

**ANALISIS DISTRIBUSI UKURAN NANOPARTIKEL
BERBASIS SEGMENTASI CITRA MENGGUNAKAN
METODE *THRESHOLDING* DAN *WATERSHED***

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

DAFFAUL AISAR

NIM. 210705023

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH**

2025/1446

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS DISTRIBUSI UKURAN NANOPARTIKEL BERBASIS SEGMENTASI CITRA MENGGUNAKAN METODE *THRESHOLDING* DAN *WATERSHED*

TUGAS AKHIR

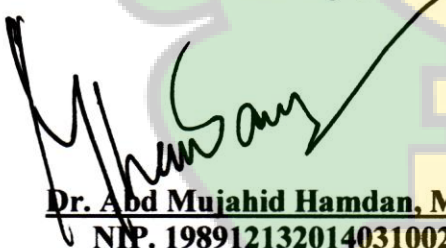
Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana
pada Prodi Teknologi Informasi

Oleh:
Daffaul Aisar
NIM. 210705005
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
NIP. 198912132014031002


Khairan AR, M.Kom
NIP. 1986070420143101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Informasi


Malahayati, M.T.
NIP. 198301272015032003

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DISTRIBUSI UKURAN NANOPARTIKEL BERBASIS SEGMENTASI CITRA MENGGUNAKAN METODE *THRESHOLDING* DAN *WATERSHED*

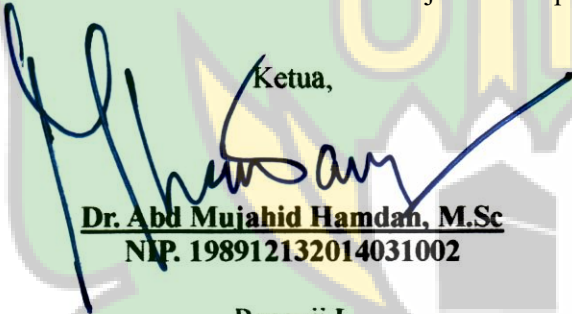
TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Teknologi Informasi

Pada Hari/ Tanggal: Selasa, 22 April 2025
23 Syawal 1446

Di Darussalamj, Banda Aceh
Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,


Dr. Abd Mujaahid Hamdan, M.Sc
NIP. 198912132014031002

Sekretaris,


Khairan AR, M.Kom
NIP. 1986070420143101

Penguji I,

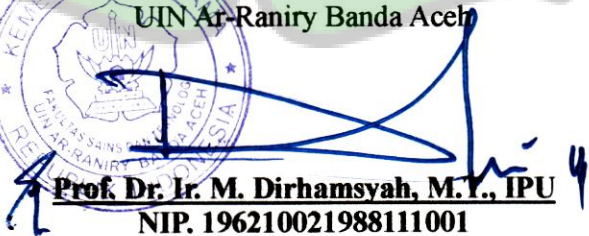

Malahayati, M.T
NIP. 198301272015032003

Penguji II,


Dr. Hendri Ahmadian, M.LM
NIP. 198301042014031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.Y., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daffaul Aisar
Nim : 210705023
Prodi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Analisis Distribusi Ukuran Nanopartikel Berbasis Segmentasi Citra Menggunakan Metode *Thresholding* Dan *Watershed*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

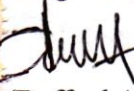
Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 17 April 2025



Yang Menyatakan


(Daffaul Aisar)

ABSTRAK

Nama : Daffaul Aisar
NIM : 210705023
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul : Analisis Distribusi Ukuran Nanopartikel Berbasis Segmentasi Citra Menggunakan Metode *Thresholding* Dan *Watershed*

Tanggal Sidang : 17 April 2025
Jumlah Halaman : 87 Halaman
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Khairan AR, M.Kom.
Kata Kunci : Nanopartikel, *Thresholding*, *Watershed*, *Equivalent Circular Diameter*, *Bounding Box*, Analisis Distribusi Ukuran, Segmentasi Citra.

Perkembangan teknologi telah mendorong berbagai inovasi, salah satunya adalah bidang nanoteknologi, yang memiliki peran penting dalam berbagai bidang seperti material *science*, farmasi, dan bioteknologi. Namun, analisis ukurannya menjadi tantangan kompleks bagi para peneliti karena partikel yang sangat kecil (1-100 nm). Teknik konvensional seperti SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan TEM (*Transmission Electron Microscope*), dapat mengukur ukuran dan bentuk nanopartikel, namun terbatas pada biaya, akurasi, dan kondisi sampel. Untuk mengatasi tantangan tersebut, segmentasi citra menjadi metode yang efektif dalam pengukuran ukuran nanopartikel. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi segmentasi nanopartikel pada citra TEM berukuran besar dengan menggabungkan metode *thresholding* dan *watershed*, guna memisahkan objek dari latar belakang serta partikel yang saling berdekatan, diikuti dengan perhitungan ukuran partikel menggunakan metode *Equivalent Circular Diameter* (ECD) dan *Bounding Box* setelah tahap preprocessing dan segmentasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode ECD memiliki rata-rata akurasi sebesar 0,99345, sedangkan metode *Bounding Box* mencapai rata-rata akurasi 0,949431. Dengan tingkat akurasi di atas 0,90, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat diandalkan untuk mengukur ukuran nanopartikel secara akurat. Dengan tingkat akurasi yang tinggi, pendekatan ini dapat digunakan secara efektif dalam berbagai pengembangan dan analisis distribusi ukuran nanopartikel, seperti dalam validasi hasil sintesis di laboratorium kimia dan fisika, pengujian kualitas formulasi dalam bidang farmasi, serta pengembangan material fungsional di bidang nanoteknologi. Pendekatan ini juga berpotensi diintegrasikan dalam sistem otomatisasi analisis citra untuk mendukung efisiensi dan ketelitian dalam karakterisasi material berskala nano.

ABSTRACT

Name : Daffaul Aisar
Student Number : 210705023
Departement : Teknologi Informasi
Title : Nanopartikel Size Distribution Analysis
Based on Image Segmentation Using
Thresholding and Watershed Methods

Date : 17 April 2025
Number of page : 87 Page
Supervisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Supervisor II : Khairan AR, M.Kom.
Keywords : Nanopartikel, Thresholding, Watershed,
Equivalent Circular Diameter, Bounding Box,
Size Distribution Analysis, Image
Segmentation.

Technological developments have driven various innovations, one of which is the field of nanotechnology, which has an important role in various fields such as material science, pharmaceuticals, and biotechnology. However, analyzing their size is a complex challenge for researchers due to the extremely small particles (1-100 nm). Conventional techniques such as SEM (Scanning Electron Microscope) and TEM (Transmission Electron Microscope), can measure the size and shape of Nanopartikels, but are limited by cost, accuracy, and sample conditions. To overcome these challenges, image segmentation is an effective method in Nanopartikel size measurement. This study aims to improve the accuracy of Nanopartikel segmentation in large TEM images by combining thresholding and watershed methods, to separate objects from the background and particles that are close to each other, followed by particle size calculation using the Equivalent Circular Diameter (ECD) and Bounding Box methods after the preprocessing and segmentation stages. The evaluation results show that the ECD method has an average accuracy of 0.99345, while the Bounding Box method achieves an average accuracy of 0.949431. With an accuracy rate above 0.90, the results show that both methods are reliable for accurately measuring Nanopartikel size. With a high level of accuracy, this approach can be effectively used in various development and analysis of Nanopartikel size distribution, such as in the validation of synthesis results in chemistry and physics laboratories, formulation quality testing in the pharmaceutical field, as well as the development of functional materials in the field of nanotechnology. This approach also has the potential to be integrated in image analysis automation systems to support efficiency and accuracy in nanoscale material characterization.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Distribusi Ukuran Nanopartikel Bebas Segmentasi Citra Menggunakan Metode *Thresholding* dan *Watershed*”. Shalawat beserta salam semoga tersampaikan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat beliau sekalian yang telah memperjuangkan umat Islam kepada jalan kebenaran dengan dibekali ilmu yang bermanfaat untuk dunia dan akhirat.

Penyusunan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis dengan segala kerendahan hati ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Cinta pertama dan pintu surga saya, Ayahanda Ir. Mulyadi, M.Si. dan Ibunda Mujibaturrahmi, yang tidak henti hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan dukungan kepada penulis disaat masa-masa tersulit dalam hidup. Terima kasih Ayah dan Mama, semoga Allah selalu memberikan kesehatan untukmu hingga bisa melihat putramu ini mencapai di titik tertinggi di dalam doamu.
2. Kepada cinta kasih kedua saudara kandung saya, Durratul Syazuana dan Danissatul Amira. Terima kasih atas segala doa, usaha, motivasi yang telah diberikan kepada adek dan abang ini.
3. Bapak Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Bapak Khairan AR, M.Kom. selaku Pembimbing II, sungguh besar rasa terima kasih penulis ucapkan atas bimbingan, kritik, saran dan selalu meluangkan waktunya di sela kesibukan. Menjadi salah satu dari anak bimbingan kalian merupakan nikmat yang selalu saya syukurkan. Semoga jerih payah kalian terbayarkan dan selalu dilimpahkan kesehatan.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.

5. Ibu Malayahati, M.T. dan Bapak Khairan AR, M.Kom. selaku Ketua dan Sekretaris Prodi Teknologi Informasi, yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Hendri Ahmadian, S.Si., M.I.M sebagai Penasehat Akademik yang senantiasa memberikan arahan, motivasi dan nasehat kepada penulis dari semester 1 hingga semester 8. Semoga semua yang bapak berikan kepada saya dibalaskan di akhirat kelak.
7. Ibu Cut Ida Rahmadiana, S.Si. selaku Staff Prodi Teknologi Informasi, yang senantiasa membantu dan selalu sabar menjelaskan kepada penulis dalam pemberkasan administrasi.
8. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknologi Informasi yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan di bidang Teknologi Informasi.
9. Kepada saudara-saudaraku tercinta, yang selalu memberikan dukungan tanpa henti selama masa perkuliahan, baik dalam bentuk semangat, doa, maupun bantuan materi. Terima kasih atas kasih sayang, motivasi, dan kepercayaan yang telah diberikan, yang menjadi kekuatan bagi saya dalam menyelesaikan perjalanan akademik ini.
10. Kepada kawan-kawan dari Letting 21 Teknologi Informasi yang telah menemani penulis sepanjang perjalanan akademik, dari semester 1 hingga semester 8. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan
11. Kepada sahabat-sahabat di Aromatic Coffee yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir. Terima kasih atas kebersamaan dan semangat yang diberikan.
12. Kepada kawan-kawan dari Fakultas Sains dan Teknologi yang telah menemani penulis sepanjang perjalanan akademik, dari semester 1 hingga semester 8. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan.
13. Pihak-pihak terkait yang lainnya yang membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak cukup dikategorikan sempurna, untuk itu penulis dengan segala kerendahan hati menerima saran dan kritikan guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dan semoga dicatat sebagai sebuah amal kebaikan oleh Allah SWT. Amiin Ya Rabbal A'lamin.

Banda Aceh, 17 April 2025

Penulis

Daffaul Aisar



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Nanopartikel	11
2.3 <i>Machine Learning</i>	12
2.4 <i>Python</i>	12
2.5 <i>Google Colaboratory</i>	13
2.6 Segmentasi Citra.....	13
2.7 <i>Thresholding</i>	14

2.8	<i>Watershed</i>	15
2.9	<i>Equivalent Circle Diamter (ECD)</i>	16
2.10	<i>Bounding Box</i>	16
2.11	Kerangka Pemikiran penelitian/ Kerangka teoritis.....	17
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Tahapan Penelitian.....	19
3.2	<i>Pra-Prosesing Data</i>	20
3.2.1	Pengumpulan data	20
3.2.2	Segmentasi Citra berbasis <i>Thresholding</i>	21
3.2.3	Pemisahan nanopartikel dengan <i>Watershed</i>	21
3.3	<i>Prosesing Data</i>	22
3.3.1	Perhitungan Ukuran Nanopartikel.....	22
3.3.2	Evaluasi dan Analisis.....	23
3.3.3	Validasi Hasil.....	24
3.4	Waktu dan Lokasi Penelitian	24
3.4.1	Waktu Penelitian.....	24
3.4.2	Lokasi Penelitian	24
3.5	Populasi	24
3.6	Sampel	25
3.7	Teknik pengumpulan data.....	25
3.8	Teknik Analisis Data.....	25
3.9	Alat dan Bahan	27
3.9.1	Perangkat Keras.....	27
3.9.2	Perangkat Lunak	28

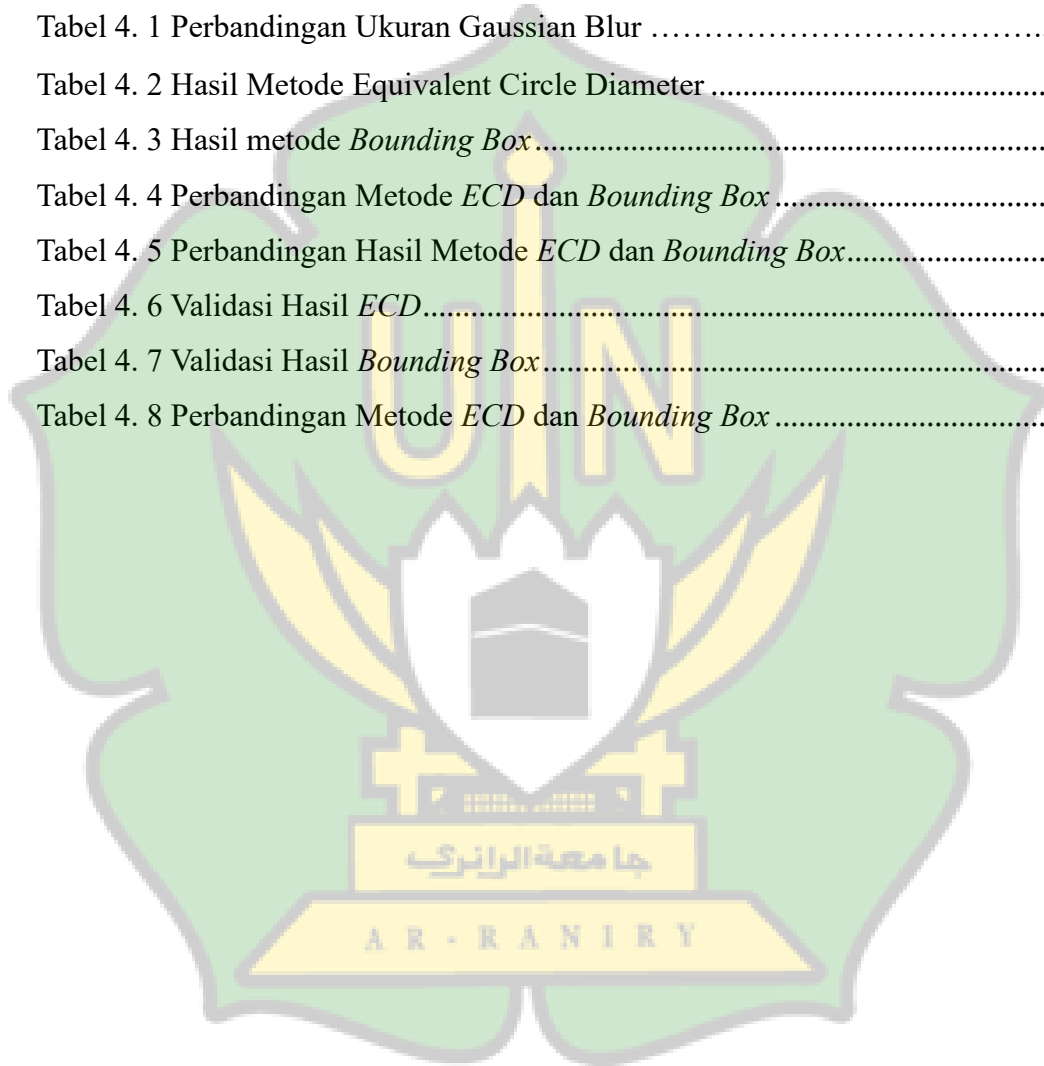
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 <i>Pra-Prosesing</i> Data.....	29
4.1.1 Pengumpulan Data.....	29
4.1.2 Segmentasi Citra berbasis <i>Thresholding</i>	30
4.1.3 Pemisahan nanopartikel dengan <i>Watershed</i>	38
4.2 <i>Prosesing</i> Data	42
4.2.1 Perhitungan ukuran nanopartikel.....	42
4.1.3 Evaluasi dan Analisis.....	47
4.1.4 Validasi Hasil.....	51
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
DAFTAR LAMPIRAN	63
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Teoritis	18
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	19
Gambar 3. 2 Tahapan Analisis Data	26
Gambar 4. 1 Tampilan situs website tempat dataset dapat diunduh.....	29
Gambar 4. 2 Contoh gambar nanopartikel	30
Gambar 4. 3 <i>Gaussian Blur</i> (5,5)	33
Gambar 4. 4 <i>Gaussian Blur</i> (3,3).....	33
Gambar 4. 5 <i>Gaussian Blur</i> (7,7).....	33
Gambar 4. 6 <i>Gaussian Blur</i> (9,9).....	33
Gambar 4. 7 Hasil <i>Otsu thresholding</i>	34
Gambar 4. 8 Hasil <i>Find Countur</i>	36
Gambar 4. 9 Hasil Segmentasi Citra berbasis <i>Thresholding</i>	37
Gambar 4. 10 Hasil <i>Watershed</i>	39
Gambar 4. 11 Labelin Nanopartikel.....	41
Gambar 4. 12 Perbandingan <i>ECD</i> dan <i>Bounding Box</i>	47
Gambar 4. 13 Grafik Akurasi <i>ECD</i>	53
Gambar 4. 14 Grafik Akurasi <i>Bounding Box</i>	55
Gambar 4. 15 Perbandingan <i>ECD</i> dan <i>Bounding Box</i>	57

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Perangkat Keras	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Perangkat Lunak	28
Tabel 4. 1 Perbandingan Ukuran Gaussian Blur	31
Tabel 4. 2 Hasil Metode Equivalent Circle Diameter	43
Tabel 4. 3 Hasil metode <i>Bounding Box</i>	44
Tabel 4. 4 Perbandingan Metode <i>ECD</i> dan <i>Bounding Box</i>	45
Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Metode <i>ECD</i> dan <i>Bounding Box</i>	46
Tabel 4. 6 Validasi Hasil <i>ECD</i>	52
Tabel 4. 7 Validasi Hasil <i>Bounding Box</i>	54
Tabel 4. 8 Perbandingan Metode <i>ECD</i> dan <i>Bounding Box</i>	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanopartikel merupakan komponen penting dalam nanoteknologi yang memiliki ukuran antara 1 hingga 100 nanometer, sehingga memberikan karakteristik unik seperti luas permukaan yang tinggi dan reaktivitas yang lebih besar dibandingkan material dalam skala makro. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, nanopartikel memiliki beragam aplikasi, mulai dari peningkatan efisiensi dalam sistem pemurnian air, remediasi lingkungan dari polusi logam berat, hingga penggunaan dalam pertanian sebagai bahan nano-pupuk dan pestisida yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Meskipun menjanjikan, penggunaan nanopartikel juga menghadirkan tantangan baru terkait potensi dampaknya terhadap kesehatan dan lingkungan, sehingga perlu adanya penelitian lanjutan dan pengaturan yang ketat dalam penggunaannya (Hamdan dkk., 2025.)

Seiring dengan perkembangan pesat Teknologi Informasi, kecerdasan buatan *Artificial Intelligence* (AI) telah menjadi inovasi transformatif yang berperan penting dalam mendukung kemajuan di berbagai sektor, termasuk kesehatan, kimia, biologi, dan pertanian. Integrasi antara AI dan penelitian berbasis nanopartikel membuka peluang baru untuk optimalisasi proses analisis, perancangan, serta implementasi teknologi nano secara lebih akurat dan efisien. Dalam konteks ini, nanopartikel menjadi salah satu topik utama yang banyak diteliti karena kemampuannya dalam meningkatkan sifat fisik, mekanik, dan kimia suatu material tanpa mengubah struktur atomiknya. Tren penelitian terhadap nanopartikel menunjukkan peningkatan signifikan, mengingat potensi aplikatifnya yang luas, seperti dalam pengembangan sistem penghantaran obat berbasis nano untuk terapi kanker, sensor biosintetik, pupuk berteknologi nano (nanofertilizer), serta material dengan sifat antibakteri untuk keperluan medis (Yang dkk., 2024).

Analisis distribusi ukuran nanopartikel merupakan tantangan signifikan dalam penelitian, mengingat keragaman dimensi partikel yang umumnya berada dalam rentang 1 hingga 100 nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini menyulitkan

proses karakterisasi apabila hanya mengandalkan teknik konvensional, seperti mikroskop optik atau spektrofotometri, yang terbatas dalam hal resolusi dan akurasi pada skala nano. Oleh karena itu, pengembangan metode analisis yang lebih presisi menjadi krusial untuk memperoleh data distribusi ukuran nanopartikel secara menyeluruh dan akurat (Roman Sazonov dkk., 2022).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pendekatan berbasis analisis citra digital mulai banyak diadopsi, khususnya melalui penerapan teknik segmentasi citra sebagai metode praproses utama dalam ekstraksi ukuran dan bentuk partikel. Segmentasi citra berperan dalam memisahkan objek nanopartikel dari latar belakang mikrograf, serta mengidentifikasi batas-batas antar partikel yang saling berdekatan atau tumpang tindih. Proses segmentasi dapat didasarkan pada atribut visual seperti intensitas piksel (grayscale), warna, tekstur, ataupun fitur spasial lainnya. Dalam praktiknya, segmentasi menghasilkan representasi citra yang terdiri atas himpunan wilayah homogen (super-piksel) yang memungkinkan pengukuran morfologi partikel secara kuantitatif. Secara formal, segmentasi citra adalah proses pemberian label pada setiap piksel dalam citra, di mana piksel dengan label yang sama menunjukkan kesamaan karakteristik tertentu (Dijaya dan Setiawan, 2023).

Salah satu pendekatan dasar namun efektif dalam segmentasi citra digital adalah metode *thresholding*. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian, termasuk dalam analisis citra ikan, segmentasi gambar penyakit jagung dan karakterisasi nanopartikel, karena kesederhanaannya serta kemampuannya dalam memisahkan objek dari latar belakang secara efisien. *Thresholding* merupakan teknik segmentasi yang mengubah citra grayscale menjadi citra biner dengan membedakan objek dari latar belakang berdasarkan nilai intensitas piksel. Teknik ini sangat efektif diterapkan pada citra yang memiliki perbedaan intensitas yang signifikan antara objek dan latar belakang (Fahla dkk, 2024).

Penelitian oleh (Zheng dkk., 2022) menggabungkan metode Otsu multi-threshold dengan algoritma Improved Particle Swarm Optimization (IPSO) untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi segmentasi citra. Metode Otsu mencari nilai ambang optimal dengan memaksimalkan varians antar kelas pada histogram citra, sementara versi multi-threshold yang dioptimalkan dengan IPSO menghasilkan

segmentasi yang lebih cepat dan akurat tanpa memerlukan data pelatihan. Hasilnya menunjukkan efisiensi dan akurasi yang tinggi.

Penelitian berjudul "*Multi-Threshold Image Segmentation of Maize Diseases Based on Elite Comprehensive Particle Swarm Optimization and Otsu*" menunjukkan bahwa kombinasi metode Otsu dengan algoritma GCLPSO meningkatkan akurasi dan efisiensi segmentasi citra penyakit jagung. Metode ini unggul dalam hal PSNR, SSIM, dan FSIM, serta mampu mempertahankan fitur lokal gambar dengan baik, menghasilkan segmentasi yang lebih jelas dan stabil pada berbagai jenis penyakit daun jagung (Chen dkk., 2021)

Metode *watershed* merupakan teknik segmentasi citra yang efektif, terutama dalam memisahkan objek yang saling berdekatan atau bertumpang tindih. Algoritma ini memodelkan citra sebagai permukaan topografi, di mana intensitas piksel diasosiasikan dengan ketinggian. Segmentasi dimulai dengan penentuan *marker* sebagai indikator awal untuk objek dan latar belakang. Selanjutnya, diterapkan *distance transform* untuk mengidentifikasi pusat objek sebagai titik awal aliran. Proses *watershed* kemudian mensimulasikan pengisian area rendah hingga batas antar objek ditemukan, menyerupai pertemuan aliran air dari berbagai lembah. Teknik ini terbukti sangat berguna dalam analisis citra mikroskopis, seperti pada penelitian nanopartikel dan sel biologis, karena meningkatkan akurasi dalam identifikasi serta pemisahan objek yang berdekatan, sebagaimana dijelaskan oleh Najman dan Couprie (2021) dalam kerangka hierarchical segmentation (Saifullah, 2020).

Penelitian oleh (Oktay dan Gurses, 2019) mengembangkan pendekatan deep learning berbasis Multiple Output Convolutional Neural Network (MO-CNN) untuk deteksi, lokalisasi, dan segmentasi otomatis nanopartikel dalam citra mikroskopis. Metode ini menghasilkan akurasi tinggi (98,23% untuk deteksi dan 96,59% untuk segmentasi) pada citra TEM nanopartikel Fe_3O_4 dan silika. Meskipun demikian, pendekatan berbasis deep learning membutuhkan dataset besar dan sumber daya komputasi tinggi, sehingga penelitian ini menawarkan alternatif lebih sederhana dengan menggabungkan segmentasi thresholding adaptif dan algoritma watershed. Pendekatan ini dapat mendeteksi dan mengukur nanopartikel tanpa pelatihan atau perangkat keras canggih, serta mampu

mengatasi tumpang tindih partikel, memberikan solusi praktis dan efisien untuk lingkungan laboratorium dengan keterbatasan sumber daya.

Pada penelitian yang dikembangkan oleh (Zelenka dkk, 2022) metode berbasis deep learning untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan nanopartikel dari citra HAADF-STEM secara otomatis. Dengan menggabungkan Mask Scoring RCNN dan EfficientNet serta augmentasi data menggunakan GAN, metode ini mampu meningkatkan akurasi deteksi dan klasifikasi partikel secara signifikan. Hasilnya menunjukkan distribusi ukuran dan jenis partikel yang konsisten dengan metode manual. Namun, penelitian ini masih memiliki kekurangan seperti ketidakseimbangan data kelas dan tantangan dalam mendeteksi partikel yang saling tumpang tindih.

Pada Penelitian yang dikembangkan oleh (Boateng dkk, 2024) metode prediksi ukuran nanopartikel dan extracellular vesicles (EVs) menggunakan jaringan ResNet berbasis data simulasi dari optical tweezers. Hasilnya menunjukkan akurasi tinggi, bahkan mengungguli metode Lorentzian fitting dan CNN, serta mampu bekerja baik meskipun data pengukuran terbatas. Namun, masih terdapat bias antara data simulasi dan eksperimen, dan akurasi menurun saat jumlah data dikurangi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan kajian mengenai analisis distribusi ukuran nanopartikel berbasis segmentasi citra menggunakan metode *thresholding* dan *watershed*. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman dan pengembangan teknologi dalam bidang nanopartikel, serta menghasilkan analisis distribusi ukuran yang akurat dengan pendekatan yang tepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka pertanyaan yang hendak dijawab dalam penelitian ini adalah: ‘Bagaimana validitas distribusi ukuran nanopartikel berdasarkan hasil segmentasi wilayah citra yang dilakukan dengan metode *thresholding* dan *watershed*?’.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka bisa diambil tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur validitas distribusi ukuran nanopartikel

berdasarkan hasil segmentasi wilayah citra yang dilakukan dengan metode *thresholding* dan *watershed*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai efektivitas metode *Thresholding* dan *Watershed* dalam segmentasi wilayah citra. Dengan memahami kelebihan dan kekurangan masing-masing metode, peneliti dan praktisi dapat memilih teknik yang paling sesuai untuk aplikasi spesifik dalam analisis citra.
2. Dengan mengukur validitas distribusi ukuran nanopartikel berdasarkan hasil segmentasi, penelitian ini akan memberikan kontribusi terhadap akurasi pengukuran ukuran nanopartikel.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya berfokus pada distribusi ukuran nanopartikel dan segmentasi wilayah citra menggunakan *thresholding* dan *watershed* sehingga dapat membantu dalam menghitung mengukur ukuran nanopartikel.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk dapat mengetahui isi penelitian ini, maka secara singkat akan disusun dalam sistematika penulisan sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini berisi gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari sistematika penulisan.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Bab ini memuat materi-materi yang menunjang penelitian ini.
3. **BAB III METODE PENELITIAN**
Bab ini menjelaskan berbagai metode yang digunakan untuk penelitian ini dapat selesai.
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan menjelaskan hasil dari penelitian ini dari awal sampai selesai.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini akan menjelaskana Kesimpulan dari penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.

