

**PENERAPAN ALGORITMA HOUGH CIRCLE TRANSFORM
SEBAGAI METODE PENGUKURAN GELEMBUNG
MIKRO DENGAN PARAMETER PENGUJIAN ANOTASI
MANUAL DAN AKURASI**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian syarat
memperoleh derajat Sarjana S1

Program Studi: Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

diajukan oleh:

Dinda Salsabiila Padmakirana

17106020003

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2024



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1051/Un.02/DST/PP.00.9/07/2024

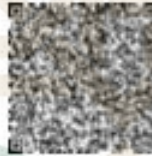
Tugas Akhir dengan judul : Penerapan Algoritma Hough Circle Transform Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro Dengan Parameter Pengujian Anotasi Manual dan Akurasi

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DINDA SALSABIILA PADMAKIRANA
Nomor Induk Mahasiswa : 17106020034
Telah diujikan pada : Selasa, 07 Mei 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

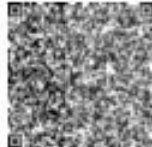
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Frída Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

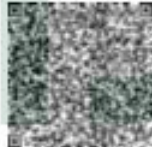
Valid ID: 6684ca17ad24f



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

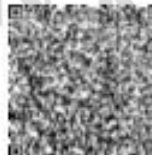
Valid ID: 66870c5dbd53f



Penguji II

Dr. Widayanti, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 66870d4592ce5



Yogyakarta, 07 Mei 2024

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 668785623227

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinda Salsabiila Padmakirana

NIM : 17106020034

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Penerapan Algoritma Hough Circle Transform Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro Dengan Metode Pengujian Anotasi Manual dan Akurasi” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 8 Maret 2024

Penulis



Dinda Salsabiila Padmakirana
17106020034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Proposal

Kepada:

Yth. Ketua Program Studi Fisika

Fakultas Saintek UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di tempat

Assalaamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa proposal skripsi Saudara:

Nama : Dinda Salsabiila Padmakirana
NIM : 17106020034
Prodi / smt : Fisika/ 14
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Hough Circle Transform* Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro Dengan Parameter Pengujian Anotasi Manual Dan Akurasi

sudah dapat diseminarkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalaamu 'alaikum wr. wb.

Pembimbing II

Taufik Ibnu Salim, S.Si., M.T.

Yogyakarta, 24 Maret 2024

Pembimbing I

Frida Agung Rahmadi, S.Si., M.Sc

NIP. 19780510 200501 1 003

PENERAPAN ALGORITMA HOUGH CIRCLE TRANSFORM SEBAGAI METODE PENGUKURAN GELEMBUNG MIKRO DENGAN PARAMETER PENGUJIAN ANOTASI MANUAL DAN AKURASI

Dinda Salsabiila Padmakirana

17106020034

Telah dilakukan penelitian analisis algoritma *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro dengan metode pengujian anotasi manual dan akurasi. Metode pengukuran gelembung mikro yang ada dirasa tidak mampu mengukur ukuran gelembung dibawah $150 \mu m$, dan memiliki perlengkapan yang dirasa kurang ringkas. Algoritma *hough circle transform* memungkinkan untuk menjadi metode pengukuran gelembung mikro yang lebih optimal dari metode pengukuran mikro sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan menguji algoritma *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro. Metode penelitian melibatkan *google colab* sebagai proses pemrograman algoritma *hough circle transform*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 5 sampel dengan tiap sampel berdurasi 10 detik. Pada penelitian ini dapat disimpulkan, algoritma *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro mampu mendeteksi gelembung dengan ukuran radius terkecil $5 \times 10^{-3} \mu m$, dengan hasil anotasi manual setidaknya lebih dari 50% menghasilkan pendeteksian benar dan nilai akurasi rata-rata dari kelima sampel data sebesar 64,36%.

Kata Kunci: *Hough Circle Transform*, Pengukuran Gelembung Mikro, Anotasi Manual, Akurasi.

THE USAGE OF THE HOUGH CIRCLE TRANSFORMATION ALGORITHM AS A MICRO BUBBLE MEASUREMENT METHOD WITH MANUAL ANNOTATION AND ACCURACY TESTING PARAMETERS

Dinda Salsabiila Padmakirana

17106020034

The Hough transform algorithm was analyzed as a microbubble measurement technique using accuracy testing procedures and manual annotation. The equipment used in current microbubble measuring techniques is too large and bulky to measure bubble sizes lower than 150 μm . Compared to the current microbubble measuring techniques, the Hough transform algorithm might be a more efficient technique. The Hough circle transform algorithm will be used and tested in this study as a microbubble measurement technique. Google Colab is used in the study methodology as process developing the Hough Circle Transform Algorithm. Five samples, each lasting ten seconds, were used in this study. This study concludes that the Hough circle transform algorithm, as a micro bubble measurement method, can detect bubbles with the smallest radius size of $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$. An average accuracy value of 64.36% is produced for the five data samples with manual annotation results of at least more than 50% producing correct detection.

Keywords: *Hough transform, microbubble measurement, manual annotation, accuracy.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

“Janganlah kamu berduka cita, sesungguhnya Allah selalu bersama kita.”

QS. At-Taubah:40



Allah SWT.

Orang tua penulis Bunda Diah Pikanti Rahayu dan Ayah Fanda Biwijay

Harunawan

Fisika 2017

Study Club Fisika Instrumentasi

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Assalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, alhamdulillah, Alhamdulillah rabbi 'alamin puja dan puji syukur kami panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas berkat rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisis Algoritma *Hough Circle Transform* Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro Dengan Metode Pengujian Anotasi Manual dan Akurasi”. Shlawat serta salam tidak lupa tercurahkan selalu kepada Nabi yang insyaa Allah akan memberi syafaat ialah Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para umatnya.

Alhamdulillah berkat dukungan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Karenanya penulis menyampaikan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Ayah Fanda Biwijaya H yang telah memberikan arahan dalam penulisan Tugas Akhir, dan Bunda Diyah Pikanti Rahayu yang selalu memfasilitasi penulis untuk menyelesaikan studi Fisika penulis. Terimakasih atas semangat, motivasi, dukungan dan segala doa kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan serta rasa cinta dan kasih sayang kepada orangtua penulis.
2. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Fisika yang senantiasa memberikan pengarahan dalam tugas akhir ini. Serta, selaku dosen pembimbing akademik yang membimbing penulis sejak sah statusnya sebagai mahasiswa fisika. Semoga senantiasa dipermudah segala urusannya serta keberkahan selalu tercurah kepada beliau dan semoga selalu memberikan yang terbaik untuk generasi fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan pengarahan dalam tugas akhir ini. Semoga keberkahan selalu tercurah kepada beliau dan semoga segala kebaikan mendapat balasan dari Allah SWT.

4. Bapak Taufik Ibnu Salim, M.T selaku dosen pembimbing lapangan saya yang senantiasa memberikan pengarahan dalam tugas akhir ini. Semoga senantiasa dipermudah segala urusannya serta keberkahan selalu tercurah kepada beliau.
5. Seluruh dosen Fisika maupun luar fisika yang pernah memberikan ilmunya kepada penulis, semoga mendapat balasan dari Allah SWT.
6. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
7. Teman-teman Fisika 2017 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang terus support dalam Tugas Akhir penulis.
8. Serta semua pihak yang memberikan bantuan tulus, dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak disebutkan satu persatu.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu diharapkan kritik dan saram demi kemajuan dan peningkatan tugas akhir ini. Semoga penelitian ini bermanfaat untuk smuanya.

Wassalamualaikum warakhmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, Juni 2024

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
INTISARI	v
ABSTRACT.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Air bersih.....	9
2.2.2 Fiqh Air Bersih	11
2.2.3 Citra (Image).....	12
2.2.4 Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing)	15
2.2.5 Open CV	18
2.2.6 Hough Circle Tansform	21
2.2.7 Python.....	22
2.2.8 Google Colab.....	23
2.2.9 Parameter Pengujian.....	24
BAB III	26
METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	26
3.2.1. Alat Penelitian.....	26

3.2.2.	Bahan Penelitian.....	27
3.3.	Prosedur Penelitian	27
3.3.1.	Pengambilan Data	27
3.3.2.	Pengolahan Data.....	31
BAB IV	.....	36
Hasil dan Pembahasan	.....	36
4.1.	Hasil Penelitian	36
4.1.1.	Hasil Penerapan Algoritma Hough Circle Transform Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro	36
4.2.1.	Hasil Pengujian.....	43
4.2.	Pembahasan	49
4.2.1.	Pembahasan Hasil Penerapan Hough Circle Transform Sebagai Metode Pengukuran Gelembung Mikro	49
4.3.	Integrasi-Interkoneksi.....	53
BAB V	.....	54
PENUTUP	.....	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	.....	56
LAMPIRAN	.....	61
Lampiran 1 : Pengambilan Data		61
1.1.	Persiapan Alat dan Bahan	61
1.2.	Perekaman Citra	61
Lampiran 2 : Pengolahan Citra		63
2.1	Script, Screenshot dan Hasil Preprocessing Grayscale serta Thresholding Binary	63
2.2	Script dan Screenshot Pelatihan Algoritma Hough Circle Transform.....	67

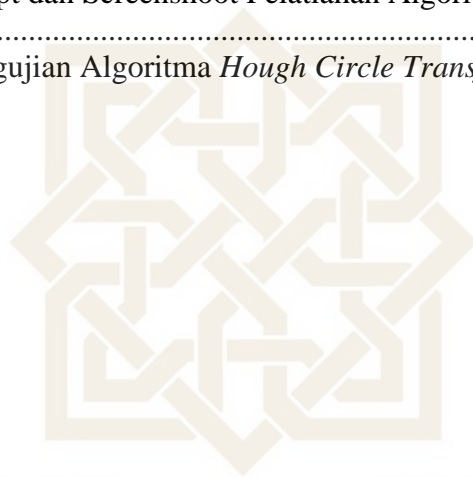
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Table 2.1 Parameter Fisik Sesuai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.....	10
Tabel 3. 1 Daftar Alat Untuk Mengambil Data Gelembung Oksigen	26
Tabel 3. 2 Daftar Alat Perekaman Citra Gelembung Oksigen	27
Tabel 3. 3 Hasil Penerapan Algoritma	34
Tabel 3. 4 Klasifikasi Pendeteksian	35
Tabel 4. 1 Hasil Mikro Sampel 1	38
Tabel 4. 2 Hasil Mikro Sampel 2	39
Tabel 4. 3 Hasil Mikro Sampel 3	63
Tabel 4. 4 Hasil Mikro Sampel 4	63
Tabel 4. 5 Hasil Mikro Sampel 5	63
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Sampel 1	63
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sampel 2	44
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Sampel 3	45
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sampel 4	46
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Sampel 5	47
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Akurasi.....	48
Tabel 5. 1 Hasil Perekaman Citra	61
Tabel 5. 2 Hasil Preprocessing Grayscale	61
Tabel 5. 3 Preprocessing Thresholding Binary	617

Gambar 2.1	Citra Biner Ukuran 5 X 8 Piksel Dan Representasi Dalam Digital .	14
Gambar 2.2	Citra Greyscale Atau Keabuan	14
Gambar 2.3	Citra Warna Atau Rgb Image (True Color)	15
Gambar 2.4	Perbandingan Citra	15
Gambar 3. 1	Diagram Alir Pengambilan Data	28
Gambar 3. 2	Diagram Alir Perekaman Citra	30
Gambar 3. 3	Alur Pengolahan Data	31
Gambar 4. 1	Hasil Penerapan Algoritma Hough Circle Tranform	31



LAMPIRAN	62
Lampiran 1 : Pengambilan Data	62
1.1. Persiapan Alat dan Bahan.....	62
1.2. Perekaman Citra	63
Lampiran 2 : Pengolahan Citra	64
2.1 Script, Screenshoot dan Hasil Preprocessing Grayscale serta Thresholding Binary	64
2.2 Script dan Screenshoot Pelatihan Algoritma Hough Circle Transform	68
2.3 Pengujian Algoritma <i>Hough Circle Transform</i>	70



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

1.1. Latar belakang

Kebutuhan akan air yang layak merupakan salah satu masalah dasar di Indonesia. Perbandingan kebutuhan air secara internasional, menunjukkan kebutuhan konsumsi air secara normal per orang sekitar 144 liter per hari dengan perincian 65 persen mandi (Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2022). Rata-rata kebutuhan air bersih di level kabupaten memiliki presentase mencapai 49 persen dengan rentang distribusi antara 1 persen sampai dengan 100persen (BPS,2015), berdasar dari data tersebut menunjukkan bahwa akses air yang layak masih sangat timpang di Indonesia.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Hal ini dinyatakan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.32 tahun 2017.

Sedangkan dalam Al-Quran peran air dijelaskan dalam QS. Al-Anbiya' : 30

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ - ٣

Artinya: *dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman?* (QS. Al-Anbiya': 30).

Struktur tubuh manusia, setidaknya terdapat 60% - 70% terdiri dari air, sehingga air sangat penting bagi makhluk hidup untuk bertahan hidup. Manusia tanpa air hanya mampu bertahan hidup selama tiga sampai empat hari.

Air adalah cairan paling esensial bagi eksistensi manusia, bahkan bahan baku penciptaan makhluk hidup dan bumi seisinya. Al-Quran telah menjelaskan proses daur ulang air secara alami pada surah *Ar-Rum* : 48, yang berbunyi

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَنَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خَلَلِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ

Artinya: Allah-lah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang Dia kehendaki, dan menjadikannya bergumpal-gumpal, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya, maka apabila Dia menurunkannya kepada hamba-hamba-Nya yang Dia kehendaki tiba-tiba mereka bergembira (QS. Ar-Rum : 48).

Kualitas air bersih memiliki ciri yaitu, tidak berwarna, tidak memiliki rasa, tidak berbau dan memiliki kadar oksigen yang tinggi. Air yang memiliki warna keruh seperti, jingga, coklat hingga hitam, maka dapat dikatakan mengandung zat-zat yang berbahaya (LIPI, 2017). Air yang memiliki rasa, seperti rasa asin dan logam, maka bisa dikatakan air terkontaminasi oleh karat pada pipa salurn air, hal inilah yang menyebabkan adanya tembaga, logam, ataupun timah yang terlarut dalam air. Aroma yang terapat dalam air, juga menandakan adanya kontaminasi bakteri atau pembusukan zat organik. Air dengan kadar oksigen tinggi, dapat membantu kelangsungan makhluk hidup (National Geographic Indonesia, 2024).

Untuk menjaga kualitas air terdapat proses daur ulang, baik secara alami maupun buatan. Seperti yang telah kita ketahui dan dijelaskan dalam Al-Quran proses hujan merupakan proses daur ulang secara alami.

Sedangkan poses daur ulang secara buatan, yaitu menginjeksikan gelembung oksigen pada air. *Oxygen* terlarut dalam air mampu membantu proses respirasi, degradasi bahan organik maupun anorganik, proses metabolisme dan pertukaran zat yang menghasilkan energi untuk membantu pertumbuhan dan perkembangbiakan (Salimini, 2005). *Oxygen* juga dipelukan oleh bakteri aerob

untuk mengurai limbah pada air, sehingga membantu proses daur ulang air buatan secara perlahan.

Kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dalam air semakin tinggi, semakin baik kualitas air. Proses injeksi *microbubble* oksigen dibutuhkan, untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Sehingga proses injeksi *microbubble* oksigen menjadi salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menaikkan kualitas air semakin baik.

LUTOR adalah *LIPI Ultrafine Bubble Generator* tersusun oleh *nozzle*, selang PU katup pengaturan keluaran udara. Proses kerja LUTOR dengan menggunakan selang PU katup sebagai *output oxygen*, dibantu *nozzle* yang akan mengalirkan gelembung *oxygen* sesuai indicator yang tertera pada LUTOR.

Ukuran gelembung mikro yaitu $10^{-6} m$, nano memiliki ukuran $10^{-9} m$, sedangkan piko memiliki ukuran $10^{-12} m$, sedangkan ukuran gelembung yang dihasilkan oleh LUTOR dirasa masih terlalu besar dengan ukuran gelembung minimal $200\mu m$, sehingga memiliki nilai apung yang tinggi, dan kadar oksigen terlarut dalam air menurun dengan cepat.

Untuk mendapatkan nilai apung yang rendah, maka diperlukan gelembung dengan ukuran lebih kecil yang dihasilkan oleh generator. Ukuran gelembung yang dihasilkan oleh generator dapat diketahui dengan metode pengukuran gelembung yang lebih mudah dan ringkas serta dapat mengetahui ukuran yang lebih kecil dari pengukuran sebelumnya. Metode pengukuran gelembung mikro yang telah ada dirasa tidak mampu mengukur ukuran gelembung dibawah $1500 \mu m$, dan memiliki

perlengkapan yang dirasa kurang ringkas dan mengharuskan menggunakan ruangan gelap (LIPI, 2018).

Metode pengukuran *microbubble* yang dapat mengukur ukuran gelembung yang lebih kecil serta memiliki perlengkapan yang ringkas, dirasa dapat membantu penelitian dalam menghasilkan ukuran *gelembung* yang semakin kecil dari ukuran sebelumnya. Terdapat beberapa metode pengukuran gelembung mikro yang digunakan sampai saat ini yaitu *mie scattering* (Russel, 2020), *spectral imaging* (Browning, 2020), *optical scattering* (Miwa, 2010). Metode pengukuran sebelumnya memerlukan *hardware*, *software* serta ruangan gelap dalam melakukan pengukuran gelembung mikro. Hal ini dirasa kurang efisien dalam melaksanakan pengukuran.

Pada penelitian ini mengusulkan penerapan metode *hough circle transform* sebagai solusi metode pengukuran *microbubble* saat ini, dirasa mampu meminimalisir *hardware*, *software* serta ruangan gelap yang digunakan dalam metode pengukuran gelembung mikro. *Hough Circle Transform* adalah metode yang diterapkan dalam mengisolasi suatu fitur pada sebuah citra, dalam mendeteksi bentuk-bentuk geometri seperti lingkaran, garis, elips, dan lain-lain.

Metode ini mencari ruang pencarian 3D Hough, transformasi dapat mengukur *centroid* dan radius setiap objek melingkar dalam sebuah gambar. Salah satu penerapan metode *hough circle transform* yaitu diameter lingkaran. Metode *hough circle transform* ini sebelumnya telah dilakukan sebagai prototipe alat sortir buah apel oleh Universitas Islam Indonesia tahun 2019. Penelitian tersebut menampilkan citra hasil peneraan *hough circle transform*, yang akan muncul

lingkaran berwarna ungu di sekeliling citra buah apel yang baik (Universitas Islam Indonesia, 2019)

Kinerja penerapan *hough circle transform* sebagai metode pengukuran *microbubble* perlu divalidasi untuk menghasilkan nilai akurasi dan presisi. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk menganalisa keoptimalan metode *hough circle transform* sebagai metode pengukuran *microbubble*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana penerapan *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro?
2. Bagaimana kinerja *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menerapkan metode *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro.
2. Menguji penerapan algoritma *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro.

1.4. Batasan Penelitian

Untuk memperjelas tujuan penelitian, dilakukan pembatasan penelitian.

Batasan-batasan dalam penelitian ini diperinci sebagai berikut:

1. Pengolahan citra penerapan *hough circle transform* sebagai metode pengukuran *microbubble* dengan bahasa *Python*.

2. Parameter yang dihasilkan kemampuan klasifikasi dan nilai akurasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Jika algoritma *hough circle transform* dapat diterapkan sebagai metode pengukuran *microbubble*, dapat menjadi alternatif yang lebih efektif daripada metode lain. Jika metode ini tervalidasi, maka dapat dijadikan referensi penelitian lebih lanjut, tentang metode pengukuran gelembung mikro.



5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan memvalidasi algoritma *hough circle transform* sebagai metode pengukuran gelembung mikro. Berdasarkan hasil penelitian beserta pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Metode pengukuran gelembung mikro menggunakan algoritma *hough circle transform*, telah berhasil diterapkan menggunakan pustaka *open cv*, serta *platform google colab*. Hasil penerapan berupa tabel yang meliputi ukuran tiap gelembung mikro pada citra, dan gambar gelembung yang berhasil diduplikasi oleh algoritma *hough circle transform*
2. Metode pengukuran gelembung mikro menggunakan algoritma *hough circle transform* telah berhasil diuji. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil anotasi manual setidaknya lebih dari 50% menghasilkan pendeteksian benar dan nilai akurasi rata-rata dari kelima sampel data sebesar 64,36% yang berarti memiliki nilai akurasi yang baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan pada algoritma *hough circle transform* yang perlu diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran peneliti terhadap penelitian yang dapat dilakukan berikutnya.

1. Citra gelembung mikro yang direkam melalui *Solomi USB Microscope – LED Digital Electronic Microscope with Bracket 50X – 1600X* menimbulkan *noise* pada saat penerapan algoritma *hough circle transform*. Sehingga, sebelumnya terlebih dahulu memastikan Lensa *Solomi USB Microscope – LED Digital Electronic Microscope with Bracket 50X – 1600X* bersih.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan *image processing* yang mampu membuat citra lebih jelas untuk mendeteksi gelembung mikro dengan algoritma *hough circle transform*.

- Allbab, U. 2016. *Studi Analisis Nilai Sebaran Kadar Oksigen Terlarut Dalam Aliran (DO) Pada Hulu Dan Hilir Bangunan Bendung Di Daerah Irigasi Tumpang Kabupaten Malang*. (Disertasi), Program Doktor. Malang, Universitas Brawijaya.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Aryani, T. 2017. Analisis Kualitas Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Di Yogyakarta Ditinjau Dari Parameter Fisik Dan Kimia Air. *Media Ilmu Kesehatan* **Vol.6, No.1**.
- Balai Pelatihan Kesehatan Cikarang. 2011. *Penjernihan Air dengan Metode Filtrasi dan Aerasi. Pelatihan Tepat Guna dan Kesehatan Lingkungan (Modul)*. Cikarang.
- Bradski, Gary., Kaehler, Adrian. 2008. *Learning OpenCV*. Sebastopol: Penerbit O'Reilly Media, Inc.
- Daramusseng, A. and Syamsir, S. 2021. 'Studi Kualitas Air Sungai Karang Mumus Ditinjau dari Parameter Escherichiacoli Untuk Keperluan Higiene Sanitasi', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), pp. 1–6. doi: 10.14710/jkli.20.1.1-6.
- Putra Ketut Gede, D. 2009. *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Divya, A. H. and Solomon, P. A. 2016. 'Effects of Some Water Quality Parameters Especially Total Coliform and Fecal Coliform in Surface Water of Chalakudy River', *Procedia Technology*, 24, pp. 631–638. doi: 10.1016/j.protcy.2016.05.151.

- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan – Cetakan Kelima. Kanisius. Yogyakarta.
- Eukene, B. F., Joyce, M., dan Maglangit, F. 2014. *Water Quality Assessment of Bulacao River, Cebu, Philippines Using Fecal and Total Coliform as Indicator. Journal of Biodiversity and Environmental Science (JBES)*, 5(1) : 470 – 475.
- Gonzalez, Rafael C. 1977. *Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing*.
- H.Chao, Y. Cao, and Y.Chen, 1995. *Autopilots for Small Unmanned Aerial Vehicles: A Survey, International Journal of Control, Automation, and System*
- Harfield, C. 2016. *Analysis of the Uncertainty in Microbubble Characterization : Ultrasound in Medicine and Biology*
- Irianto, K. 2007. Pendeteksian Gerakan Berbasis Kamera Menggunakan *Library Open Source Computer Vision* Pada Ruangan. (Tugas Akhir), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kadir A. 2005. Dasar Pemrograman Python, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kementrian Kesehatan RI. 2017. Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang Solus/Aqua, dan Pemandian Umum. Jakarta.
- M. Kom, K. K. T. Game, dan K. Kunci. 20018. ‘Penggunaan Algoritma Hough Tranforms Untuk Deteksi Bentuk Lingkaran pada Ruang 2D’, pp. 2–5.

- Masduqi, A. dan Slamet, A. 2002. Satuan Operasi untuk Pengolahan Air. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Mahida, U. N. 1986. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. CV Rajawali. Jakarta.
- Mangaras, Bambang dan Dessyanto. 2022. Dasar Pengolahan Citra. Penerbit LPPM UPN Veteran. Yogyakarta
- Miwa T, 2010. *Optical scattering measurement of microbubble cloud dynamics in ultrasound, Japanese Journal of Applied Physics*
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technology. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.*
- Munir, R. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan pendekatan Algoritmik, Informatika, Bandung.
- Munir, R. 1999. Pengelompokan Blok Ranah Berdasarkan Rata-rata dan Variansi Intensitas Pixel pada Pemampatan Citra dengan Transformasi Fraktal, (Tesis) Magister Informatika ITB, Bandung.
- Nagataries, D. Hardirianto, S. dan Purnomo, M.H., 2012. Deteksi Objek pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Genetika untuk Studi Kasus Sel Sabit.
- McLaughlin, R. 1999. *Randomized Hough Transform: Improved ellipse detection with comparison*, Pattern Recognit. Lett., **vol. 19, no. 3–4, pp. 299–305**

- Kurnia, R dan Silvaningrum, N 2008. Deteksi Objek Berbasis Warna Dan Ukuran Dengan Bantuan Interaksi Komputer-Manusia, Semin. Nas. Apl. dan Teknol., pp. 115–125.
- Richard J, 2020. *Spectral Imaging for Microbubble Characterization* : Langmuir
- Russell P, 2020. *Calibration of Mie scattering imaging for microbubble measurement in hydrodynamic test facilities* : Experiments in Fluids
- Inverso, S. A. 2006. *Ellipse Detection Using Randomized Hough Transform*, Introd. to Comput. Vis. 4005-757, pp. 1–28,.
- Handford, S.D. 2005. *A Small Semi-Autonomous Rotary-Wing Unmanned Air Vehicle*, The Pennsylvania State University, University Park, PA.
- Sayekti Wahyu, R dkk. 2015. Studi Evaluasi Kualitas Dan Status Trofik Air Waduk Selorejo Akibat Erupsi Gunung Kelud Untuk Budidaya Perikanan. Jurnal Pengairan. 6 (1).
- Scholihin, A. 2020. Analisa Sebaran Kualitas Air Pada Waduk Sutami Dengan Menggunakan Program WASP 7.1. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang
- Simanjuntak, M. 2007. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. Ilmu Kelautan, 12 (2) : 59 – 66
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. Jurnal Teknologi Lingkungan. 5 (2).
- Syamiazi, N. 2015. Kualitas Air Di Waduk Nandra Kerenceng Kota Cilegon Provinsi Banten. Jurnal Akuatika. VI (2): 161-169.

Wardhana, Wisnu Arya. Dampak pencemaran lingkungan., 2004. Wetzel, Robert G. "Gradient-dominated ecosystems: sources and regulatory functions of dissolved organic matter in freshwater ecosystems." Dissolved organic matter in lacustrine ecosystems. Springer, Dordrecht, 1975. 181-198. Penerbit Andi, Yogyakarta.

Yuwono, B. 2010 Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering, dan Gaussian Filtering, Jurnal Telematika, **Vol. 7, No. 1, hlm 65-75.1.**

