan dan flowtimenya lebih tinggi, SPT dapat dimaksimalkan jika digunakan pada order yang waktu kedatangan ordernya bersamaan atau tanpa memperhitungkan waktu order. Begitu pula pada

rule LPT. Untuk *rule* EDD nilai mean tardiness dan max tardiness paling kecil sesuai dengan teori *rule* nya.

Akan tetapi pada aplikasi tidak akan dilakukan proses perekomendasi. Hasil penjadwalan dan evaluasi akan ditampilkan secara keseluruhan pada semua hasil *rule*. Untuk pemilihan penjadwalan mana yang akan dipakai diserahkan kepada user karena setiap *priority rule* memiliki kelebihan masing-masing dan kemungkinan hasil evaluasi yang berbeda pada data order yang berbeda bisa saja terjadi.

6. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan telah berhasil dibangun aplikasi penjadwalan proses produksi di perusahaan roti CV. Pantas berdasarkan pemodelan *Petri Net*. Aplikasi yang dibangun berhasil menampilkan hasil penjadwalan dengan alternatif pilihan *priority rule* yang dapat digunakan oleh user dan dapat memberikan informasi tentang lamanya waktu pemrosesan serta keterlambatan yang mungkin terjadi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Narasimhan, S. L. (1995). *Production Planning and Inventory Control*. Prentice-Hall New Jersey.
- [2] Moghaddas, R. Houshmand, M. (2008). Job-Shop Scheduling Problem With Sequence Dependent Setup Times. *Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*.
- [3] Baroto, Teguh. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [4] Wang, Jiacun. *Timed Petri Net : theory And Application*. 2012. Kluwer Academic Publisher.
- [5] Hussin, Mowafak Hassan Abdul. (2014). Petri Net approach to simulate and control of Flexible Manufacturing Systems. *International Journal on Software Engineering*. Volume 119 – No.22, June 2015
- [6] Vinod Das, Bindu Vinod. (2013). Workflow balancing in a manufacturing unit using Petri Net .*International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*
- [7] Anand ,Mullya Satish. Sindhe ,Santosh Krishnaji. (2013). Modeling and Simulation of Job Shop Scheduling Using Petri- Net. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*
- [8] Gradisar, Dejan. Music, Gasper. (2010). Production-process modelling based on production-management data: a Petri net approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*
- [9] Baker, Kenneth R. Trietsch. (2009). *Principles of Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Render, Barry. Heizer, Jay H. (2013). *Operations Management*. Ney Jersey, Prentice Hall Inc.
- [11] Bedworth, D. D., Bailey, J.E. (1987). *Integrated Production Control Systems : Management, Analysis, Design*, 2 ed. John Wiley & Sons, Inc: New York.
- [13] Peterson, James L. (1981). *Petri Net Theory and the Modelling of Systems*. Ney Jersey, Prentice Hall Inc.
- [14] Aalst, W. V. (1996). *Petri Net based Scheduling*. Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology.
- [15] Aalst, W. v., dan Hee, K. v. (2002). *Workflow Management: Models, Methods, and Systems*. London: The MIT Press.
- [16] Palgunadi, Sarngadi. (2013). New algorithms to predict the finish production time of orders (FPTO) in a furniture production system. *Jurnal Informatika IT Smart Vol 3 ISSN 2301-7201*.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR HOUSE PURCHASING USING KNN (K-NEAREST NEIGHBOR) METHOD

Yoga Widiastuti
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta
yogawidiastuti@student.uns.ac.id

Sari Widya Sihwi
Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta
sariwidya@staff.uns.ac.id

Meiyanto Eko Sulistyو
Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A
Surakarta
mekosulistyo@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Every prospective home buyers has their own criteria in selecting home that suit their needs. But many of these criteria are followed by the availability of more than one choice of homes that meet those criteria. Therefore, we need a computerized system that can help them to obtain a good home selection decisions based on their needs. Method used in this research is K-nearest Neighbor (KNN). This paper discusses about recommendation system to select house using 11 kinds of criteria, such as price, location, land area, building area, floor, bedroom, bathroom, maid's room, garage/carport, electric power and water resources. This system also used a geographical information system to display the results in the form of a map. The testing was conducted by 25 users, they tried out the system and filled the satisfaction questionnaire system. The level of satisfaction obtained from two main aspects : result satisfaction and user interface design satisfaction, which is including the usability and the attractiveness system. The results of this tests indicate the level of user satisfaction by 38% very satisfied, 58% satisfied and 4% not satisfied.

Keywords

Decision support system, Geographic Information System, House purchasing, K-nearest Neighbor

1. PENDAHULUAN

Rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk, maka semakin meningkat pula kebutuhan akan tempat tinggal. Peluang ini kemudian dimanfaatkan oleh perusahaan pengembang rumah (*developer*) sebagai pasar yang potensial untuk meraih keuntungan yakni dengan membangun perumahan yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas untuk memenuhi

kebutuhan masyarakat yang memiliki kriteria pemilihan rumah yang beragam. Setiap calon pembeli rumah mempunyai kriteria-kriteria tersendiri dalam memilih rumah, seperti harga, lokasi rumah, luas rumah, desain rumah, lokasi rumah dengan tempat kerja atau sekolah, ketersediaan sarana-sarana penunjang seperti tempat ibadah, pertokoan dan lain sebagainya. Kriteria-kriteria tersebutlah yang mendasari calon pembeli untuk membuat keputusan dalam memilih rumah. Meskipun banyak kriteria yang ditetapkan calon pembeli rumah, kriteria-kriteria tersebut dapat dipenuhi oleh banyak tipe rumah di banyak perumahan.

Untuk itu diperlukan suatu sistem terkomputerisasi yang dapat membantu calon pembeli rumah untuk memperoleh suatu keputusan yang baik yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan calon pembeli tersebut. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang fleksibel, interaktif dan dapat diadaptasi, yang dikembangkan untuk mendukung solusi untuk masalah manajemen spesifik yang tidak terstruktur. Sistem Pendukung Keputusan menggunakan data, memberikan antarmuka pengguna yang mudah dan dapat menggabungkan pemikiran pengambilan keputusan [1]. SPK selain dapat memberikan informasi juga dapat membantu menyediakan berbagai alternatif yang dapat ditempuh dalam proses pengambilan keputusan.

Penelitian ini menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) karena metode ini adalah salah satu metode klasifikasi yang sederhana, tetapi mempunyai hasil kerja yang cukup bagus [2]. KNN melakukan klasifikasi terhadap objek baru berdasarkan data latih yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut [3]. Metode ini juga digunakan dalam penelitian SPK

online berbasis web untuk pemilihan mobil bekas pada tahun 2012 [4]. Sehingga dengan penggunaan metode KNN diharapkan akan dapat memberikan performa klasifikasi yang lebih baik.

Penelitian ini dibuat dengan mengambil studi kasus pembelian rumah pada kompleks perumahan yang berada di wilayah Karesidenan Surakarta yang meliputi wilayah Surakarta, Karanganyar, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Sragen dan Boyolali. Dengan batasan pilihan input lokasi pada titik-titik lokasi penting di wilayah tersebut. Hasil akhir yang didapatkan dari penelitian ini selain ditampilkan dalam bentuk daftar rekomendasi rumah juga akan ditampilkan dalam bentuk peta yang menunjukkan lokasi dari rumah yang direkomendasikan oleh sistem.

2. SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN

SPK merupakan sistem informasi berbasis komputer yang fleksibel, interaktif dan dapat diadaptasi, yang dikembangkan untuk mendukung solusi untuk masalah manajemen spesifik yang tidak terstruktur. Sistem Pendukung Keputusan menggunakan data, memberikan antarmuka pengguna yang mudah dan dapat menggabungkan pemikiran pengambilan keputusan [1].

Tujuan SPK yang harus dicapai yaitu membantu *user* membuat keputusan, mendukung penilaian *user* bukan mencoba untuk menggantikannya, meningkatkan efektifitas pengambilan keputusan *user* [5].

3. K-NEAREST NEIGHBOR (KNN)

KNN merupakan sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek baru berdasarkan data latih yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut [3]. Tujuan algoritma KNN (*K-Nearest Neighbor*) adalah mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan *training sample* [6]. Prinsip kerja KNN (*K-Nearest Neighbor*) adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan dievaluasi dengan K tetangga (*neighbor*) terdekatnya dalam pelatihan [7].

Metode KNN banyak digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya yaitu dapat menghasilkan data yang lebih akurat dan efektif apabila *training* data cukup besar [8]. Namun, metode ini juga mempunyai beberapa kekurangan, seperti biaya komputasi yang cukup tinggi karena diperlukan perhitungan jarak *query instance* pada keseluruhan *training sample* [8].

Langkah-langkah dalam implementasi perhitungan metode *K-Nearest Neighbor* adalah sebagai berikut :

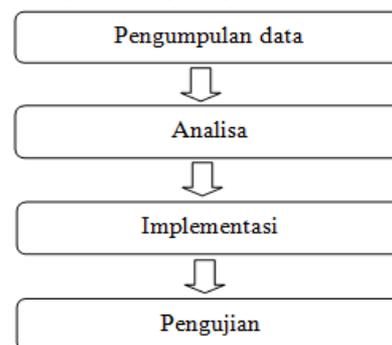
1. Menentukan parameter k (jumlah tetangga terdekat)
2. Menghitung kuadrat jarak euclidean (*euclidean distance*) antara data yang akan dievaluasi dengan semua pelatihan
3. Mengurutkan jarak yang terbentuk (urut naik)
4. Memilih *alternative* jarak terdekat sebanyak k

4. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

Geographic Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis adalah satu sistem berbasis komputer untuk menangkap, menyimpan, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, dan men-*display* data dengan peta digital [9]. Kemampuan dasar dari GIS adalah mengintegrasikan berbagai operasi basis data seperti *query*, menganalisanya serta menampilkannya dalam bentuk pemetaan berdasarkan letak geografisnya. Inilah yang membedakan GIS dengan sistem informasi lain [10].

4. METODOLOGI

Alur penelitian dari penerapan metode KNN pada sistem pendukung keputusan pembelian rumah ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan sebagai data training dalam penelitian ini didapat dari pamflet dan juga dari internet melalui situs jual beli rumah seperti www.rumah123.com, www.rumahtrovit.com dan www.urbanindo.com. Data yang diperoleh adalah sebanyak 175 data

perumahan yang berasal dari 7 wilayah di karisidenan Surakarta.

4.2. Analisa

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan detail/nilai dari kriteria-kriteria yang dibutuhkan pada penelitian berdasarkan hasil dari wawancara dengan beberapa calon *user* dan *developer*. Kriteria diantaranya yaitu :

1. Kriteria Harga, merupakan harga dari rumah.
2. Kriteria Lokasi, lokasi perumahan yang strategis lebih dilirik calon pembeli rumah.
3. Kriteria Luas Bangunan, sebagian calon pembeli rumah menginginkan rumah dengan ukuran luas bangunan tertentu.
4. Kriteria Luas Tanah, sebagian calon pembeli rumah menginginkan rumah dengan luas tanah tertentu.
5. Kriteria Lantai, merupakan jumlah lantai dari rumah.
6. Kriteria Kamar Tidur, calon pembeli rumah menginginkan rumah dengan jumlah kamar tidur yang sesuai dengan kebutuhannya.
7. Kriteria Kamar Pembantu, bagi yang mempunyai asisten rumah tangga menginginkan rumah yang memiliki kamar pembantu.
8. Kriteria Kamar Mandi, calon pembeli rumah menginginkan jumlah kamar mandi yang sesuai dengan kebutuhan.
9. Kriteria Garasi/*carport*, . ada tidaknya garasi/*carport* juga mempengaruhi calon pembeli rumah yang memiliki kendaraan pribadi.
10. Kriteria Daya Listrik, calon pembeli rumah menginginkan rumah yang sudah dilengkapi dengan jaringan listrik.
11. Kriteria Sumber Air, adanya fasilitas sumber air yang bersih dan lancar tentu lebih dipilih.

4.3. Implementasi

Implementasi Sistem Penunjang Keputusan Pembelian Rumah ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Codeigniter, database *MySQL* dan juga Google Maps API.

4.4. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara *user* mencoba sistem yang telah dibuat. Setelah itu dilakukan wawancara dan pengisian angket kepuasan dari sistem. Kepuasan dinilai dari dari dua aspek utama yaitu aspek kepuasan hasil dan aspek kepuasan *User Interface (UI) Design*. Aspek kepuasan hasil meliputi hasil akhir rekomendasi sistem, sedangkan aspek *UI design* meliputi *usability* yakni kepraktisan dan kemudahan penggunaan sistem dan *attractiveness* yakni kemenarikan tampilan sistem baik dari segi warna, *font*, *layout* maupun gambar.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi sudah berjalan dengan baik dan bisa memberikan kepuasan kepada *user*.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Contoh kasus perhitungan manual dengan menggunakan metode KNN dengan inputan data kriteria rumah yang digunakan sebagai data *testing* ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data Kriteria Rumah yang dicari

No	Kriteria	Nilai
1	Harga	500juta – 1 milyar
2	Lokasi	Stasiun Solo Balapan
3	Luas Tanah	100m ² -150m ²
4	Luas Bangunan	100 m ² – 200 m ²
5	Lantai	2
6	Kamar Tidur	3
7	Kamar Pembantu	1
8	Kamar Mandi	3
9	Garasi	2
10	Sumber Air	Sumur
11	Daya Listrik	2200

Gambar 2 Tampilan Form Input Data kriteria Rumah pada Sistem

Pada implementasi sistem, tampilan form input data kriteria rumah ditunjukkan pada Gambar

2. Untuk inputan data kriteria lokasi/alamat dibatasi untuk titik-titik lokasi tertentu yang merupakan titik-titik lokasi penting di wilayah Karesidenan Surakarta saja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

Garmbar 3 Tampilan Pilihan Lokasi pada Sistem

Data sampel perumahan yang akan digunakan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data Sampel Perumahan

Nama	Harga	Alamat	Jarak	Luas Bangunan	Luas Tanah	Lantai	Kamar Tidur	Kamar Pembantu	Kamar Mandi	Garasi/ Carport	Sumber Air	Daya Listrik
Green House Karangasem	900juta	Wonogiri	6053m	140 m ²	151 m ²	2	4	1	4	2	Sumur	2200 watt
Puri Mandiri	200juta	Surakarta	3644m	90 m ²	90 m ²	1	2	0	1	1	PAM	900 watt
Griya Pesona	345juta	Surakarta	9821m	60 m ²	94 m ²	1	2	0	1	1	Sumur	1300 watt
Grand City Park	238juta	Sukoharjo	21534m	40 m ²	100 m ²	1	2	0	1	1	PAM	900 watt
Griya Singopuran	360juta	Karanganyar	8031m	117 m ²	132 m ²	2	3	0	1	1	PAM	900 watt
Griya Keyra	185juta	Wonogiri	8687m	60 m ²	85 m ²	1	3	0	1	1	Sumur	900 watt
Coralia Diamond	720juta	Karanganyar	3062m	120 m ²	150 m ²	2	3	0	2	1	Sumur	2200 watt
Grand Penumping	895juta	Karanganyar	2795m	100 m ²	115 m ²	2	4	0	2	1	PAM	2200 watt
Shafa Residence	320juta	Sukoharjo	4868m	65 m ²	80 m ²	1	2	1	1	2	PAM	900 watt
Graha Permata	125juta	Surakarta	20946m	32 m ²	65 m ²	1	2	0	1	1	PAM	900 watt
Paramita Regency	275juta	Klaten	18567m	50 m ²	140 m ²	1	2	0	1	1	PAM	1300 watt
Pajajaran Town House	811juta	Klaten	3592m	105 m ²	148 m ²	2	4	1	4	2	Sumur	2200 watt
Bale Wening	140juta	Klaten	9220m	36 m ²	72 m ²	1	2	0	1	1	PAM	900 watt
Sumber Baru Regency	750juta	Sragen	4153m	100 m ²	120 m ²	2	3	0	2	2	Sumur	2200 watt
Graha Mandiri	275juta	Sragen	11080m	38 m ²	72 m ²	1	2	0	1	1	PAM	900 watt

Setelah ditentukan data *training* dan data *testingnya*, maka langkah selanjutnya adalah

mempersiapkan data dengan cara melakukan normalisasi data untuk menyamakan format data.

Untuk kriteria yang berupa kategori yaitu lokasi, harga rumah, luas bangunan, luas tanah, sumber air dan daya listrik dilakukan normalisasi dengan fungsi *different from*.

$$Different(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & \text{if } (x_i = y_i) \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \dots (1)$$

Dimana :

x_i = inputan data dari *user*

y_i = data dari database.

Data variabel kategori yang menggunakan normalisasi ini adalah data harga, luas tanah, luas bangunan dan sumber air.

Sedangkan untuk kriteria dengan nilai variabel yang kontinyu yaitu lantai, kamar tidur, kamar mandi, kamar pembantu dan garasi/*carport*

dilakukan normalisasi dengan rumus *min-max normalization*

$$min - max\ normalization = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \dots (2)$$

Dimana :

x = data yang akan dinormalisasikan

$\min(x)$ = nilai minimum dari set data x

$\max(x)$ = nilai maximum dari set data x

Hasil dari proses normalisasi data ini akan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Normalisasi data

Nama	Harga	Jarak	Luas Bangunan	Luas Tanah	Lantai	Kamar Tidur	Kamar Pembantu	Kamar Mandi	Garasi	Sumber Air	Daya Listrik
Green House	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puri Mandiri	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Griya Pesona	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Grand City Park	1	1	1	0	1	0,5	0	0	0	1	1
Griya Singopuran	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Griya Keyra	1	0	1	1	1	0,5	0	0,333333	1	1	1
Coralia Diamond	0	0	0	0	1	1	0	0,333333	1	0	0
Grand Penumping	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Shafa Residence	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Graha Permata	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Paramita Regency	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Pajajaran Town	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bale Wening	1	0	1	1	1	0,5	0	0,333333	1	1	1
Sumber Baru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graha Mandiri	1	1	1	1	-1	-1	0	-0,333333	-1	1	1

Data yang telah dinormalisasi tersebut kemudian dihitung dengan menggunakan metode KNN untuk mendapatkan hasil rekomendasi rumah yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Nilai k yang digunakan adalah 5.

Perhitungan jarak dengan melibatkan data sampel yang telah dinormalisasi pada Tabel 5.2, menggunakan rumus perhitungan jarak *Euclidean distance*, sebagai berikut :

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \dots (5.3)$$

Keterangan:

x_i = Sampel Data

y_i = Data Uji / Testing

i = Variabel Data

d = Jarak

Hasil perhitungan jarak euclidean ditunjukkan pada Tabel 4 berikut

Rekomendasi 4 : Pajajaran Town House
 Rekomendasi 5 : Sumber Baru Regency

Tabel 4 Hasil Perhitungan Jarak *Euclidean*

Perumahan	Jarak Euclidean
Green House Karangasem	1,4525839
Puri Mandiri	2,6664583
Griya Pesona	2,4718414
Grand City Park	2,4207437
Griya Singopuran	2,2605309
Griya Keyra	2,3603201
Coralia Diamond	0,9061518
Grand Penumping	1,4525839
Shafa Residence	2,6664583
Graha Permata	2,8478062
Paramita Regency	2,4310492
Pajajaran Town House	1,4525839
Bale Wening	2,3603201
Sumber Baru Regency	1,4525839
Graha Mandiri	3,9523551

REKOMENDASI RUMAH							
No	Map	Nama	Lokasi	Harga Rumah	LB (m2)	LT (m2)	La
1	📍	Griya Keyra	Gumpang, Kartasura, Su...	185,000,000	60	85	
2	📍	Palem Hijau	Jayan, Blulukun, Coloma...	311,000,000	54	84	
3	📍	Green Garden	Jl. LU Adisucipto, Suraka...	375,000,000	36	84	
4	📍	Graha Safira	Jl. Kyai Mojo, Mojosong...	285,000,000	50	103	
5	📍	Citra Indah	Gumpang, Kartasura, Su...	125,000,000	45	70	

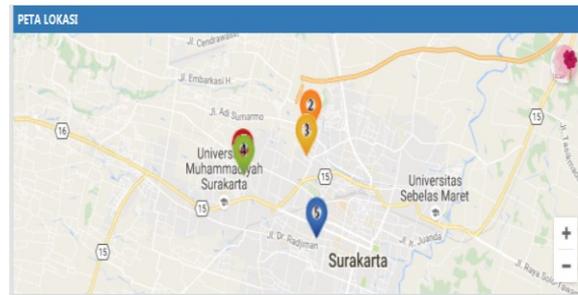
Gambar. 4 Tampilan Hasil Rekomendasi Rumah pada Sistem

Pada sistem, tampilan hasil rumah yang direkomendasikan ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Hasil rekomendasi rumah juga ditampilkan dalam bentuk peta lokasi, dengan tujuan agar dapat memudahkan user mengetahui lokasi dari perumahan tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.

Hasil dari perhitungan jarak Euclidean tersebut kemudian diurutkan berdasarkan jarak yang paling kecil, yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengurutan Data berdasarkan Jarak Paling Kecil

Perumahan	Jarak Euclidean
Coralia Diamond	0,9061518
Green House Karangasem	1,4525839
Grand Penumping	1,4525839
Pajajaran Town House	1,4525839
Sumber Baru Regency	1,4525839
Griya Singopuran	2,2605309
Griya Keyra	2,3603201
Bale Wening	2,3603201
Grand City Park	2,4207437
Paramita Regency	2,4310492
Griya Pesona Krangkungan	2,4718414
Puri Mandiri Wonorejo	2,6664583
Shafa Residence	2,6664583
Graha Permata	2,8478062
Graha Mandiri	3,9523551



Gambar 5 Tampilan Peta Lokasi pada Sistem

6. HASIL PENGUJIAN

Setelah dilakukan pengujian terhadap 25 *user* dengan latar belakang yang ingin membeli rumah, dengan mencoba sistem yang kemudian dilanjutkan dengan mengisi angket kepuasan sistem, hasil yang didapatkan adalah

Tabel 6 Prosentase Tingkat Kepuasan *User*

Kriteria		Sangat Puas	Puas	Tidak Puas
Kepuasan Hasil	Hasil akhir rekomendasi sistem	20%	78%	4%
Kepuasan <i>UI Design</i>	<i>Usability</i>	64%	36%	0%
	<i>Attractiveness</i>	48%	44%	8%
Rata-rata Kepuasan UI Design		44%	52%	4%
Rata-rata Akhir		38%	58%	4%

Dari hasil pengurutan data berdasarkan nilai jarak *Euclidean*, diambil data sejumlah nilai *k*, yaitu 5 yang merupakan data teratas (nilai jarak yang paling kecil). Jadi dari hasil perhitungan diatas, menghasilkan rekomendasi rumah sebagai berikut :

- Rekomendasi 1 : Coralia Diamond
- Rekomendasi 2 : Green House Karangasem
- Rekomendasi 3 : Grand Penumping

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kepuasan *user* terhadap dua aspek pada

adalah 38% sangat puas, 58% puas dan 4% tidak puas.

Untuk pengujian perhitungan dengan metode KNN juga telah dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan excel.

7. KESIMPULAN

Aplikasi SPK pembelian rumah telah dibangun dengan menerapkan metode KNN dengan menggunakan 11 kriteria. Metode KNN diterapkan dengan terlebih dahulu melakukan *preparation data* dengan menggunakan fungsi *different from* dan *min max normalization*.

Pengujian tingkat kepuasan user yang dinilai dari dua aspek yaitu aspek kepuasan hasil dan aspek kepuasan *User Interface (UI) Design*, memperoleh hasil rata-rata tingkat kepuasan *user* sebesar 38% sangat puas, 58% puas dan 4%.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turban, E., Sharda, R. & Delen, D. 2011. *Decision Support and Business Intelligence Systems*, 9th edition. Pearson Education Inc, New Jersey.
- [2] Prasetyo, E. 2012. *Data Mining – Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*, Ed I. Andi, Yogyakarta.
- [3] Mitchell, T. 1997. *Machine Learning*. McGraw-Hill, New York.
- [4] Kaewman, S., Kemsathia, W., Boongmud, O. & Jareanpon, C. 2012. Online Decision Support System of Used car Selection Using K-Nearest Neighbor Technique, *International Journal of Future Computer and Communication*, vol. I, no. 2, August, pp. 164-166.
- [5] Hermawan. 2005. *Membangun Decision Support System*. Andi, Yogyakarta.
- [6] Larose, D.T. 2005. *Discovering Knowledge in Data : An Introduction to Data Mining*, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Rismawan, T., Irawan, A.W., Prabowo, W. & Kusumadewi, S. 2008. Sistem Pendukung Keputusan berbasis Pocket PC Sebagai Penentu Status Gizi Menggunakan Metode KNN (K-Nearest Neighbor), *Jurnal Teknoin*, vol. 12, no. 2, Juni 2008, pp. 1-6.
- [8] Ridok, A. 2010. *Klasifikasi Dokumen Berbahasa Indonesia Menggunakan*

Metode KNN, *Jurnal Pointer Ilmu Komputer*, vol. 1, no 1.

- [9] Turban, E. 1995. *Decision Support Systems and Expert Systems*. Prentice Hall, United States.
- [10] Prahasta, E. 2002. *Konsep-konsep Dasar SIG*. Informatika, Bandung.

Assessment of Work Behavior of Civil Servants in The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University using Mamdani Fuzzy Inference System

Adi Sektiawan
Jurusan Informatika

Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta
adisektiawan@gmail.com

Umi Salamah
Jurusan Informatika

Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta
umisalamah@staff.uns.ac.id

Esti Suryani
Jurusan Informatika

Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta
estisuryani@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Work behavior is part of the performance that addresses the behaviors, attitudes, or actions taken by the Civil Servants. Aspects assessed in work behavior are oriented service, integrity, commitment, discipline, teamwork, and leadership. This value only gives an overview globally, so the process is still a subjective appraisal based assessors. To minimize the element of subjectivity, in this study we will implement Mamdani Fuzzy Inference System that can do the assessment intuitively. In the other word, the assesment can be adapted to human feelings. Rule of assessment built using expert judgment. The results of assessing the work behavior of civil servant using Mamdani Fuzzy Inference System in accordance with the assessment of expert judgment. The results showed that the accuracy system is 80%.

Keywords

Intuitive, Mamdani, work behavior, Rule

1. PENDAHULUAN

Setiap organisasi berusaha meningkatkan kualitasnya demi mencapai kesuksesan, salah satunya diwujudkan dengan melakukan penilaian terhadap kinerja para pegawainya. Begitupun dengan golongan Pegawai Negeri Sipil (PNS) yang juga dituntut untuk terus meningkatkan kualitasnya. Berdasarkan pasal 12 ayat (2) Undang-undang Nomor 43 Tahun 1999 tentang Perubahan Atas Undang-undang Nomor 8 Tahun 1974, tentang Pokok-Pokok Kepegawaian, dinyatakan bahwa untuk mewujudkan penyelenggaraan tugas pemerintahan dan pembangunan diperlukan PNS yang profesional, bertanggung jawab, jujur, dan adil melalui pembinaan yang dilaksanakan berdasarkan sistem prestasi kerja dan sistem karier yang dititikberatkan pada sistem prestasi kerja. Selanjutnya pasal 20 menyatakan bahwa untuk menjamin obyektivitas dalam mempertimbangkan pengangkatan dalam jabatan dan kenaikan pangkat diadakan penilaian prestasi kerja [1].

Prestasi kerja adalah hasil kerja yang dicapai oleh setiap PNS pada suatu satuan organisasi sesuai dengan Sasaran Kerja Pegawai (SKP) dan perilaku kerja (Peraturan Kepala Badan Kepegawaian Negara Nomor 1 Tahun 2013). Penilaian kinerja tersebut (SKP dan Perilaku Kerja) merupakan pengembangan dari Daftar Penilaian Pelaksanaan Pekerjaan

(DP3) yang diharapkan mampu menilai secara efektif Pegawai Negeri Sipil (PNS).

DP3 adalah suatu daftar yang memuat hasil Penilaian Pelaksanaan Pekerjaan seorang Pegawai Negeri Sipil dalam jangka waktu 1 (satu) tahun yang dibuat oleh Pejabat Penilai. Pejabat Penilai adalah atasan langsung Pegawai Negeri Sipil yang dinilai, dengan ketentuan serendah-rendahnya Kepala Urusan atau pejabat lain yang setingkat dengan itu, kecuali ditentukan oleh Menteri, Jaksa Agung, Pimpinan Kesekretaiatan Lembaga Tertinggi/Tinggi Negara, Pimpinan Lembaga Pemerintah Non Departemen, dan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I dalam lingkungannya masing-masing. Tujuan dari Daftar Penilaian Pelaksanaan Pekerjaan, adalah untuk memperoleh bahan-bahan pertimbangan yang obyektif dalam pembinaan Pegawai Negeri Sipil [2].

Beberapa tinjauan terkait DP3, berdasarkan penelitian dari Rosemaryati pada tahun 2006, dikatakan bahwa banyak ketidakjelasan pada sistem penilaian, terutama karena tidak adanya standar kinerja yang jelas, maka seringkali dalam proses penilaian terjadi kesalahan akibat unsur subjektivitas atau penilaian tidak berdasarkan standar tertentu. Hal tersebut dapat diminimalkan apabila dalam proses penilaian diberikan standar yang jelas dan spesifik. Implementasi DP3 pada lingkungan Perguruan Tinggi Badan Hukum Milik Negara (PT-BHMN) di Universitas Sumatra Utara (USU) juga dinilai kurang memuaskan karena tidak adanya standar penilaian maupun standar kinerja untuk masing-masing yang tercantum dalam DP3[3].

Tahun 2013 Perka BKN No.1 tahun 2013 mengeluarkan sistem penilaian baru sebagai evaluasi dari DP3 yang dikenal dengan prestasi kerja PNS. Prestasi kerja PNS terdiri dari dua aspek penilaian yaitu Sasaran Kerja Pegawai (SKP) dan Perilaku Kerja. Sasaran Kerja Pegawai atau disingkat SKP memuat kegiatan tugas jabatan dan target yang harus dicapai dalam kurun waktu penilaian yang bersifat nyata dan dapat diukur. Setiap kegiatan tugas jabatan yang akan dilakukan harus didasarkan pada tugas dan fungsi, wewenang, tanggung jawab, dan uraian tugasnya yang secara umum telah ditetapkan dalam struktur organisasi dan tata kerja (SoTK). Sedangkan untuk poin perilaku kerja sesuai dengan yang tercantum pada Perka BKN no. 1 tahun 2013, karena beberapa "aspek yang dinilai" yaitu orientasi pelayanan, integritas, komitmen, disiplin, kerja sama, dan kepemimpinan dalam kriteria penilaian masih memberikan uraian global tanpa adanya

standar penilaian yang jelas, maka sulit ditentukan sampai sejauh mana kinerja pegawai yang bersangkutan sehingga masih dapat terjadi bias atau penilaian yang berat sebelah yang mana penilaian hanya bersifat kira-kira penilai tanpa dasar yang jelas bila dibandingkan dengan kondisi yang sebenarnya. Untuk itulah kajian penelitian akan difokuskan pada poin perilaku kinerja.

Telah banyak metode yang dikerjakan untuk menilai kinerja. Beberapa metode yang telah diimplementasikan antara lain Penilaian Kinerja Dosen Menggunakan Metode AHP oleh Sestri pada tahun 2013, *Integrated Performance Measurement System (IPMS)* oleh Nurcahyanie pada tahun 2007, *Technique for Others Reference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* oleh Ritonga pada tahun 2013, *Fuzzy logic oleh Baheshti dan Lollar tahun 2008*, dan *fuzzy inference system* oleh Ahmed dkk tahun 2013, *Bhosale dan Kamath* juga di tahun 2013, dan *Gangadhar dan Behera* tahun 2012.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat diketahui metode yang sesuai karena sifatnya yang intuitif yaitu dapat disesuaikan dengan perasaan manusia dan paling sering dipakai untuk perilaku kinerja yang mana sebagian besar datanya bersifat kualitatif adalah *Fuzzy Inference System* dengan metode Mamdani [1]. Sehingga pada kesempatan kali ini penelitian akan menggunakan pendekatan *fuzzy* dengan metode *Fuzzy Inference System* Mamdani untuk melakukan penilaian kinerja pegawai negeri sipil pada kasus perilaku kerja berdasarkan pada variabel yang tercantum dalam Peraturan Kepala Badan Kepegawaian Negara no. 1 tahun 2013.

2. LANDASAN TEORI

Terdapat beberapa teori yang mendukung dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

2.1. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh dan merupakan perlengkapan matematika untuk melakukan komputasi terhadap variabel yang sifatnya tak pasti. Logika *fuzzy* menawarkan soft computing dengan menggunakan kata-kata dan menyediakan teknologi untuk menangani ketidakpastian dan informasi samar. Teori *fuzzy* menyediakan mekanisme untuk merepresentasikan ukuran variabel linguistik seperti “banyak”, “sedikit”, “sedang”, “jarang”, dan sebagainya [4].

2.2. Himpunan Fuzzy

Pada bilangan biner seseorang dengan tinggi diatas 2 meter dapat dikatakan tinggi sedangkan selain itu dikatakan rendah. Sebagai contoh jika tinggi merupakan himpunan yang didefinisikan lebih dari 2 meter maka nilai 1,99 meter akan dianggap rendah oleh perhitungan komputer. Pada perhitungan fuzzy, nilai 1.99 bukan nilai yang dapat dikatakan rendah melainkan tinggi dalam takaran tertentu [5].

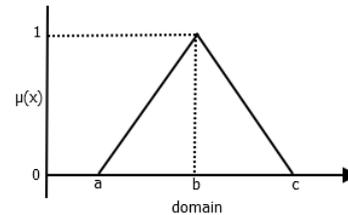
Himpunan fuzzy yang dipakai dalam penelitian ada lima yaitu sangat kurang, kurang, cukup, baik, dan sangat baik menyesuaikan dengan aturan perka BKN No.1 tahun 2013.

2.3. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menunjukkan hubungan antara input dengan derajat keanggotaan. Beberapa fungsi yang dipakai dalam penelitian antara lain [6].

a. Fungsi keanggotaan triangular

Fungsi keanggotaan triangular terbentuk oleh tiga parameter a, b, dan c, dapat dilihat pada Persamaan 3.



Gambar 2.1 Fungsi Keanggotaan Linear

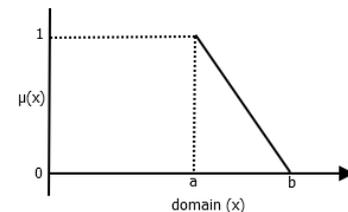
$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Fungsi keanggotaan triangular dipakai untuk merepresentasikan daerah pada himpunan tengah yaitu pada himpunan baik, cukup, dan kurang.

b. Fungsi keanggotaan linear

Ada dua bentuk fungsi keanggotaan linear yaitu fungsi keanggotaan linear naik dan turun. Berikut di bawah ini merupakan fungsi linear dari masing-masing bentuk :

a. Fungsi keanggotaan linear turun



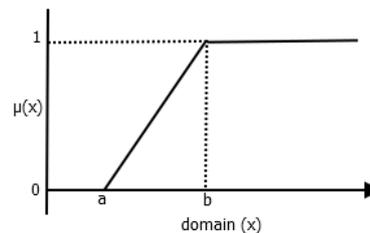
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Linear Turun

Fungsi keanggotaan linear turun terbentuk oleh dua parameter : a dan b sebagai berikut :

$$\mu(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq c \end{cases} \quad (2.4)$$

Fungsi keanggotaan linear turun pada penelitian dipakai untuk merepresentasikan daerah pada himpunan ujung bawah yaitu pada himpunan sangat kurang.

b. Fungsi keanggotaan linear naik



Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan Linear Naik

Fungsi keanggotaan linear naik juga terbentuk oleh dua parameter : a dan b sebagai berikut :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

Fungsi keanggotaan linear naik dalam penelitian dipakai untuk merepresentasikan daerah pada himpunan ujung atas yaitu pada himpunan sangat baik.

2.4. Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani

Metode Mamdani merupakan metode inferensi *fuzzy* yang paling sering digunakan. proses *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Mamdani pada tahun 1976 untuk mengendalikan pabrik semen. sejak saat itu kontrol menggunakan *fuzzy* mulai dikenal dimulai dari Jepang hingga ke seluruh dunia. Upaya Mamdani tersebut berdasar teori Zadeh tahun 1973 dalam “*fuzzy algorithms for complex systems and decision processes*” [7].

Inferensi Mamdani tersebut merupakan toolbox dari logika *fuzzy* yang memproses input bilangan *crisp* ke dalam fungsi keanggotaan untuk dijadikan himpunan *fuzzy*. Setelah proses agregasi, ada beberapa himpunan *fuzzy* dari tiap variabel yang perlu di defuzzifikasi. Proses tersebut sangat berguna, dan di banyak kasus dianggap lebih efisien, untuk menggunakan nilai tunggal sebagai output dari fungsi keanggotaan dari pada satu himpunan *fuzzy*. Nilai tunggal tersebut sering disebut sebagai fungsi keanggotaan output tunggal, dan dapat dianggap sebagai himpunan *fuzzy* pra-defuzzifikasi. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi dari proses defusifikasi karena mampu menyederhanakan perhitungan untuk melakukan pencarian centroid dari fungsi dua dimensi [1].

Sistem yang dikerjakan dalam penelitian meliputi fuzzifikasi dari rata-rata keseluruhan skor pada setiap sub variabel, evaluasi aturan dari beberapa sub variabel, agregasi, dan defuzzifikasi.

2.5. Variabel

Variabel input bersumber dari Perka BKN no. 1 tahun 2013 yaitu orientasi pelayanan, integritas, komitmen, disiplin, kerja sama, dan kepemimpinan. Penjelasan untuk masing-masing variabel sebagai berikut.

1. Orientasi pelayanan

Orientasi pelayanan merupakan aspek mengenai seberapa jangkauan pegawai negeri sipil (PNS) mampu menyelesaikan tugas pelayanan dengan sebaik-baiknya dengan sikap sopan dan sangat memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi.

2. Integritas

Integritas merupakan penilaian terhadap sikap-sikap antara lain jujur, ikhlas, dan tidak pernah menyalahgunakan wewenangnya serta berani menanggung resiko dari tindakan yang dilakukannya.

3. Komitmen

Komitmen merupakan kinerja PNS yang berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), Bhineka Tunggal Ika dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan dari pada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai tugas, fungsi, dan tanggung jawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi dimana ia bekerja.

4. Disiplin

Disiplin merupakan aspek menaati peraturan perundang-undangan dan /atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa tanggung jawab dan selalu menaati ketentuan jam kerja

serta mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakannya dengan sebaik-baiknya.

5. Kerja sama

Kerja sama merupakan aspek yang dinilai berdasarkan bagaimana PNS bekerja sama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta menghargai dan menerima pendapat orang lain, bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama.

6. Kepemimpinan

Kepemimpinan merupakan aspek mengenai sikap bertindak tegas dan tidak memihak, memberikan teladan yang baik, kemampuan menggerakkan tim kerja untuk mencapai kinerja yang tinggi, mampu menggugah semangat dan menggerakkan bawahan dalam melaksanakan tugas serta mampu mengambil keputusan dengan cepat dan tepat.

Selain variabel yang tercantum dalam Perka BKN No.1 tahun 2013, beberapa variabel lain yang dapat mendukung penilaian kinerja yang diperoleh dari Drs Pangadi, M.Si sebagai pakar antara lain sebagai berikut.

1. Penilaian Pelayanan

Penilaian pelayanan dikerjakan dengan mengamati secara langsung kegiatan pelayanan mencakup antara lain :

- pengembangan referensi kuliah
- kemampuan mengakses journal nasional dan internasional
- penguasaan bidang keahlian, kekeluargaan wawasan keilmuan
- keteraturan dan ketertiban penyelenggaraan perkuliahan
- kearifan dalam mengambil keputusan
- keterampilan dalam mengajar
- kemampuan dalam memberikan penilaian

2. Kompetensi Pedagogis

Pedagogis dapat diartikan sebagai suatu cara yang dilakukan dosen dalam mendidik muridnya. Pedagogis masuk dalam kompetensi dosen karena merupakan salah satu aspek penting dalam penilaian pelayanan terhadap peserta didik. Inputan data nilai pedagogis diambil dari data penilaian di fakultas.

3. Pengamatan Perilaku Integritas

Variabel integritas mempunyai dua sub variabel yaitu pengamatan perilaku dan catatan sekitar. Integritas sering diartikan sebagai satunya pikiran, perkataan dan perbuatan. Hingga saat ini menilai integritas masih termasuk hal yang sulit. Sebagai contoh menjanjikan sesuatu, namun praktek di lapangan berbeda, untuk itulah praktek pengamatan integritas lebih efektif dilakukan secara langsung dengan mengamati perilaku sehari-hari.

4. Track Record

Track record yaitu sistem penilaian integritas dengan menganalisa untuk mengetahui apakah yang bersangkutan pernah melanggar peraturan apapun pada pekerjaan sebelumnya. Cara yang dipakai dalam penelitian untuk sub variabel track record yaitu dengan melakukan pengamatan pada hasil kerja dari kegiatan satu tahun sebelumnya apakah yang bersangkutan memperbaiki kesalahannya atau tidak dengan demikian sifat penilaian ini dapat terus diperbaharui.

5. Absensi Mengikuti Upacara

Upacara merupakan wujud komitmen terhadap peraturan sesuai SKP yang berdasar pancasila dan UUD dengan banyak dasar hukum, penilaian dilakukan dari absensi keikutsertaan.

6. Kehadiran Rapat Jurusan

Organisasi merupakan bentuk persatuan / perserikatan untuk mencapai tujuan bersama. Untuk itulah organisasi membutuhkan rapat sebagai sarana komunikasi dan evaluasi. Sumber penilaian diambil dari absensi rapat.

7. Absensi Mengajar

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia, absensi berarti ketidakhadiran dengan demikian absensi dipakai untuk menunjukkan kedisiplinan dalam hal keikutsertaan.

8. Penilaian Kedisiplinan

Kedisiplinan dapat dilihat dari perilaku keseharian, untuk itulah penilaian dapat dilakukan secara langsung dari pengamatan. Beberapa kriteria yang diusulkan yaitu :

- a. datang ke kantor dengan tertib, tepat waktu dan teratur
- b. berpakaian rapi di tempat kerja
- c. menggunakan perlengkapan kantor dengan hati-hati
- d. mengikuti cara kerja yang ditentukan oleh organisasi
- e. memiliki tanggung jawab

9. Penilaian Perilaku Kerja Sama

Variabel kerja sama mempunyai dua sub variabel yaitu penilaian perilaku dan pikiran negatif. Perilaku menentukan bagaimana kerja sama akan berlangsung, Beberapa kriteria kerja sama yang diusulkan yaitu :

- a. kepercayaan antar anggota
- b. mempersiapkan debat yang sehat
- c. mau menjalankan keputusan dan rencana yang telah dibuat
- d. menjaga jalannya rencana fokus untuk mencapai tujuan bersama

10. Pikiran Negatif dalam Kerja Sama

Dampak buruk dari mudahnya kita berpikir negatif adalah sulitnya kita menerima pendapat orang lain, sulit menerima hal baru, sulit bersosialisasi, dan sering muncul sebagai pribadi yang kurang menarik untuk diajak kerjasama. Kriteria seseorang berpikiran negatif antara lain :

- a. merasa putus asa untuk melakukan perubahan
- b. menghancurkan semangat (dengan menampakkan ketidakmungkinan pada rencana)
- c. bereaksi kuat (untuk menolak) terhadap pemecahan masalah atau perubahan perubahan proses
- d. jenis orang yang perilakunya terlihat lebih pahit dan tak berharapan dibanding dengan pengeluh

11. Penilaian Kepemimpinan dengan standar aspek kepemimpinan

Variabel kepemimpinan mempunyai dua sub variabel yaitu aspek kepemimpinan dan penilaian kepemimpinan. Aspek yang diusulkan dalam menilai suatu kepemimpinan yaitu:

- a. Rasionalitas, diukur dari sisi manfaat maksimum, ketepatan pemilihan alternatif, dan kepastian penetapan skala prioritas dalam merealisasikan visi dan misi organisasi.
- b. Relevansi, diukur dari tingkat kesesuaiannya dengan tujuan dan dan kebutuhan organisasional
- c. Kepuasan, diukur dari tingkat penerimaan *stakeholder*, dampak positif dari keputusan serta komitmen semua pihak dalam mengimplementasikannya.
- d. Fleksibilitas, diukur dari kesesuaiannya dengan situasi yang dihadapi dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan.
- e. Komprehensif, aspek komprehensif dapat diukur dari keluasan cakupan permasalahan yang dapat diatasi.

12. Penilaian Kepemimpinan

Sub variabel penilaian kepemimpinan diperoleh dari pengalaman pakar yang dapat melengkapi aspek kepemimpinan.

Variabel pendukung yang diperoleh dari pakar tersebut akan dipakai sebagai sub variabel yang mendukung variabel Perka BKN No.1 tahun 2013 untuk memperjelas kriteria penilaiannya.

3. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1. Studi Pustaka

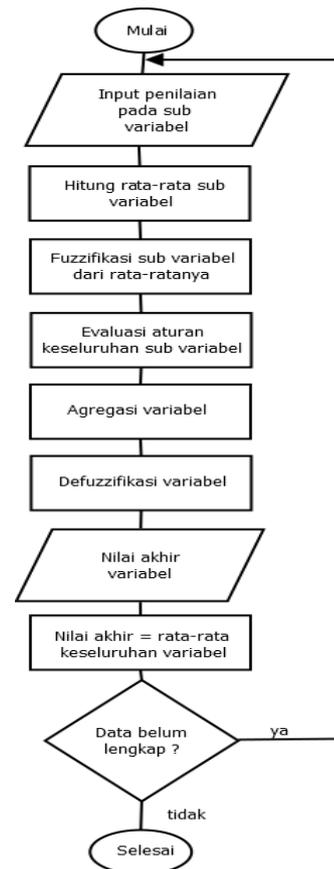
Studi pustaka ini dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai objek yang akan dikaji dari sumber-sumber terkait serta untuk memperoleh kebenaran prosedur pengerjaan dalam pembuatan aplikasi. Adapun informasi yang diperoleh untuk dipelajari adalah mengenai prestasi kerja Pegawai Negeri Sipil (PNS) pada poin penilaian kinerjanya. Penelitian ini juga didukung oleh jurnal-jurnal penelitian terkait yang pernah dilakukan.

3.2. Pengumpulan Data

Data-data tentang aspek yang dinilai dari dosen diperoleh dari wawancara dengan Drs Pangadi,M.Si selaku pakar yang sudah lama menjadi salah satu pengagas bidang Program Pembinaan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Universitas Sebelas Maret.

3.3. Perancangan Sistem

Diagram alur setiap satu proses penilaian pada penilaian kinerja dosen di Fakultas MIPA UNS yang akan dibangun ditunjukkan pada Gambar 3.1.

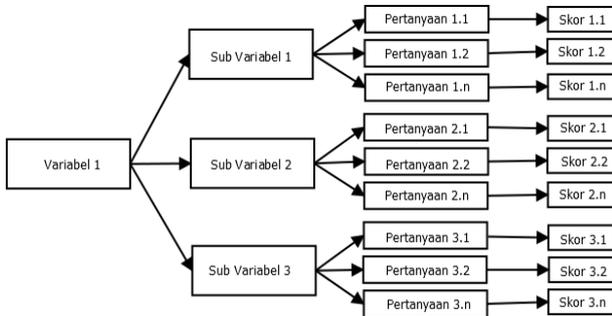


Gambar 3.1 Perancangan Sistem dengan Metode Mamdani

Penjelasan dari diagram alur penilaian kinerja dosen di Fakultas MIPA UNS adalah sebagai berikut :

a. Input Penilaian

Sistem yang dibangun terdiri dari beberapa variabel yang diambil dari prestasi kerja PNS poin Perilaku Kerja dalam Perka BKN No.1 tahun 2013. Satu variabel memiliki beberapa sub variabel. Dari sub variabel terdapat beberapa pertanyaan. Input penilaian dilakukan dengan memberikan skor ke dalam pertanyaan-pertanyaan tersebut.



Gambar 3.2. Lokasi Input Penilaian

Keterangan Gambar 3.2 :

- Pertanyaan 1.1 : pertanyaan pertama dari sub variabel 1
- Pertanyaan 1.2 : pertanyaan kedua dari sub variabel 1
- Pertanyaan 1.n : pertanyaan ke-n dari sub variabel 1
- Skor 1.1 : skor dari pertanyaan pertama pada sub variabel 1
- Skor 1.2 : skor dari pertanyaan kedua pada sub variabel 1
- Skor 1.n : skor dari pertanyaan ke-n pada sub variabel 1

Keseluruhan variabel dan sub variabel yang direncanakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variabel dan Sub Variabelnya

Variabel	Sub Variabel
Orientasi pelayanan	Penilaian pelayanan
	Kompetensi pedagogis
Integritas	Pengamatan perilaku
	<i>Track record</i>
Komitmen	Mengikuti upacara
	Kehadiran rapat jurusan
Disiplin	Absensi mengajar
	Penilaian kedisiplinan
Kerja sama	Penilaian perilaku
	Pikiran negatif
Kepemimpinan	Penilaian kepemimpinan
	Aspek kepemimpinan

b. Fuzzifikasi

Setelah input penilaian yaitu menjumlah keseluruhan skor yang terdapat dalam satu sub variabel kemudian hasil penjumlahan tersebut dirata-rata. Setelah skor dirata-rata, langkah selanjutnya yaitu proses fuzzifikasi. Skor hasil rata-rata diproses dengan rumus fungsi keanggotaan triangular mengacu ke Persamaan 2.3, 2.4, dan 2.5. Dari proses

fuzzifikasi inilah didapatkan nilai-nilai derajat keanggotaan per sub variabel.

c. Evaluasi Aturan

Evaluasi aturan dilakukan dengan memberikan rules pada semua sub variabel dalam satu variabel yang sama. Derajat keanggotaan yang diperoleh dari fuzzifikasi dikombinasikan menggunakan operasi AND mengacu ke Persamaan 2.6. Penentuan rules untuk kombinasi diperoleh dari pakar. Dari proses evaluasi aturan diperoleh derajat keanggotaan terkecil dari keseluruhan kombinasi derajat keanggotaan.

d. Agregasi

Setelah evaluasi aturan, proses selanjutnya yaitu menyatukan semua derajat keanggotaan dalam satu variabel dengan aturan MAX (mengacu pada Persamaan 2.7). dari proses agregasi diperoleh gabungan derajat keanggotaan terbesar variabel.

e. Defuzzifikasi

Setelah proses agregasi dilanjutkan dengan defuzzifikasi. Hasil gabungan derajat keanggotaan yang diperoleh dari agregasi diproses menggunakan metode Center of Gravity (CoG) mengacu pada Persamaan 2.10. Hasil dari proses defuzzifikasi merupakan nilai dari satu variabel. Nilai keseluruhan variabel diperoleh dengan menghitung rata-rata tiap-tiap variabel. Penilaian dapat dikerjakan dengan menunda beberapa skor yang belum diketahui dan mengisi yang sudah diketahui terlebih dahulu, untuk itulah perulangan perhitungan dikerjakan ketika ada skor yang diinputkan dan diproses per variabel.

3.4. Pengujian Sistem

Skenario pengujian dikerjakan dengan memberikan beberapa sampel percobaan ke pakar secara manual. Data manual yang telah diisi dipakai sebagai pembanding dengan data yang diinputkan ke sistem dengan kisaran nilai yang sama. Besar perbedaan yang terjadi antara perhitungan pakar secara manual dengan perhitungan sistem dipakai sebagai efektifitasnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil dari penelitian penilaian perilaku kerja PNS dengan FIS Mamdani yang telah dilakukan sebagai berikut.

4.1.1. Konstruksi

Metode Mamdani terdiri dari beberapa langkah untuk untuk mendapatkan nilai output crisp yaitu pembentukan himpunan fuzzy (fuzzifikasi), evaluasi aturan, agregasi, dan penegasan (defuzzifikasi). Variabel input penilaian kinerja sendiri mempunyai batas nilai himpunan, yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, dan sangat kurang. Rentang batasan nilai yang dibuat dalam sistem diperoleh dari perka BKN No.1 tahun 2013 dan pakar. Tabel 4.2 merupakan penjabaran batasan nilai dari masing-masing himpunan.

Tabel 4.1. Batas Nilai Sub Variabel

Himpunan	Rentang Nilai
Sangat baik	80-100
Baik	70-90
Cukup	55-75
Kurang	45-60
Sangat kurang	55 ke bawah

4.1.2. Fungsi Keanggotaan

Sub variabel dari penilaian pelayanan hingga penilaian kepemimpinan menggunakan fungsi keanggotaan yang sama. Fungsi derajat keanggotaan linear turun digunakan untuk merepresentasikan himpunan fuzzy rendah dan fungsi derajat keanggotaan linear naik untuk himpunan fuzzy tinggi. Fungsi derajat keanggotaan segitiga digunakan untuk merepresentasikan himpunan fuzzy normal. Bentuk representasinya terlihat pada Persamaan 4.0.

$$\mu(x)_{sangat_kurang} = \begin{cases} 1; & x < 50 \\ \frac{(55-x)}{(55-50)}; & 50 \leq x < 55 \\ 0; & x \geq 55 \end{cases}$$

$$\mu(x)_{kurang} = \begin{cases} 0; & x < 50 \text{ atau } x > 60 \\ \frac{(x-50)}{(55-50)}; & 50 \leq x < 55 \\ \frac{(60-x)}{(60-55)}; & 55 \leq x < 60 \end{cases}$$

$$\mu(x)_{cukup} = \begin{cases} 0; & x < 55 \text{ atau } x > 75 \\ \frac{(x-55)}{(70-55)}; & 55 \leq x < 70 \\ \frac{(70-x)}{(75-70)}; & 70 \leq x < 75 \end{cases}$$

$$\mu(x)_{baik} = \begin{cases} 0; & x < 70 \text{ atau } x > 90 \\ \frac{(x-70)}{(75-70)}; & 70 \leq x < 75 \\ \frac{(90-x)}{(90-75)}; & 75 \leq x < 90 \end{cases}$$

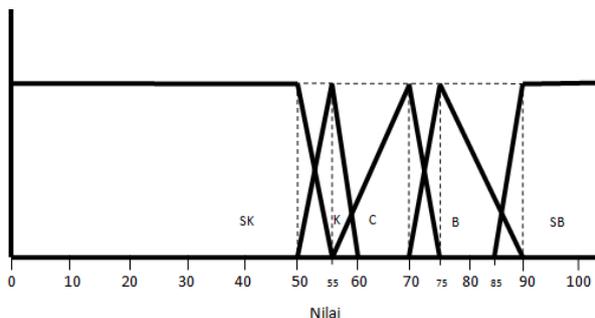
$$\mu(x)_{sangat_baik} = \begin{cases} 0; & x < 85 \\ \frac{(x-85)}{(90-85)}; & 85 \leq x < 90 \\ 1; & x \geq 90 \end{cases}$$

4.1.3. Penentuan Rule

Secara umum, rules dibuat oleh pakar. Rules berupa pertanyaan kualitatif yang ditulis dalam bentuk if – then, sehingga mudah dimengerti. Rules pada setiap sub variabel diperoleh dari Drs Pangadi,M.Si selaku lektor kepala yang telah lama menangani masalah bidang kinerja di Fakultas MIPA UNS. Variabel orientasi pelayanan hingga kepemimpinan menggunakan dua sub variabel yang mana masing-masing variabel mempunyai 25 rules dari kombinasi sub variabelnya.

4.1.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dikerjakan dengan melakukan perbandingan antara sampel data yang diujikan ke pakar secara manual dengan perhitungan sistem. Nilai manual merupakan nilai perhitungan yang dikerjakan oleh pakar sedangkan nilai sistem merupakan nilai yang diproses dengan FIS.



Gambar 4.14. Daerah Keanggotaan

Setelah diperoleh nilai perhitungan dari pakar dan nilai hasil perhitungan sistem, langkah selanjutnya yaitu melakukan perbandingan dari dua hasil nilai tersebut untuk mengetahui seberapa besar perbedaan yang ditunjukkan. Hasil penilaian dari pakar dan sistem untuk 10 sampel pertama dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Perbandingan Penilaian Pakar dengan Perhitungan Sistem

	Nilai Manual	Kategori Nilai Hasil Manual	Nilai Sistem	Kategori Nilai Hasil Sistem
Peg.A	82,25	Baik	83,34	Baik
Peg.B	74,42	Cukup	72,44	Cukup
Peg.C	82,08	Baik	81,44	Baik
Peg.D	75,33	Cukup	74,95	Cukup
Peg.E	72,33	Cukup	69,94	Cukup
Peg.F	78,67	Baik	77,04	Baik
Peg.G	71,5	Cukup	70,78	Cukup
Peg.H	73,17	Cukup	72,03	Cukup
Peg.I	80,75	Baik	79,35	Baik
Peg.J	72,5	Cukup	69,95	Cukup

4.2. Pembahasan

Pembahasan dari penelitian penilaian perilaku kerja PNS dengan FIS Mamdani yang telah dilakukan yaitu bahwa perhitungan yang dikerjakan oleh sistem terhadap pakar menghasilkan perbedaan tipis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Perbedaan yang terjadi ditunjukkan pada Pegawai 4, Pegawai 5, dan Pegawai 10. Pegawai 4 pada perhitungan pakar menghasilkan Nilai “75,33” jika dimasukkan ke dalam himpunan maka nilai tersebut masuk ke dalam himpunan baik secara murni sedangkan perhitungan pada sistem menghasilkan 74,95 yang mana masuk dalam himpunan persimpangan cukup dan baik. Pegawai 5 pada perhitungan pakar menghasilkan Nilai “72,33” jika dimasukkan ke dalam himpunan maka nilai tersebut masuk ke dalam himpunan cukup dan baik sedangkan perhitungan pada sistem menghasilkan 69,94 yang mana masuk dalam himpunan cukup. Pegawai 10 pada perhitungan pakar menghasilkan Nilai “72,5” jika dimasukkan ke dalam himpunan maka nilai tersebut masuk ke dalam himpunan cukup dan baik sedangkan perhitungan pada sistem menghasilkan 69,95 yang mana masuk dalam himpunan cukup. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai yang dihasilkan sistem masih termasuk dalam himpunan nilai yang dihitung secara manual oleh pakar.

Berdasarkan data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa keakuratan sistem dari 50 perbandingan antara sistem dan pakar menghasilkan 40 nilai benar. Berdasarkan hasil tersebut maka sistem penilaian perilaku kerja PNS dapat diterapkan menggunakan FIS Mamdani.

Analisis kesalahan yang terjadi pada pengujian sistem dengan 50 sampel perbandingan penilaian pakar dengan sistem sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Analisis Kesalahan} &= \frac{\text{Benar}}{\text{Nilai}} \times 100\% \\
 &= \frac{40}{50} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Fuzzy Inference System* dengan metode Mamdani dapat diimplementasikan untuk menilai kinerja dosen di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret dengan kriteria variabel yang berasal dari Peraturan Badan Kepegawaian Negara no. 1 tahun 2013. Proses untuk mengurangi subjektivitas dikerjakan dengan dasar pertimbangan pakar yang diimplementasikan dalam bentuk *rule*. Selain itu inputan yang digunakan bukan hanya penilaian kualitatif tetapi juga data-data kuantitatif yang diupload ke dalam sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keakuratan sistem sebesar 80%.

5.2. Saran

Masih terdapat beberapa kekurangan yang sekiranya dapat ditambahkan dalam pembuatan sistem, untuk itulah penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Output dari implementasi sistem berupa diagram dan tabel dapat ditingkatkan dengan menambahkan rincian history data anggota untuk evaluasi peningkatan kualitas per periode perhitungan.
2. Kesalahan yang terjadi pada sistem dapat diperkecil dengan menghitung defuzzifikasi menggunakan pendekatan kontinu. Dalam penelitian menggunakan pendekatan diskrit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Peraturan Kepala Badan Kepegawaian Negara Nomor 1 Tahun 2013, Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2011 Tentang Penilaian Prestasi Kerja Pegawai Negeri Sipil, Percetakan Negara, Jakarta.
- [2]. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 10 tahun 1979, *Penilaian Pelaksanaan Pekerjaan Pegawai Negeri Sipil*, Percetakan Negara, Jakarta.
- [3]. Sumartoni, E 2007, 'Pengembangan Model Penilaian Kinerja Pegawai Non Akademik di Lingkungan Kantor Pusat Administrasi Universitas Sumatera Utara', tesis MT, Universitas Sumatera Utara.
- [4]. Sivanandam, SN, Deepa, SN, & Sumathi, S 2007, *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*, Combatore, India.
- [5]. Ross, TJ 2010, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 3th edn, University of New Mexico, USA
- [6]. Kusumadewi, S & Purnomo, H 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Edisi 2. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7]. Siller, W & Buckley, JJ 2005, *Fuzzy Expert System and Fuzzy Reasoning*, University of Alabama, Birmingham.

Volume 5. Nomor 1. Juni 2016

- Decision Support Systems For the Selection of Outstanding Students by Using Analytic Hierarchy Proses Method (Case Study: LKP El-Rahma Samarinda). 1 – 6
Heliza Rahmania Hatta, Dyna Marisa Khairina, Rizky Amaliya
- Decision Support Systems to Determine the Location of Business Branches Using AHP method and Map Visualization (Case Study Toko Ivo Busana Padang). 7 – 15
Nanda Farhanah, Bambang Harjito, Rini Anggrainingsih
- Identification of Parasite Pasmodium SP. on Thin Blood Smears With Rule-Based Method. 16 – 24
Faisal Dharma Adhinata, Esti Suryani, Paramasari Dirgahayu
- Implementation Markerless Augmented Reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University. 25 – 33
Rizal Kusumajati Nugroho, Afrizal Doewes, Abdul Aziz
- Job Shop Scheduling Problem Modelling using Petri Net for making the Application of Scheduling Production Simulation. 34 – 42
Indah Puspitasari, Sarngadi Palgunadi, Rini Anggrainingsih
- Decision Support System for House Purchasing using KNN (K-Nearest Neighbor) Method. 43 – 49
Yoga Widiastuti, Sari Widya Sihwi, Meiyanto Eko Sulistyio
- Assessment of Work Behavior of Civil Servants in The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University using Mamdani Fuzzy Inference System. 50 – 56
Adi Sektiawan, Umi Salamah, Esti Suryani

Diterbitkan oleh :

Program Studi Informatika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan Surakarta 57126 Indonesia
Telp. 62-271-663451, Fax. 62-271-663451
Jurnal Online : <https://jurnal.uns.ac.id/itsmart>
email : itsmart_uns@yahoo.co.id



ISSN : 2301-7201