

Implementasi K-Nearest Neighbor Untuk Prototype Sistem Pakar Identifikasi Dini Penyakit Jantung

K-Nearest Neighbor for Prototype Expert System for Early Identification of Heart Disease

Tb Ai Munandar¹, Agus Qomaruddin Munir²

¹Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Jl. Raya Perjuangan Bekasi Utara, Kota Bekasi, Jawa Barat 17121, INDONESIA

²Teknologi Informasi Fakultas Sains & Teknologi Universitas Respati Yogyakarta

Jl. Laksda Adisucipto KM.6,3, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, INDONESIA

tb.aimunandar@dsn.ubharajaya.ac.id, agusqmnr@gmail.com

INTISARI

Penyakit jantung dapat menyerang siapa saja, di segala usia, jenis kelamin, pekerjaan maupun gaya hidup. Belum meratanya dokter spesialis penyakit jantung di berbagai wilayah, menyebabkan penyakit ini masih menjadi salah satu penyebab tingginya kematian pasien. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternative lain dalam upaya identifikasi dini penyakit jantung akibat kurang meratanya dokter spesialis jantung di berbagai wilayah. Prototype system dikembangkan sebagai alat bantu sederhana identifikasi penyakit jantung. Data electrocardiogram pasien penyakit jantung digunakan sebagai data klasifikasi jenis penyakit jantung dan dianalisis menggunakan pendekatan k-nearest neighbor. Penelitian ini berhasil membuat prototype system pakar yang mampu mengkalsifikasi penyakit cardiovascular berbasis web sehingga diharapkan mampu meningkatkan layanan kesehatan khususnya untuk penanganan pasien penyakit jantung. Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa k-nearest neighbor memiliki tingkat akurasi sebesar 70.40%, lebih tinggi dibandingkan dengan teknik lainnya yakni naïve bayes, algoritma C45 dan multi class classifier meta.

.Kata kunci — penyakit jantung, electrocardiogram, k-nearest neighbor, prototype, sistem pakar

ABSTRACT

Heart disease can affect anyone of all ages, genders, occupations and lifestyles. The uneven distribution of specialists in heart disease in various regions has caused this disease still to be one of the causes of high patient mortality. This study aims to provide another alternative to determine the initial illness due to the uneven distribution of cardiologists in various regions. The prototype system was developed as a simple tool for heart disease. Electrocardiogram data of heart disease patients were used as data for the classification of disease types and analysis using the k-nearest neighbor approach. This study succeeded in making a prototype system capable of classifying web-based heart disease experts so that it is expected to be able to improve health services, especially for the treatment of heart disease. The results also explain that the k-nearest neighbor has an accuracy rate of 70.40%, higher than other techniques, namely naïve Bayes, C45 algorithm and multi-classifier meta.

Kata kunci — heart disease, electrocardiogram, k-nearest neighbor, prototype, expert system

I. PENDAHULUAN

Penyakit jantung merupakan salah satu penyebab kematian dengan rating yang cukup tinggi. Sulitnya identifikasi dini penyakit jantung serta kurang meratanya ketersediaan dokter spesialis jantung, menyebabkan penyakit ini masih menjadi salah satu faktor penyebab kematian yang tinggi.

Perkembangan teknologi informasi dan ilmu komputasi, telah membuka peluang yang sangat besar untuk menjadi bagian dari solusi alternatif penyelesaian masalah terkait sulitnya identifikasi penyakit jantung.

Berbagai aplikasi dan analisis untuk alternatif identifikasi penyakit jantung berbasis komputasi sudah banyak dilakukan. Seperti dalam penelitian [1] dan [2]. Ada banyak teknik dalam ilmu komputasi yang dapat diterapkan untuk identifikasi maupun klasifikasi penyakit jantung, salah satunya adalah k-nearest neighbor.

K-nearest neighbor merupakan teknik klasifikasi data berdasarkan jarak terdekat terhadap suatu objek. Prinsip kerjanya adalah mencari jarak terdekat antara data yang

dievaluasi dengan k tetangga terdekatnya pada data latih.

Penggunaan teknik k -nearest neighbor pada penelitian ini lebih kepada kesederhanaan penanganan hasil serta tingkat akurasi yang cukup baik jika dibandingkan dengan pendekatan lain. Selain itu, teknik k -nearest neighbor mampu mengatasi data noisy serta efektif digunakan untuk data yang sangat besar.

Beberapa penelitian banyak menggunakan teknik k -nearest neighbor misalnya untuk riset bidang kesehatan, seperti klasifikasi penyakit jantung melalui seleksi fitur nilai Gain [1], penyakit difteri [3], klasifikasi penyakit diabetes melitus [4] dan klasifikasi kerusakan tulang belakang [5]. Selain dibidang kesehatan, k -nearest neighbor juga banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan riset seperti klasifikasi fungsi senyawa aktif [6], klasifikasi dokumen twitter untuk mengidentifikasi karakter dari calon karyawan [7], klasifikasi artikel berbahasa indonesia [8], klasifikasi predikat prestasi mahasiswa [9], klasifikasi kualitas air bersih [10], serta masih banyak riset lainnya seperti yang dilakukan [11], [12], [13] dan [14]. Meskipun banyak pendekatan lain seperti decision tree dan naive bayes untuk klasifikasi jenis penyakit jantung, namun pada penelitian ini teknik k -nn digunakan sebab karakteristik data yang dianalisis tidak dapat diterapkan secara langsung pada decision tree maupun naive bayes. Decision tree memang dapat digunakan untuk data numerik, namun tidak bisa langsung dianalisis membentuk pohon keputusan sebab harus dikonversi ke dalam data nominal terlebih dahulu. Hal ini juga berlaku untuk metode naive bayes. Perhitungan nilai probabilitas tidak bisa dilakukan secara langsung pada data ECG sebelum dikonversi ke dalam tipe nominal.

Selain itu, oenggunaan teknik k -nearest neighbor dipandang mampu menyelesaikan masalah dalam penelitian yang dilakukan. Khususnya untuk klasifikasi jenis penyakit jantung berdasarkan data electrocardiogram. Electrocardiogram sendiri menghasilkan data berupa angka berdasarkan variabel tertentu seperti AORTA, ATRIUM K, EF, EDD, ESD, IVS D, IVS S, PW D, PW S, HR, PR, QRS, QT, QTC dan P. Parameter ini dihasilkan dari pembacaan data eletrocardiogram pasien penyakit jantung.

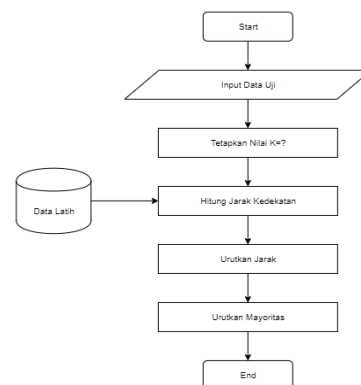
Berdasarkan parameter tersebut kemudian dokter menentukan jenis penyakit jantung yang mendekati kebenaran lalu disimpan dalam bentuk catatan medis pasien. Pada praktiknya, catatan medis pasien ini kurang

dimanfaafkan dengan baik karena banyak tersimpan di gudang arsip sehingga tidak digunakan untuk mengidentifikasi jenis penyakit jantung pada kasus baru berdasarkan data history yang ada. Padahal dengan pendekatan komputasi, kumpulan catatan medis pasien dapat direcycle dan dianalisis ulang sehingga menjadi data latih untuk kebutuhan identifikasi kasus baru. Salah satu pendekatan yang paling sederhana namun tangguh untuk sejumlah data besar adalah k -nearest neighbor.

Penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk menganalisis data catatan medis pasien penyakit jantung,. Hasil analisis kemudian dijadikan data latih dan digunakan untuk membangun model klasifikasi jenis penyakit jantung menggunakan k -nearest neighbor. Model klasifikasi yang dihasilkan dapat dijadikan salah satu alternatif untuk membantu instansi kesehatan untuk mengidentifikasi jenis penyakit jantung dini dengan pendekatan komputasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data catatan medis pasien pada salah satu rumah sakit pemerintah di Provinsi Banten. Hasil catatan medis tersebut kemudian dilakukan pre-processing untuk memastikan data siap digunakan (kami sebut sebagai data target). Data target diperoleh sebanyak 240 record, terdiri atas 15 variabel dan 8 jenis penyakit jantung. Data target kemudian dibagi ke dalam dua jenis, pertama data latih sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20%. Data latih kemudian dimasukkan ke dalam k -nearest neighbor untuk kebutuhan pembuatan model klasifikasi. Setelah model klasifikasi terbentuk, uji akurasi dilakukan menggunakan data uji. Gambar 1 memperlihatkan alur model klasifikasi yang dibangun menggunakan k -nearest neighbor.



Gambar 1. Tahapan Model k -nearest neighbor

Adapun proses perhitungan metode k-nearest neighbor melalui beberapa langkah berikut :

- Tentukan parameter k
- Hitung jarak antara data yang akan dievaluasi dengan semua pelatihan. Misalnya menggunakan teknik Euclidean Distance seperti diperlihatkan pada persamaan (1).

$$d_i = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{2i} - x_{1i})^2} \dots (1)$$

Dimana,

x_1 = Sampel Data

x_2 = Data Uji / Testing

i = Variabel Data

d = Jarak

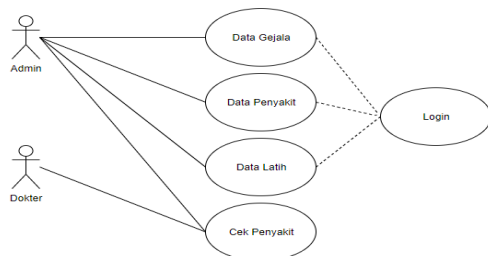
p = Dimensi Data

- Urut kan jarak yang terbentuk (urut naik)
- Tentukan jarak terdekat sampai urutan k
- Pasangkan kelas yang bersesuaian
- Cari jumlah kelas dari tetangga yang terdekat dan tetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang akan dievaluasi.

Sedangkan proses pengembangan sistem pakar dilakukan dengan pendekatan prototype. Prototype memungkinkan pengembang mengembangkan perangkat lunak dengan lebih efektif karena klien berpartisipasi aktif dalam pengembangan sistem. Antara developer dengan klien menjalin komunikasi aktif sehingga hasil perangkat lunak mudah disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan pelanggan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa rancangan dari prototype system pakar yang dikembangkan. Mulai dari diagram use case, activity diagram, sequence diagram sampai dengan collaboration diagram. Gambar 2 merupakan diagram use case untuk aplikasi system pakar dalam penelitian ini.



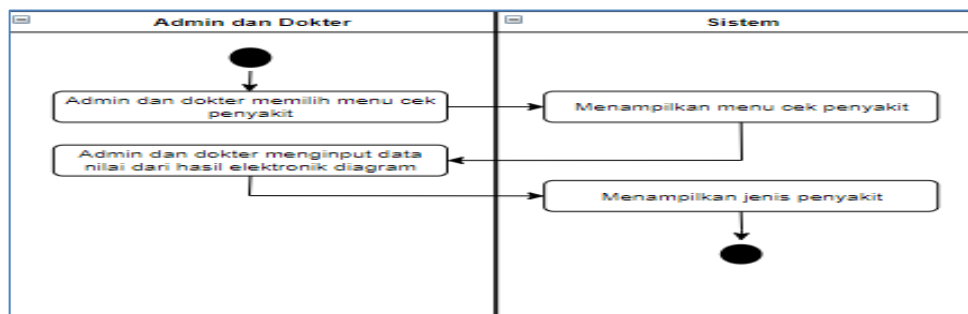
Gambar 2. Diagram Use Case Sistem Pakar

TABEL I.
DESKRIPSI USE CASE CEK PENYAKIT

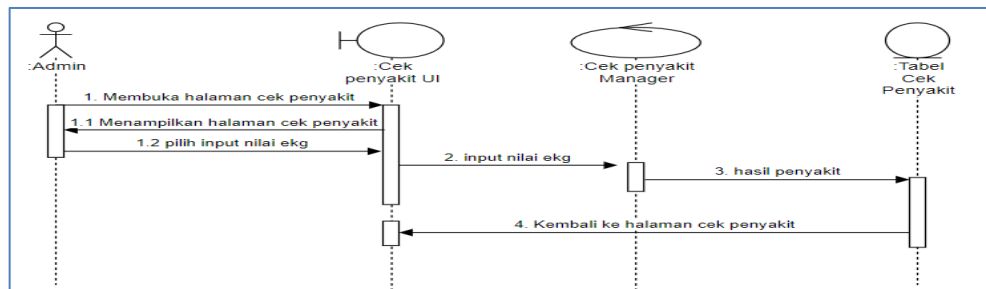
Nama Use Case	View Cek Penyakit
Actor	Admin dan Dokter
Description	Use Case menggambarkan bagaimana aktor melakukan klasifikasi jenis penyakit jantung terhadap data kasus baru.
Pre Condition	- Aktor sudah terautentikasi. - Aktor memiliki data kasus baru - Sistem memiliki data latih
Flow Of Event	- Use case dimulai ketika Admin membuka halaman Cek Penyakit - Admin dapat melakukan penambahan, hapus, edit data latih serta cek penyakit. - Dokter input angka yang diperoleh dari hasil ECG untuk menentukan jenis penyakit yang diderita pasien. - Sistem menghitung jarak terhadap data input pada point 3 terhadap keseluruhan data latih pada sistem pakar. - Sistem melakukan pengurutan jarak. - Sistem memilih jarak terpendek dari data input terhadap data latih - Sistem menampilkan hasil klasifikasi jenis penyakit jantung. - Use case selesai.
Post Condition	Sistem pakar menampilkan jenis penyakit jantung berdasarkan input data kasus baru sesuai dengan data ECG.

Sistem pakar yang dibangun terdiri atas lima buah use case utama, yakni login, kelola data gejala, kelola data penyakit, kelola data latih dan cek (klasifikasi) jenis penyakit. Proses klasifikasi jenis penyakit terjadi pada use case cek penyakit. Semua proses termasuk memasukan data kasus baru, perhitungan jarak antara kasus baru dengan data latih terjadi pada use case ini. Tabel 1 memperlihatkan deskripsi use case untuk cek penyakit.

Secara lebih jelas, uraian aktifitas untuk klasifikasi jenis penyakit pada use case cek penyakit, dapat dilihat pada diagram activity dan sequence diagram seperti diperlihatkan berturut-turut pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Activity Diagram Cek Penyakit



Gambar 4. Squence Diagram Cek Penyakit

Sequence diagram cek penyakit sendiri menggambarkan bagaimana proses Admin dan Dokter menginputkan data ECG pada system pakar untuk kemduian ditentukan jenis penyakit jantung yang diderita berdasarkan data kasus baru.

Selain menghasilkan rancangan prototype, penelitian ini juga mengembangkan prototype

Gejala

Pencarian:			
Refresh Refresh Tambah Tambah			
No	Kode Gejala	Gejala	Aksi
1	A01	AORTA	G H
2	A02	ATRIUM K	G H
3	A03	EF	G H
4	A04	EDD	G H
5	A05	ESD	G H
6	A06	IVS D	G H
7	A07	IVS S	G H
8	A08	PW D	G H
9	A09	PW S	G H
10	A10	HR	G H
11	A11	PR	G H
12	A12	QRS	G H

Gambar 5. Tampilan Halaman Kelola Data Gejala

Penyakit

Pencarian:			
Refresh Refresh Tambah Tambah			
No	Nama Penyakit	Keterangan	Aksi
1	ATRIAL SEPTAL DEFECT		G H
2	CORONARY ARTERY DISEASE		G H
3	DIASTOLIK DYSFUNCTION		G H
4	HYPERTENSIVE HEART DISEASE		G H
5	MITRAL STENOSIS		G H
6	NORMAL RESTING ECHOCARDIOGRAPHY		G H
7	PULMONARY HYPERTENSION		G H
8	RHEUMATIC HEART DISEASE		G H

Gambar 6. Halaman Kelola Jenis Penyakit

Agar sistem pakar dapat digunakan sesuai fungsinya, data gejala dan data penyakit perlu dikelola dengan baik. Selain itu, kedua data kemudian direlasikan sehingga membentuk data latih yang terus bertambah melalui prosedur pengelolaan data latih. Untuk menganalisis data kasus baru yang belum memiliki klasifikasi jenis penyakit jantung, actor kemudian memasukan data ke dalam form yang disediakan untuk dihitung jarak terhadap data latih.

Proses perhitungan jarak dilakukan dengan pendekatan Euclidean distance pada system, kemudian dilakukan pengurutan terhadap

jarak terdekat. Pengurutan jarak terdekat dimaksudkan untuk mempermudah pemilihan klasifikasi dengan jarak terpendek. Gambar 7 memperlihatkan hasil dari perhitungan jarak yang sudah dilengkapi dengan jenis klasifikasi penyakit jantung.

Untuk mengetahui apakah prototype system yang dibangun sudah sesuai kebutuhan atau tidak, pengujian software juga dilakukan dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan terhadap fungsionalitas sistem dengan pendekatan blackbox testing. Adapun hasil pengujian sistem pakar seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

TABEL II.
HASIL PENGUJIAN SISTEM PAKAR DENGAN BLACKBOX

Kode	Deskripsi	Prosedur pengujian	Masukan	Keluaran yg diharapkan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil yg Didapat	Kesimpulan
Web K-NN 01	Pengujian Antarmuka Login	- Masukan Username dan Password yang valid lalu tekan button login	Username dan Password pada textbox	Masuk Ke Halaman Utama	Masuk Ke Halaman Utama	Menampilkan Halaman Utama aplikasi Web K-NN	Berhasil
Web K-NN 02	Pengujian Fungsi untuk Melakukan Kelola Data Gejala	- Klik menu gejala - Klik tombol tambah - Klik tombol simpan	ID Gejala, Gejala, Status Gejala, Jenis Nilai, pada textbox	Masuk Ke Halaman Tambah Gejala	Halaman Gejala	Kembali ke tampilan Gejala	Berhasil
Web K-NN 03	Pengujian Fungsi untuk Melakukan Kelola Data Penyakit	- Klik menu gejala - Klik tombol tambah - Klik tombol simpan	Kode Penyakit, Atribut, Nama Penyakit, Keterangan, pada textbox	Masuk Ke Halaman Tambah Penyakit	Halaman Penyakit	Kembali ke tampilan Penyakit	Berhasil
Web K-NN 04	Pengujian Fungsi untuk Melakukan Kelola Data Latih	- Klik Menu Data Latih - Klik tombol tambah - Klik tombol simpan	Nomor, AORTA, Atrium K, EF, ADD, ESD, IVS D, IVS S, PW D, PW S, HR, PR, QRS, QT, QTC, P, Hasil, pada textbox	Masuk Ke Halaman Tambah data Latih	Halaman Data Latih	Kembali ke tampilan data latih	Berhasil
Web K-NN 05	Pengujian Fungsi untuk Melakukan Perhitungan	- Klik Menu Perhitungan - Klik Hitung	AORTA, Atrium K, EF, ADD, ESD, IVS D, IVS S, PW D, PW S, HR, PR, QRS, QT, QTC, P, Jumlah Tetangga, pada textbox	Masuk ke Halaman Perhitungan	Halaman Perhitungan	Hasil dari perhitungan dengan metode K-NN	Berhasil

Normalisasi Dataset																	
5 Nearest																	
Nomor	AORTA	ATRIUM K	EF	EDD	ESD	IVS D	IVS S	PW D	PW S	HR	PR	QRS	QT	QTC	P	Hasil	Jarak
1	0.944	0.75	0.917	0.687	0.481	0.733	0.895	0.813	0.909	0.605	0.841	0.724	0.649	0.804	0.5	HYPERTENSIVE HEART DISEASE	0.653
9	0.778	0.673	1	0.552	0.407	0.8	0.895	0.813	0.864	0.628	0.528	0.526	0.715	0.906	0.506	HYPERTENSIVE HEART DISEASE	0.472
2	0.722	0.615	0.972	0.672	0.5	0.733	0.684	0.813	0.727	0.682	0.505	0.724	0.649	0.804	0.5	HYPERTENSIVE HEART DISEASE	0.517
11	0.722	0.788	0.806	0.612	0.463	0.933	0.895	0.563	0.682	0.643	0.71	0.526	0.705	0.904	0.644	HYPERTENSIVE HEART DISEASE	0.561
13	0.806	0.615	1	0.701	0.5	0.6	0.579	0.563	0.727	0.705	0.822	0.645	0.611	0.815	0.25	NORMAL RESTING ECHOCARDIOGRAPHY	0.582

Hasil																	
Klasifikasi Penyakit																Pendekatan	
HYPERTENSIVE HEART DISEASE																4	
NORMAL RESTING ECHOCARDIOGRAPHY																1	

Berdasarkan perhitungan, dengan AORTA: 34, ATRIUM K: 39, EF: 66, EDD: 46, ESD: 26, IVS D: 11, IVS S: 17, PW D: 13, PW S: 20, HR: 78, PR: 180, QRS: 110, QT: 374, QTC: 426, P: 80, maka hasilnya: HYPERTENSIVE HEART DISEASE

Gambar 7. Hasil Klasifikasi Jenis Penyakit Jantung dengan k-nearest neighbor

Selain pengujian terhadap fungsionalitas sistem, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian akurasi terhadap k-nearest neighbour. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan beberapa metode lain seperti naive bayes, algoritma C45 dan multi class classifier meta. Berdasarkan komparasi akurasi terhadap tiga metode lainnya, diperoleh bahwa k-nearest neighbor memiliki keakurasian lebih baik dibandingkan naive bayes, algoritma C45 dan multi class classifier meta. Dalam hal ini tingkat akurasi k-nearest neighbor mencapai 70.04%. Tabel 3 memperlihatkan perbandingan hasil uji akurasi untuk k-nearest neighbor dan ketiga metode lainnya.

TABLE III.
PERBANDINGAN AKURASI

Metode	Akurasi	Laju Error
K-Nearest Neighbor	0.704	0.211
Naïve Bayes	0.646	0.157
Decision Tree Algoritma C45	0.695	0.122
Multi Class Classifier Meta	0.598	0.191

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa, prortype sistem pakar klasifikasi penyakit jantung yang dikembangkan memiliki performa yang baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian fungsionalitas sistem yang dimiliki. Semua

fungsi handal dan berjalan baik. Selain itu, hasil uji akurasi untuk k-nearest neighbor memperlihatkan bahwa, teknik ini masih dipandang lebih baik dibandingkan metode lainnya seperti naive bayes, algoritma C45 dan multi class classifier meta. Hal ini dapat dilihat dari tingkat akurasi k-nearest neighbor sebesar 70.04%, lebih tinggi dibandingkan teknik yang lain.

REFERENSI

- [1] Aini, S. H., Sari, Y. A., and Arwan, A. (2018). Seleksi Fitur Information Gain untuk Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Kombinasi Metode K-Nearest Neighbor dan Naïve Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, No. 9, pp. 2546-2554.
- [2] Sobri, M., Ijab, M. T., and Nayan, N. M. (2018). Systematic Literature Review untuk Membuat Model Aplikasi Pemantauan Kesehatan Cardiovascular. *JURNAL RESTI*, Vol. 2, (No. 2), 458-464.
- [3] Fatoni, C. S., and Noviantha, F. D. (2018). Case Based Reasoning Diagnosis Penyakit Difteri dengan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Skripsi*, Yogyakarta: Universitas AMIKOM.
- [4] Maleha, D. Z., Santoso, E., and Furqon, M. T. (2019). Penerapan Metode Neighbor Weighted K-Nearest Neighbor Dalam Klasifikasi Diabetes Mellitus. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 3, (No. 3), 2910-2915.
- [5] Prasetyo, R. T., Rismayadi, A. A., and Anshori, L. F. (2018). Implementasi Algoritma Genetika Pada K-Nearest Neighbours Untuk Klasifikasi Kerusakan

- Tulang Belakang. *JURNAL INFORMATIKA*, Vol. 5, (No. 2), 186-194.
- [6] Alfiyanti, Y. D., Ratnawati, D. E., and Anam, S. (2019). Klasifikasi Fungsi Senyawa Aktif Data Berdasarkan Kode Simplified Molecular Input Line Entry System (SMILES) menggunakan Metode Modified K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 3, No. 4, pp. 3244-3251.
- [7] Claudy, Y. I., Perdana, R. S., and Fauzi, M. A. (2018). Klasifikasi Dokumen Twitter Untuk Mengetahui Karakter Calon Karyawan Menggunakan Algoritme K-Nearest Neighbor (KNN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, (No. 8), 2761-2765.
- [8] Devita, R. N., Herwanto, H. W., and Wibawa, A. P. (2018). Perbandingan Kinerja Metode Naive Bayes dan K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Data Artikel Bahasa Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, Vol. 5, (No. 4), 427-434.
- [9] Mustakim, and Oktafiani, G. (2016). Algoritma K-Nearest Neighbor Classification Sebagai Sistem Prediksi Predikat Prestasi Mahasiswa. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Vol. 13, (No. 2), 195-202.
- [10] Rahman, M. A., Hidayat, N., and Supianto, A. A. (2018). Komparasi Metode Data Mining K-Nearest Neighbor Dengan Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Kualitas Air Bersih (Studi Kasus PDAM Tirta Kencana Kabupaten Jombang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, (No. 12), 6346-6353.
- [11] Riany, J., Fajar, M., and Lukman, M. P. (2016). Penerapan Deep Sentiment Analysis pada Angket Penilaian Terbuka Menggunakan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Sisfo*, Vol. 06, (No. 6), 147-156.
- [12] Setiawan, A., and Winarto, A. (2020). Prioritas Pengemudi Untuk Kenyamanan Layanan Penumpang di Lingkungan Akademik Berbasis K-Nearest Neighbor. *Dinamika Rekayasa*, Vol. 16, (No. 1), 33-40.
- [13] Suwirmayanti, N. P. (2017). Penerapan Metode K-Nearest Neighbor Untuk Sistem Rekomendasi Pemilihan Mobil. *Techno.COM*, Vol. 16, (No. 2), 120-131.
- [14] Tigusti, R. R., Ratnawati, D. E., and Anam, S. (2018). Implementasi Fuzzy K-Nearest Neighbor (FK-NN) Untuk Mengklasifikasi Fungsi Senyawa Berdasarkan Simplified Molecular Input Line Entry System (SMILES). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, (No. 12), 6331-6338.