

**OPTIMASI METODE *K-NEAREST NEIGHBOR* (K-NN)
MENGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO)
DALAM MENGLASIFIKASIKAN KEMATANGAN BUAH SAWIT**



**Oleh:
Risna
NIM: 21206052010**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA
2023**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2380/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Metode K-Nearest Neighbor (K-NN) menggunakan Particle Swarm Optimisation (PSO) dalam Mengklasifikasi Kematangan Buah Sawit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RISNA, S.Kom
Nomor Induk Mahasiswa : 21206052010
Telah diujikan pada : Kamis, 24 Agustus 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 64e95f3061981



Penguji I

Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM.,
ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 64e8b01a0ca66



Penguji II

Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.T.,
IPM., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 64e8a88a19d57



Yogyakarta, 24 Agustus 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e9ae89f69e

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Risna
Nim : 21206052010
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Yogyakarta, 17 Agustus 2023
Saya yang menyatakan,



Risna
Nim: 21206052010

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Risna
Nim : 21206052010
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan benar-benar bebas dari plagiasi, jika dikemudian hari terbukti melakukan plagiasi, maka saya siap ditindak sesuai ketentuan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 17 Agustus 2023

Saya yang menyatakan,



Risna
NIM: 21206052010

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
MAGISTER INFORMATIKA**

Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta. Telp (0274) 515856 Yogyakarta 55281

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Tugas Akhir

Kepada:
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Assalammu'alaikum Wr.Wb.

Setelah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap penulisan tesis yang berjudul: "OPTIMASI METODE *K-NEAREST NEIGHBOR* (K-NN) MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO) DALAM MENGLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH SAWIT" yang ditulis oleh :

Nama : Risna
NIM : 21206052010
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN sunan Kalijaga sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Informatika. Dengan ini sata mengharap agar tugas tersebut di atas agar dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Wasaalammu'alaikum Wr.Wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 17 Agustus 2023
Pemimbing,

Ir. Maria Ulfah Siregar, M.Kom., MIT., Ph.D.
NIP. 19780106 200212 2 001

ABSTRAK

Proses optimasi merupakan bagian penting dari berbagai komponen. Optimasi bertujuan untuk menentukan solusi terbaik. Penelitian ini melakukan optimasi metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mendapatkan nilai k yang optimal. Dataset lokal yang terdiri dari 160 data dengan pembagian 60 data buah mentah, 50 data buah setengah matang, dan 50 data buah matang. Proses awal telah digunakan fitur warna, bentuk, dan tekstur sebagai ekstraksi fitur. Selanjutnya, algoritma K-NN untuk klasifikasi dan di optimasi memakai metode PSO. Pengujian metode K-NN dan K-NNPSO dilakukan dengan dua metode yaitu *Confusion Matrix Multi Class* sebagai pengujian akurasi dan metode Analisis Kompleksitas Waktu Asimptotik dengan eksperimental dan *theoretis* sebagai pengujian algoritma. Hasil akurasi K-NN dengan menggunakan nilai k yang otomatis dari *python* yaitu $k = 5$ adalah 73% pada jarak *Euclidean*, 78% jarak *Manhattan*, 73% jarak *Minkowski* dan 71% pada jarak *Chebyshev*. Setelah dilakukan proses optimasi menggunakan PSO sehingga mendapatkan nilai k yang optimal adalah $k = 1$ akurasi meningkat menjadi 88% jarak *Euclidean*, 88% jarak *Manhattan*, 88% jarak *Minkowski*, dan 80% jarak *Chebyshev*. Pada pengujian algoritma secara eksperimental K-NN mendapatkan Runtime 0.48 detik sedangkan K-NNPSO hanya 0.34 detik pada saat keduanya mencari nilai k optimal. secara *theoretis* dapat digambarkan dengan notasi Big-O pada K-NN adalah $O(n)$ sedangkan K-NNPSO adalah $O(n^2)$, hal ini membuktikan bahwa K-NNPSO lebih cepat karena iterasi yang dijalankan lebih sedikit saat mencari nilai k optimal.

Kata Kunci: Kelapa Sawit, Ekstraksi Fitur, Klasifikasi, *K-Nearest Neighbor*, *Particle Swarm Optimization*

ABSTRACT

The optimization process is an integral part of the various components. Optimization aims to determine the best solution. This study optimizes the K-Nearest Neighbor (K-NN) method using the Particle Swarm Optimization (PSO) method to obtain the optimal k value. The local dataset consists of 160 data divided into 60 unripe fruit data, 50 half-ripe fruit data, and 50 ripe fruit data. The initial process used colour, shape, and texture features as feature extraction. Furthermore, the K-NN algorithm for classification and optimization uses the PSO method. Testing of the K-NN and K-NNPSO methods was carried out using two methods, namely the Confusion Matrix Multi Class as an accuracy test and the Asymptotic Time Complexity Analysis method with experimental and theoretical methods as an algorithm test. The results of K-NN accuracy using the automatic k value from Python, namely $k = 5$, are 73% at the Euclidean distance, 78% at the Manhattan distance, 73% at the Minkowski distance and 71% at the Chebyshev distance. After the optimization process is carried out using PSO so that the optimal k value is $k = 1$, the accuracy increases to 88% Euclidean distance, 88% Manhattan distance, 88% Minkowski distance, and 80% Chebyshev distance. In testing the algorithm experimentally, K-NN gets a Runtime of 0.48 seconds, while K-NNPSO is only 0.34 seconds when both are looking for optimal k values. , Theoretically, it can be described with Big-O notation on K-NN is $O(n)$ while K-NNPSO is $O(n^2)$. This proves that K-NNPSO is faster because fewer iterations are executed when looking for optimal k values.

Keywords: *Oil Palm, Feature Extraction, Classification, K-Nearest Neighbor, Particle Swarm Optimization*

INTISARI

Dalam mengklasifikasi data, metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) memiliki *range* nilai paling jauh dan lebih efektif dalam mengklasifikasikan data dalam jumlah besar. Namun, K-NN memiliki kekurangan, yaitu kurang optimal dalam menentukan nilai k . Karena kekurangan ini, penelitian ini menggunakan metode *Partikel Swarm Optimization* (PSO) untuk melakukan proses optimasi. PSO cukup efektif dalam menentukan k yang paling optimal dengan jumlah yang paling cepat. Sehingga akurasi metode K-NN dapat ditingkatkan. Hasil akurasi pada saat menggunakan metode K-NN sama dengan K-NNPSO untuk dengan nilai $k = 1$ sebagai nilai k yang optimal didapatkan akurasi yaitu 88% pada *euclidean*, 88% pada *manhattan*, 88% *minkowski* dan terakhir 80% pada *chebyshev*. Berdasarkan hasil perhitungan akurasi tersebut perhitungan jarak *Euclidean*, *Manhattan* dan *Minkowski* sama baiknya sedangkan pada *Chebyshev* sedikit lebih rendah daripada jarak yang lainnya. Penggunaan algoritma K-NNPSO juga terbukti secara analisis kompleksitas waktu yang dilakukan pengujian secara eksperimental dan *theoretis*. Pada pengujian eksperimental terjadi peningkatan dari K-NN memerlukan waktu sekitar 0.48 detik menjadi 0.34 detik pada metode K-NNPSO. Peningkatan hingga sekitar 1 detik tersebut selaras dengan pengujian secara *theoretis*. Pengujian dengan menggunakan notasi Big-O mendapatkan hasil pada algoritma K-NN memiliki notasi $O(n)$ dan $O(n^2)$ pada algoritma K-NNPSO. Jika kita menjalankan perulangan dengan jumlah yang sama yaitu 70 kali perulangan (sesuai dengan jumlah data X_{train}) maka algoritma K-NNPSO bisa lebih baik karena notasi $O(n^2)$ sangat efektif pada iterasi yang lebih sedikit.

MOTTO

“Railah ilmu dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar”



PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk:

- Kedua orang tua saya Sukri dan Alm. Jannati yang senantiasa memberikan doa maupun dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Pendidikan selama ini.
- Saudara saya Nurlinang, Karmila dan Muanmar yang telah memberikan dukungan dan semangat selama ini.
- Zawilhikam Mohammad yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.
- Untuk Almamater Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta serta teman-teman Program Studi Magister Informatika angkatan 2021 Genap.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wata'ala yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “OPTIMASI METODE *K-NEAREST NEIGHBOR* (K-NN) MENGGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO) DALAM MENGLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH SAWIT” sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Magister Informatika.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan tesis ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil Al Makin, A.Ag., M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati. M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Bambang Sugiantoro, M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Ir. Maria Ulfah Siregar, M.Kom., MIT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi sehingga dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan tesis ini berjalan lancar.
7. Orang tua, kakak yang senantiasa memberikan doa selama studi di Magister Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
8. Teman-teman Magister Informatika angkatan 2021 UIN Sunan Kalijaga atas kerjasamanya, saran, dan bantuannya.

Akhirnya penulis hanya dapat bersyukur kepada Allah SWT semoga yang telah dilakukan selama ini dapat menjadi amal dan bekal di akhirat nanti. Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan tesis ini, maka dari itu saran dan kritik sangat diharapkan demi perbaikan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan bagi pembaca pada umumnya, terimakasih.

Wassalamualikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 17 Agustus 2023

RISNA
21206052010



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
INTISARI.....	viii
MOTTO.....	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. RUMUSAN MASALAH.....	3
C. BATASAN MASALAH.....	3
D. TUJUAN PENELITIAN.....	4
E. MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
A. KAJIAN PUSTAKA.....	5
B. LANDASAN TEORI.....	9
1. Optimasi	9
2. Klasifikasi	9
a) K-NN	9
b) K-NNPSO.....	12
3. Ekstraksi Fitur	13
4. Kompleksitas Algoritma.....	15
5. Pengolahan Citra.....	16

6.	Kelapa Sawit	17
7.	<i>Python</i>	18
8.	<i>Jupyter Notebook</i>	18
9.	<i>Library Python</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN		22
A.	ALAT DAN BAHAN	22
B.	METODE PENELITIAN	22
1.	EKSTRAKSI FITUR	23
2.	K-NN	24
3.	OPTIMASI K-NNPSO	24
4.	TAHAP PENGUJIAN	25
a)	Confusion Matrix Multi Class	25
b)	Kompleksitas Algoritma	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
A.	HASIL PENELITIAN	27
1.	Hasil Ekstraksi Fitur	27
2.	Hasil Klasifikasi K-NN	28
3.	Hasil Optimasi K-NNPSO	35
4.	Hasil Pengujian	43
a)	<i>Confusion Matriks Multi Class</i>	43
b)	Analisis Kompleksitas Waktu Asimptotik	44
B.	PEMBAHASAN	51
BAB V PENUTUP		53
A.	KESIMPULAN	53
B.	SARAN	53
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		59
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Tahap kematangan buah sawit (a) mentah, (b) setengah matang dan (c) matang	17
Tabel 3.1 Model <i>Confusion Matrix Multi Class</i>	25
Tabel 4.1 Hasil ekstraksi fitur	28
Tabel 4.2 Kelas hasil klasifikasi K-NNPSO <i>Euclidean, Manhattan, Minkowski</i> dan <i>Chebyshev</i>	43
Tabel 4.3 Hasil akurasi K-NN dan K-NNPSO.....	43
Tabel 4.4 Hasil akurasi K-NN dan K-NNPSO.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Flowchart</i> Algoritma K-NN.....	11
Gambar 2.2 <i>Algoritma</i> PSO	12
Gambar 2.3 <i>Phyton</i>	18
Gambar 3.1 Proses Tahapan Alur Kerja.....	23



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil ekstraksi fitur data <i>training</i>	59
Lampiran 2 Hasil ekstraksi fitur data <i>testing</i>	64
Lampiran 3 Kelas hasil klasifikasi K-NN <i>Euclidean, Manhattan, Minkowski</i> dan <i>Chebyshev</i>	68
Lampiran 4 Kelas hasil klasifikasi K-NNPSO <i>Euclidean, Manhattan, Minkowski</i> dan <i>Chebyshev</i>	72



DAFTAR SINGKATAN

ALB	=	Asam Lemak bebas
K-NN	=	<i>K-Nearest Neighbor</i>
PSO	=	<i>Particle Swarm Optimization</i>
CPO	=	<i>Crude Palm Oil</i>
GPL	=	<i>General Public License</i>



BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan dunia kecerdasan buatan terus berkembang dan memberikan manfaat bagi kehidupan sehari-hari seperti pada bidang pertanian dan perkebunan. Mulai dari proses pra produksi, produksi hingga pasca produksi telah meningkat dengan bantuan teknologi kecerdasan buatan masa kini. Penelitian terkait kecerdasan buatan pada bidang pertanian dan perkebunan terbukti telah membantu meningkatkan efisiensi kerja baik pada usaha mandiri dan rumahan hingga usaha produksi pabrikan yang berskala besar. Contohnya saja pada produk perkebunan kelapa sawit yang dikenal dengan nama latin *Elaeis guineensis jacq* adalah tanaman perkebunan yang menghasilkan minyak nabati, minyak nabati dapat diolah menjadi beberapa kebutuhan sehari-hari sehingga dapat diperkirakan peningkatan minyak kelapa sawit akan terus meningkat (Septiarini et al., 2019).

Sehubungan dengan peningkatan produksi dan kebutuhan hasil produk kelapa sawit sehingga pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan terus didorong untuk terus berinovasi hingga mampu membantu menyelesaikan permasalahan yang terus berkembang dalam dunia pertanian dan perkebunan. Penelitian-penelitian terkait terus dikembangkan dengan berbagai macam peruntukan mulai dari proses analisis lingkungan yang baik untuk penanaman pohon kelapa sawit, analisis penyakit dan pencegahan yang sering dialami oleh pohon kelapa sawit hingga proses pemisahan antara buah yang mentah, setengah matang dan matang secara otomatis.

Kelapa sawit yang telah siap panen biasanya dikumpulkan dan dibawa oleh truk-truk dari lokasi panen ke pabrik untuk diolah lebih lanjut dalam jumlah besar. Sebagian besar kelapa sawit yang sudah dipanen seharusnya sudah masuk dalam kategori matang akan tetapi terkadang ada beberapa kelapa sawit yang masih setengah matang bahkan mentah yang ikut dipanen oleh petani kelapa sawit. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas hasil produksi kelapa sawit jika tidak dipisahkan sebelum masuk tahap pengolahan. Beberapa perusahaan masih menerapkan sistem manual dalam pemisahan buah kelapa sawit yang matang, setengah matang ataupun mentah, hal ini sangat tidak efisien baik dari segi waktu dan tenaga yang digunakan.

Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut diperlukan sebuah algoritma klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan kompleksitas yang baik dari sisi algoritma. Penelitian sebelumnya sudah menerapkan beberapa metode klasifikasi seperti menggunakan metode K-NN, seperti pada penelitian (Astuti et al., 2019) telah melakukan proses K-NN untuk melakukan klasifikasi untuk mendeteksi kematangan buah sawit. Dalam sistem ini, terdapat 80 *citra* data kelapa sawit dilatih dengan 7 tingkat kematangan. Sistem diidentifikasi dari beberapa tahapan yaitu deteksi tepi dan nilai fitur *citra* yang akan dihitung seperti *mean value*, *standard deviation*, *skewness*, *entropy*, *energy*, *homogeneity*, *contrast*, dan *intensity*. Kemudian klasifikasi menggunakan metode K-NN. Akurasi yang diperoleh dari penelitian tersebut mencapai 65%. Selain itu (Wardani et al., 2016) melakukan penelitian mengenai karakteristik morfologi terhadap *mangrove* berbasis web dengan metode klasifikasi K-NN. Penelitian ini menghasilkan akurasi nilai sebesar 77,77% dengan melalui proses mencari kerabat terdekat data uji terhadap data latih.

Akurasi yang masih rendah kembali mendorong penelitian lainnya untuk mengembangkan metode K-NN dengan menggabungkan dengan metode lain seperti menambahkan metode *Naive Bayes* yang dilakukan oleh Devita dkk., 2018. Penelitian dengan metode *Naive Bayes* dan metode K-NN sebagai dasar. Hasil penelitian tersebut adalah *Naive Bayes* berkinerja baik lebih akurat 70% dari K-NN senilai 40% pada tes klasifikasi.

Dalam kasus klasifikasi pola, metode K-NN dapat digunakan sebagai klasifikasi dasar. Ini didasarkan pada jarak antara citra latih dan citra uji. K-NN juga dapat digunakan pada suatu objek yang memiliki banyak label kelas. Metode K-NN terbukti menghasilkan akurasi yang baik terutama pada data yang berjumlah banyak, namun K-NN tidak dapat mampu menentukan nilai k yang optimal untuk dirinya sendiri, hasil akan menjadi sensitif terhadap titik *noise* jika k terlalu kecil (Prasetio, 2020). Dalam mengatasi kelemahan K-NN maka dapat digunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang memiliki keunggulan kinerja dengan hasil *speed* dan konvergensi yang lebih baik dan stabil. Proses metode PSO yaitu dengan menentukan jumlah k terbaik sehingga akurasi dari klasifikasi K-NN tersebut dapat meningkat (Suhartini et al., 2021).

Metode PSO juga dikenal dengan metode optimasi yang juga merupakan proses untuk membuat program lebih efisien dengan memilih dan mendesain struktur data, algoritma, dan urutan instruksi. Optimasi bertujuan untuk menentukan solusi terbaik dari beberapa solusi yang memenuhi sejumlah batasan (*constraints*) (Chandra, 2018). Teknik optimasi PSO dapat

dengan mudah diterapkan karena hanya memerlukan sedikit parameter dan proses konvergensi yang cepat. Salah satu yang berhasil menggunakan metode ini adalah penentuan parameter terbaik dalam menentukan jumlah proses *training* (Widyatmoko et al., 2022). Contohnya pada penelitian oleh (Arifin & Herliana, 2020) mengenai optimasi *Decision Tree* melakukan PSO untuk identifikasi penyakit mata berdasarkan analisis tekstur yang terdapat 311 data citra mata dengan 3 klasifikasi yaitu glaukoma, katarak dan *uveitis*. Proses ekstraksi fitur pada tahap ini menggunakan GLCM, sedangkan PSO digunakan untuk optimasi. Hasil klasifikasi teroptimasi ini meningkatkan akurasi hingga ke angka 88,09%.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya terkait penelitian yang melakukan klasifikasi menggunakan metode K-NN menunjukkan bahwa metode ini biasanya menghasilkan hasil akurasi yang kurang, sedangkan yang melakukan proses optimasi dengan menerapkan PSO dapat menghasilkan hasil akurasi optimal. Maka penelitian mengusulkan suatu sistem “Optimasi metode *K-Nearest Neighbor* (PSO) menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam mengklasifikasikan kematangan buah sawit” dengan data *citra* buah kelapa sawit dikategorikan menjadi tiga kelas yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Setelah itu, fitur warna, bentuk, dan tekstur diekstraksi dan klasifikasi K-NN dengan 4 perhitungan jarak (*Euclidean, Manhattan, Minkowski, dan Chebyshev*) untuk memaksimalkan metode K-NN.

B. RUMUSAN MASALAH

Bagaimana mengoptimasi metode K-NN menggunakan PSO untuk meningkatkan hasil akurasi pada klasifikasi. Klasifikasi metode K-NN dengan 4 perhitungan jarak (*Euclidean, Minkowski, Manhattan dan Chebyshev*).

C. BATASAN MASALAH

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Terdapat buah kelapa sawit dengan tiga kelas yaitu mentah, setengah matang, dan matang.
2. Ekstraksi fitur berdasarkan warna, bentuk, dan tekstur.
3. Perhitungan jarak K-NN terdapat empat perhitungan yaitu *Euclidean, Manhattan, Minkowski, dan Chebyshev*.
4. Optimasi menggunakan metode PSO.
5. Pengujian menggunakan *Confusion Matrix Multi Class* dan Kompleksitas Algoritma

D. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama yaitu bagaimana mengoptimasi metode K-NN menggunakan PSO untuk mendapatkan hasil akurasi yang optimal dengan menggunakan 4 metode perhitungan jarak (*Euclidean, Minkowski, Manhattan dan Chebyshev*).

E. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian diharapkan manfaat antara lain:

1. Hasil optimasi akurasi dapat meningkatkan menggunakan metode PSO.
2. Menjadi acuan dalam penelitian lain pada ranah yang sama.



BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Optimasi metode K-NN dengan menggunakan metode PSO dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai k yang optimal. Proses optimasi ini dapat menutupi kekurangan K-NN yang mana harus melakukan perhitungan secara berulang (*brute force*) untuk nilai k yang memiliki tingkat akurasi terbaik. Jika data latih yang digunakan sebanyak 70 maka perlu melakukan perulangan sebanyak 70 kali. Setelah dilakukan optimasi pada metode K-NN dengan menggunakan metode PSO, tidak perlu lagi melakukan percobaan yang banyak tetapi cukup sampai nilai P_{best} dan G_{best} selaras atau konvergen maka perulangan atau iterasi dapat dihentikan. Hal ini jelas lebih menghemat penggunaan waktu dan ruang pada proses implementasi algoritma.

Hasil akurasi pada saat menggunakan metode K-NN sama dengan K-NNPSO untuk dengan nilai $k = 1$ sebagai nilai k yang optimal didapatkan akurasi yaitu 88% pada *euclidean*, 88% pada *manhattan*, 88% *minkowski* dan terakhir 80% pada *chebyshev*. Berdasarkan hasil perhitungan akurasi tersebut perhitungan jarak Euclidean, Manhattan dan Minkowski sama baiknya sedangkan pada Chebyshev sedikit lebih rendah daripada jarak yang lainnya.

Penggunaan algoritma K-NNPSO juga terbukti secara analisis kompleksitas waktu yang dilakukan pengujian secara eksperimental dan *theoretis*. Pada pengujian eksperimental terjadi peningkatan dari K-NN memerlukan waktu sekitar 0.482938289642334 detik menjadi 0.347658634185791 detik pada metode K-NNPSO. Peningkatan hingga sekitar 1 detik tersebut selaras dengan pengujian secara *theoretis*. Pengujian dengan menggunakan notasi Big-O mendapatkan hasil pada algoritma K-NN memiliki notasi $O(n)$ dan $O(n^2)$ pada algoritma K-NNPSO. Jika kita menjalankan perulangan dengan jumlah yang sama yaitu 70 kali perulangan (sesuai dengan jumlah data X_{train}) maka algoritma K-NNPSO bisa lebih baik karena notasi $O(n^2)$ sangat efektif pada iterasi yang lebih sedikit.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis selanjutnya dapat mencoba metode lain seperti Algoritma Genetika, *Decision Tree*, *Support Vector Machines*, *Naive Bayes*,

regression Tree dll. Penulis juga dapat menambah kelas buah tidak hanya kematangan tetapi dengan mendeteksi kualitas buah.



DAFTAR PUSTAKA

- Alromih, A., & Kurdi, H. (2019). An energy-efficient gossiping protocol for wireless sensor networks using Chebyshev distance. *Procedia Computer Science*, 151(2018), 1066–1071. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.151>
- Arifin, T., & Herliana, A. (2020). Optimizing decision tree using particle swarm optimization to identify eye diseases based on texture analysis. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(1), 59–63. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.1.2020.59-63>
- Astuti, I. F., Nuryanto, F. D., Widagdo, P. P., & Cahyadi, D. (2019). Oil palm fruit ripeness detection using K-Nearest neighbour. *Journal of Physics: Conference Series*, 1277(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1277/1/012028>
- Cao, S., Zeng, Y., Yang, S., & Cao, S. (2021). Research on Python Data Visualization Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1757(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1757/1/012122>
- Chandra, H. A. (2018). Particle Swarm Optimization Pada Metode Knn Euclidean Distance Berbasis Variasi Jarak Untuk Penilaian. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.31602/tji.v9i1.1103>
- Craig, P. A., Nash, J. A., & Crawford, T. D. (2022). Python scripting for biochemistry and molecular biology in Jupyter Notebooks. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(5), 479–482. <https://doi.org/10.1002/bmb.21676>
- Devita, R. N., Herwanto, H. W., & Wibawa, A. P. (2018). Perbandingan Kinerja Metode Naive Bayes dan K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Artikel Berbahasa Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(4), 427. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201854773>
- Devita, R. N., & Wibawa, A. P. (2020). Sains, Aplikasi, Komputasi dan Teknologi Informasi Teknik-teknik optimasi knapsack problem. *Sains, Aplikasi, Komputasi Dan Teknologi Informasi Vol 2, No 1, April 2020, Pp. 35-40*, 2(1), 35.
- Fitrya, N., Wirman, S. P., & Fitri, W. (2018). Identifikasi Karakteristik Buah Kelapa Sawit Siap Panen Dengan Metode Laser Speckle Imaging (Lsi). *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 9(1), 139–142. <https://doi.org/10.37859/jp.v9i1.1068>
- Grotov, K., Titov, S., Sotnikov, V., Golubev, Y., & Bryksin, T. (2022). A Large-Scale Comparison of Python Code in Jupyter Notebooks and Scripts. In *Proceedings - 2022 Mining Software Repositories Conference, MSR 2022* (Vol. 1, Issue 1). Association for

- Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3524842.3528447>
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., ... Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Kabetta, H. (2017). Analisis Kompleksitas Waktu Algoritma Kriptografi Elgamal dan Data Encryption Standard. *Teknikom: Teknologi Informasi, Ilmu Komputer Dan Manajemen*, 1(1), 13–18. <http://journal.swu.ac.id/index.php/teknikom/article/view/2>
- Kusumanto, R. D., Tompunu, A. N., & Pambudi, S. (2011). Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV Abstrak. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(2), 83–87.
- Nagpal, A., & Gabrani, G. (2019). Python for Data Analytics, Scientific and Technical Applications. *Proceedings - 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence, AICAI 2019*, 140–145. <https://doi.org/10.1109/AICAI.2019.8701341>
- Nasir, M., Mursyidah, & Fajri, M. (2019). Identification of Diseases in Rice Plants Using the Gray Level Co-Occurrence Matrix Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012146>
- Nishom, M. (2019). Perbandingan Akurasi Euclidean Distance, Minkowski Distance, dan Manhattan Distance pada Algoritma K-Means Clustering berbasis Chi-Square. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.30591/jpit.v4i1.1253>
- Pacheco, W. D. N., & López, F. R. J. (2019). Tomato classification according to organoleptic maturity (coloration) using machine learning algorithms K-NN, MLP, and K-Means Clustering. *2019 22nd Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision, STSIVA 2019 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/STSIVA.2019.8730232>
- Prasetio, R. T. (2020). SELEKSI FITUR DAN OPTIMASI PARAMETER k-NN BERBASIS ALGORITMA GENETIKA PADA DATASET MEDIS. *Jurnal Responsif: Riset Sains Dan Informatika*, 2(2), 213–221. <https://doi.org/10.51977/jti.v2i2.319>
- Putra, I. L. (2022). Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization(Pso) Dan K-Nearest Neighbor(K-Nn) Dalam Memprediksi Keberhasilan Anak Smk Mendapatkan Kerja. *Technologia : Jurnal Ilmiah*, 13(4), 339. <https://doi.org/10.31602/tji.v13i4.8167>

- Ramdani, M. H., Wijaya, I. G. P. S., & Dwiyanaputra, R. (2022a). Optimalisasi Pengenalan Wajah Berbasis Linear Discriminant Analysis Dan K-Nearest Neighbor menggunakan Particle Swarm Optimization. *Teknologi Informasi, Komputer Dan Aplikasinya (JTika)*, 4(1), 40–51. <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTika/>
- Ramdani, M. H., Wijaya, I. G. P. S., & Dwiyanaputra, R. (2022b). Optimalisasi Pengenalan Wajah Berbasis Linear Discriminant Analysis Dan K-Nearest Neighbor Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTika)*, 4(1), 40–51.
- Reiss, F., Cutler, B., & Eichenberger, Z. (2021). Natural Language Processing with Pandas DataFrames. *Proceedings of the 20th Python in Science Conference, Scipy*, 49–57. <https://doi.org/10.25080/majora-1b6fd038-006>
- Sammur, C., & Webb, G. I. (2018). Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining (2nd edition). In *Reference Reviews* (Vol. 32, Issue 7/8). <https://doi.org/10.1108/rr-05-2018-0084>
- Samuel, S., & Mietchen, D. (2022). *Computational reproducibility of Jupyter notebooks from biomedical publications*. 1–31. <http://arxiv.org/abs/2209.04308>
- Septiarini, A., Hamdani, H., Hatta, H. R., & Anwar, K. (2020). Automatic image segmentation of oil palm fruits by applying the contour-based approach. *Scientia Horticulturae*, 261(November 2019), 108939. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108939>
- Septiarini, A., Hamdani, H., Hatta, H. R., & Kasim, A. A. (n.d.). *Image-based processing for ripeness classification of oil palm fruit*. 0–3.
- Septiarini, A., Sunyoto, A., Hamdani, H., Kasim, A. A., Utaminigrum, F., & Hatta, H. R. (2021). Machine vision for the maturity classification of oil palm fresh fruit bunches based on color and texture features. *Scientia Horticulturae*, 286(May), 110245. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110245>
- Subairi, Rahmadwati, & Yudaningtyas, E. (2018a). *464-1205-1-Pb*. 12(1), 9–14.
- Subairi, Rahmadwati, & Yudaningtyas, E. (2018b). *Implementasi Metode k-Nearest Neighbor pada Pengenalan Pola Tekstur Citra Saliva untuk Deteksi Ovulasi*. 12(1), 9–14.
- Suhartini, L., Sulthan, M. B., & Wahyudi, I. (2021). Optimasi K-Nearest Neighbor Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Memprediksi Harga Tembakau. *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi Dan Manajemen (JATIM)*, 2(2), 82–91.

<https://doi.org/10.31102/jatim.v2i2.1293>

- Tran, M. K., Panchal, S., Chauhan, V., Brahmabhatt, N., Mevawalla, A., Fraser, R., & Fowler, M. (2022). Python-based scikit-learn machine learning models for thermal and electrical performance prediction of high-capacity lithium-ion battery. *International Journal of Energy Research*, 46(2), 786–794. <https://doi.org/10.1002/er.7202>
- Wardani, S. H., Rismawan, T., & Bahri, S. (2016). Aplikasi Klasifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove Berdasarkan Karakteristik Morfologi Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berbasis Web. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 4(3), 9–21.
- Wibawa, A. P., Purnama, G. M. A., Akbar, M. F., & Dwiyanto, F. A. (2018). Metode-metode Klasifikasi. *Prosiding Seminar Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 3(1), 134–138.
- Widyatmoko, K., Sugiarto, E., Muslih, M., & Budiman, F. (2022). Optimasi Metode K-Nearest Neighbor Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Pengenalan Citra Batik Dengan Ragam Hias Geometris. *Jurnal Informatika Upgris*, 8(1). <https://doi.org/10.26877/jiu.v8i1.11705>

