SKRIPSI

PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

(Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali)

Disusun Oleh :

Refi Marinda

NIM 22.25.026

PROGRAM STUDI TEKNIK GERODESI S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

MALANG

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

(Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Mencapai Gelar Sarjana Teknik (S.T) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil DAN Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun oleh:

Refi Marinda

2225026

Menyetujui,	Menyetujui,
Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Hery Purwanto, ST., M.Sc	Adkha Yulianaudha M, ST, MT
NIP.Y.103000345	NIP.P. 1031700526

Menyetujui,

Ketua Program Studi Teknik Geodesi S–1

Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.

NIP.Y 1039500280

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA	:	**REFI MARINDA**
NIM	:	**2225026**
JURUSAN	:	**TEKNIK GEODESI**
JUDUL	:	**PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER**

Telah Dipertanahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang dan Diterima untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Bidang Teknik Geodesi.

Pada Hari/Tanggal : Kamis/07 Agustus 2026
Dengan Nilai : _____

Panitia Ujian Skripsi
Ketua Penguji

Feny Arafah, S.T., M.T.
NIP.P. 1031500516

Anggota Penguji

Dosen Penguji I	**Dosen Penguji II**
Alifa Noraini, S.T., M.T.	**Heru Purwanto, S.T., M.Sc**
NIP.P. 1031500476	**NIP.Y.103000345**

PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

(Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali)

Refi Marinda (22.25.026)

Dosen Pembimbing I : Hery Purwanto, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing II : Krishna Himawan Subiyanto.,S.T.,M.Sc

ABSTRAK

Informasi karakteristik sedimen dan dinamika volume dasar laut sangat penting dalam survei hidrografi serta pengelolaan wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan sedimen dasar laut menggunakan *Machine Learning* berbasis data *backscatter Multibeam Echosounder* (MBES) MC100 dan menghitung selisih volume batimetri (MC50 vs MC100) di Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali. Pengolahan awal menggunakan perangkat lunak FMGT menghasilkan mosaik *backscatter* dan 13 parameter *Angular Range Analysis* (ARA). Validasi model menggunakan 41 titik *grab sample* (lumpur, batu, pasir) dengan skema pembagian 70% data latih dan 30% data uji. Dari 33 algoritma yang diuji pada MATLAB *Classification Learner*, metode *Fine K-Nearest Neighbor* (FKNN) menunjukkan performa terbaik dengan akurasi pelatihan 96,60% dan validasi pengujian 84,62%, mengungguli *Bagged Tree* (82,76% dan 75,00%). Pemetaan spasial pada area ±13,5 ha didominasi oleh lumpur (87,02%), batu (12,14%), dan pasir (0,84%). Sementara itu, analisis volume *Surface to Surface* (DTM *to* DTM) pada TeraModel menghasilkan *Cut Volume* sebesar 824.546,80 m^3, *Fill Volume* 667,70 m^3, dan selisih bersih (*Net Difference*) 823.879,10 m^3 (*status WASTE*), yang menunjukkan dominasi pengurangan elevasi dasar laut.

Kata Kunci: *Multibeam Echosounder*, *Backscatter*, *Angular Range Analysis*, *Machine Learning*, *Fine K-Nearest Neighbor*, Klasifikasi Sedimen, TeraModel, Volume *Surface to Surface*.

PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

(Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali)

Refi Marinda (22.25.026)

Dosen Pembimbing I : Hery Purwanto, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing II : Krishna Himawan Subiyanto.,S.T.,M.Sc

ABSTRACT

Seafloor sediment characteristics and volumetric dynamics are essential for hydrographic surveying and coastal zone management. This study aims to classify seafloor sediments using a Machine Learning approach based on Multibeam Echosounder (MBES) MC100 acoustic backscatter and calculate bathymetric volume differences (MC50 vs. MC100) in Tanjung Benoa Port, Bali. Pre-processing via FMGT software produced backscatter mosaics and 13 Angular Range Analysis (ARA) parameters. Ground truth data from 41 grab samples (mud, rock, sand) were split into 70% training and 30% testing sets. Among 33 algorithms evaluated in MATLAB Classification Learner, the Fine K-Nearest Neighbor (FKNN) model yielded the highest performance, achieving 96.60% training accuracy and 84.62% test validation accuracy, outperforming Bagged Tree (82.76% and 75.00%). Spatial classification across ±13.5 ha revealed a dominance of mud (87.02%), followed by rock (12.14%) and sand (0.84%). Furthermore, Surface to Surface (DTM to DTM) volume analysis using TeraModel generated a Cut Volume of 824,546.80 m³, a Fill Volume of 667.70 m³, and a Net Difference of 823,879.10 m³ (WASTE status), indicating that bathymetric changes were heavily dominated by elevation reduction.

Keywords: *Multibeam Echosounder, Backscatter, Angular Range Analysis, Machine Learning, Fine K-Nearest Neighbor, Sediment Classification, TeraModel, Surface to Surface Volume*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda atangan di bawah ini:

Nama	: Refi Marinda
NIM	: 2225026
Program Studi	: Teknik Geodesi
Fakultas	: Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

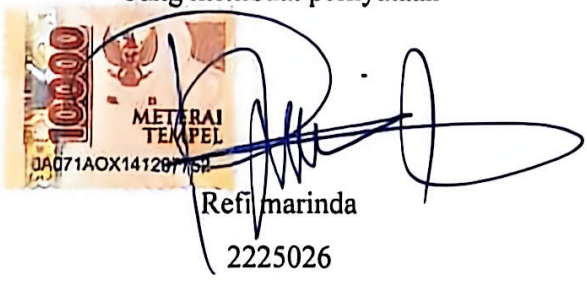
PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

(Studi Kasus : Pelabuhan Tanjung Benoa, Bali)

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 25 September 2026

Yang membuat pernyataan



Refi marinda

2225026

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin. Sujud syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT atas segala rahmat, pertolongan, dan kekuatan di setiap titik lelah hingga karya sederhana ini dapat terselesaikan dengan baik. Karya kecil dan pencapaian ini dengan segenap cinta kupersembahkan kepada

1. Kedua Orang Tua Tercinta (Bapak & Ibuk)

   Dua malaikat terhebatku, bapak Sugeng Pramudi dan Ibu Sulati yaitu rumah tempat doa bermula, dan alasan terbesarku untuk tidak pernah menyerah dalam perjalanan hidup ini. Masih terngiang jelas dan terpatri abadi di dalam hati, sebuah pesan tulus nan penuh makna dari ayah dan ibu terucap yaitu : ” bapak dan ibuk tidak bisa memberi harta dan warisan yang melimpah, yang bisa kami beri hanyalah fasilitas dan Pendidikan yang layak untuk anakku tersayang, bapak dan ibu izinkan kamu pergi kemana pun untuk menata masa depan dan menjemput rizkimu anakku, agar nantinya kamu dapat menikmati buah kesusksesanmu dimasa depan dengan seseorang yang memang tuhan telah ciptakan hanya untukmu” .

   Trima kasih bapak dan ibuk dengan segala izin dan ridhamu terima kasih pula untuk tidak pernah mengucapkan kata “tidak” kepada anakmu tersayang ini. Aku sangat bersyukur, dari ketulusan dan kerelaan hati Bapak dan Ibuku tersayang, aku diizinkan untuk melangkah, mengelana, dan merantau sedari kecil demi menuntut ilmu dan mengejar cita-cita. Tahun demi tahun kulalui di tanah rantau dalam keheningan dan kesendirian. Rasa rindu, sepi, dan lelah seringkali datang menyapa di tengah dinginnya perjuangan. Namun, aku tahu aku tidak pernah benar-benar sendiri. Di setiap sujud dan bait doa malam yang Bapak dan Ibuk langitkan dari kejauhan, hangatnya selalu mampu menembus jarak, merangkul dan membuatku merasakan kehadiran kalian tepat di sisiku setiap saat. Alhamdulillah, berkat keridhaan dan keikhlasan doa kalian, di mana pun kakiku berpijak, Allah SWT selalu mengulurkan pertolongan-Nya. Berkali-kali Allah SWT telah menyelatkan hidup ini serta dilapangkan dari masa-masa sulit melalui tangan-tangan baik hamba utusan-Nya yang hadir dengan cara yang tak terduga. Keberhasilan meraih gelar Sarjana Teknik ini

bukanlah milikku semata, melainkan buah dari tetesan keringat Bapak yang tak pernah dikeluhkan, serta air mata keikhlasan Ibu yang tak pernah bertepi. Lembaran skripsi ini hanyalah persembahan kecil sebagai tanda baktiku. Semoga pencapaian ini dapat mengukir senyum bangga dan bahagia di wajah kalian, serta menjadi saksi bahwa amanah pendidikan yang kalian titipkan telah kutunaikan dengan segenap jiwa.

2. Untuk kedua kakak ku tersayang

   Rasa terima kasih yang teramat dalam kusampaikan untuk kedua kakakku yaitu Evin Novita Sari, S.Pt. & Anton Febri Sasmito, SA. Meski dalam perjalanan tumbuh bersama kita sering kali berselisih paham, berdebat, dan bertengkar karena hal-hal kecil, ketahuilah bahwa adikmu ini selalu menyayangi kalian lebih dari yang sempat kuucapkan. Segala dinamika, perjalanan hidup, dan kedewasaan yang telah ku saksikan, kalian justru menjadi salah satu bagian berharga yang membentuk karakter diriku hingga saat ini. Terima kasih yang paling tulus telah menjadi garda terdepan keluarga, dengan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, dan perhatian untuk selalu membantu, menemani, serta menjaga Bapak dan Ibu saat adik kecilmu ini tidak berada disisinya. Keberadaan kalian di samping bapak dan ibuk memberi ketenangan bagi hati kecilku untuk prcaya bahwa bapak dan ibu selalu aman dan Bahagia.

3. Untuk Seluruh Sosok Orang Tua, Guru Kehidupan, Dan Keluarga yang Turut Mendidikku.

   Dalam Perjalanan panjang ini tentu tidak pernah kulalui seorang diri. Di sepanjang langkah kaki mengelana dan merantau, Allah SWT mempertemukan diriku dengan sosok-sosok luar biasa. Seseorang yang menjaga, menyayangi dan menjadi orang tua kedua ku setelah bapak dan ibuk ku tersayang. Yang pertama kepada ibu Nur munawwirah S.Psi. Rasa syukur dan terima kasih yang teramat dalam kuhaturkan untukmu. Dalam perjalanan panjang, sunyi, dan penuh liku di tanah perantauan ini, kehadiran doa dan dukunganmu adalah salah satu anugerah terindah dan bentuk nyata kasih sayang Allah SWT yang dihadirkan dalam hidupku. Sungguh terasa bagaimana Tuhan menitipkan suara kebaikan, uluran tangan, dan

pertolongan-Nya melalui hamba pilihan nya yang telah berkali-kali menyelamatkan hidup ini, menguatkan, dan melapangkan hati di saat-saat paling sulit. Setiap kepedulian, kehangatan dan nasihat yang menenangkan, serta doa tulus yang diberikan telah memberi kekuatan saat diri ini hampir kehilangan arah. Kebaikan hati dan ketulusanmu akan senantiasa terpatri abadi di dalam hati. Selanjutnya yang kedua saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak dan Ibu dari teman saya yaitu ibu Fintiem Widya Lestari dan bapak Umar Chotib beserta keluarga. Terima kasih atas segala kebaikan yang Bapak dan Ibu berikan selama ini adalah salah satu bentuk pertolongan dan rezeki yang luar biasa bagi saya. Ini merupakan bukti bahwa rizki tidak hanya semata-mata tentang uang, ini merupakan bukti nyata doa yang di panjatkan oleh bapak dan ibuk di rumah yaitu "dimanapun kaki anakku berpijak dan melangkah semoga akan selalu dipertemukan dan dikelilingi dengan orang-orang yang penuh akan kasih dan sayang".

4. Kedua kakak kembarku

   Putri Diva Amriyani, S.Psi. Dan Sri Devi Apryani S.Tr.Kes. Terima kasih sudah menjadi tempat bersandar paling nyaman. Dan terima kasih atas segala cinta, kasih dan sayang, serta segala pengorbanan yang tiada henti untuk selalu mengusahakan kebahagiaan adik kecilmu ini. aku sangat bersyukur dikehidupan yang hanya sekali ini kalian menjadi sosok kakak ku tersayang.

5. Dosen Pembimbing 1 Yang Terhormat, Bapak Hery Purwanto, S.T., M.Sc.

   Rasa hormat dan terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Hery Purwanto, S.T., M.Sc. Dimana dalam perjalanan menyelesaikan tugas akhir ini sering kali terasa berat dan penuh keraguan, namun kehadiran Bapak selalu menuntun dan memberi jalan di kala langkah ini kehilangan arah. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan atas setiap ilmu, waktu, dan energi yang Bapak luangkan dengan penuh ketulusan. Dimana kelapangan dan kesabaran hati Bapak tidak pernah sekalipun menyerah ataupun lelah mendidik anak didiknya ini. dibalik setiap lembar revisi, teguran, dan koreksi detail yang Bapak berikan, saya selalu merasakan niat tulus seorang

guru yang ingin memastikan bahwa anaknya mampu berkembang, serta mendapatkan kelancaran dan kelulusan dengan penuh kebanggaan. Bimbingan Bapak bukan sekadar tentang bagaimana menyelesaikan proses pekerjaan dan tulisan saja, melainkan sebuah pelajaran hidup yang sangat berharga, kebaikan budi pekerti Bapak akan selalu terukir indah di dalam memori perjalanan hidup saya.

6. Dosen Pembimbing yang saya hormati, Bapak Krisna Himawan Subiyanto, S.T., M.Sc.

   Sosok pembimbing luar biasa, pengayom yang bijaksana, serta seorang penyelamat. Rasa terima kasih yang tak terhingga saya ucapkan kepada Bapak Krisna Himawan Subiyanto, S.T., M.Sc. telah menjadi salah satu sosok yang luar biasa dalam peroses perjalanan menyelesaikan tugas akir ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala waktu yang telah Bapak luangkan di sela kesibukan bapak demi membimbing langkah saya. Lebih dari sekadar memberi ilmu pengetahuan semata, namun paling menyentuh dan berkesan di hati adalah kesabaran serta kebaikan hati Bapak dalam memahami situasi dan kondisi saya pada saat-saat sangat krusial. Bapak selalu hadir menjadi penenang dan penyejuk hati yang selalu membawa solusi dari permasalahan yang saya hadapi, Bapak bukan sekadar dosen pembimbing saya dalam lingkup akademik semata, melainkan sosok teladan yang sangat luar biasa seorang mentor kehidupan yang banyak mengajarkan arti kesabaran, keteguhan, kerendahan hati, serta ketulusan yang luar biasa.

7. Bapak Ambar Setyo Budi, S.T. selaku mentor dalam proses penulisan skripsi ini.

   Terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Ambar Setyo Budi, S.T., bersama keluarga atas waktu, ilmu pengetahuan, serta bimbingan teknis yang sangat berharga, bantuan dan arahan praktis dari Bapak sangat membantu saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Semoga Bapak senantiasa diberikan kesehatan, kabahagiaan dna rizki yang melimpah.

8. Untuk semua yang tidak bisa saya sebutkan namnya satu per satu terima kasih saya ucapkan atas segala bentuk dukungan, baik secara emosional atau apapun yang telah sampai kepada saya trima ksih pula telah menemani setiap proses perjuangan saya, terima kasih untuk tidak pernah meninggalkan saya dalam keadaan apa pun. Ketulusan kalian adalah salah satu rezeki terindah yang saya terima dari Allah SWT. Semoga kesuksesan, kesehatan, dan kebaikan senantiasa menyertai langkah kita semua di masa depan.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat-Nya dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "PENGGUNAAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KLASIFIKASI SEDIMEN DASAR LAUT BERDASARKAN DATA PEMNGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER" (Studi Kasus : Prlabuhan Tanjung Benoa, Bali) sebagai bagian dari persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi dan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala nikmat dan kekuatan yang diberikan.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Ibu keluarga tercinta, atas do'a, dan semangat yang tak pernah putus.
3. Bapak Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Geodesi FTSP – ITN Malang.
4. Bapak Hery Purwanto, ST., M.Sc, selaku dosen pembimbing atas bimbingan, masukan, dan arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak / Ibu dosen Teknik Geodesi ITN Malang, atas ilmu dan wawasan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Malang, 2026

Refi Marinda

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN II
BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI III
ABSTRAK IV
ABSTRACT V
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI VI
KATA PENGANTAR XII
DAFTAR ISI XIII
DAFTAR GAMBAR XVII
DAFTAR TABEL XIX
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan dan Manfaat 3
1.3.1 Tujuan 3
1.3.2 Manfaat 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Sistematika Penulisan 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Sedimen Dasar Laut 7
2.2 Proses Terbentuknya Sedimentasi 7
2.3 Klasifikasi Sedimen Dasar Laut 8
2.4 *Multiebeam Echosounder* (MBES) 9
2.4.1 Prinsip Kerja MBES 11

2.4.2 *Backscatter* Akustik MBES 12
2.5 Data Grab Sampel Lapangan (Borlog)..... 13
2.6 Pendekatan *Machine Learning*..... 14
2.7 Fledermaus Geocoder Toolbox (FMGT) 15
2.7.1 Mosaik Backsketter Prosecing 16
2.7.2 Konsep Dasar Analisis *Angular Range Analysis* (ARA) 16
2.7.3 Prinsip Pembentukan Parameter ARA 17
2.7.4 Parameter ARA 17
2.7.5 Tujuan Analisis ARA..... 21
2.8 MATLAB..... 21
2.8.1 Metode Klasifikasi Sedimen dalam MATLAB 22
2.9 Ekstraksi Fitur dan *training* model ML 33 jenis metode 23
2.9.1 Konsep Ekstraksi Fitur..... 23
2.9.2 Konsep *Training Model Machine Learning*..... 23
2.9.3 Metode *Machine Learning* (33 Metode MATLAB) 23
2.9.4 Konsep Evaluasi Akurasi 28
2.10 Validasi Klasifikasi Sedimen Menggunaan Data Borlog..... 31
2.10.1 Konsep Validasi Menggunakan *Ground truth* 31
2.10.2 Validasi Data dengan Pembagian 70% dan 30% 34
2.11 TeraModel..... 35
2.12 Metode *Surface to Surface End Area*..... 36
2.13 Pembuatan Model 3D Menggunakan data klasifikasi MC50 dan MC100 38
2.14 ArcGIS 39
2.14.1 Visualisasi dan Penyajian Hasil 40
2.15 Penelitian Terdahulu 40
BAB III METODE PENELITIAN..... 42

3.1 Lokasi Pelaksanaan 42
3.2 Alat dan Bahan 42
3.2.1 Alat 42
3.2.2 Bahan 43
3.3 Diagram Alir 45
3.4 Tahapan Pelaksanaan 49
3.4.1 Tahap Pengumpulan Data Dan Survey Lapangan 49
3.4.2 Pembagian Data *Training* 70% dan *Testing* 30% 50
3.4.3 Tahap pengolahan FMGT 51
3.4.4 Penyusunan *Dataset Machine Learning* 57
3.4.5 Pelatihan Model *Machine Learning* 58
3.4.6 Klasifikasi Sedimen 66
3.4.7 Pengolahan Hasil Klasifikasi Menggunakan ArcGIS 70
3.4.8 Perhitungan Akurasi Validasi 76
3.4.9 Perhitungan volume 77
BAB IV 79
HASIL DAN PEMBAHASAN 79
4.1 Hasil Survei Lapangan 79
4.1.1 Hasil Grab Sempel 79
4.1.2 Persebaran Titik Sempel 81
4.1.3 Pembagian Data *Training* 70% dan *Testing* 30% 82
4.2 Hasil Pengolahan FMGT 84
4.2.1 Mosaik Mackscatter 84
4.2.2 Hasil Ekstraksi 13 parameter 85
4.2.3 Depth Kedalaman 98
4.3. Hasil Pelatihan Model *Machine Learning* 98

4.3.1 Evaluasi Akurasi Model 98
4.3.2 Uji Akurasi Hasil Klasifikasi 100
4.3.3 Hasil Klasifikasi 102
4.4 Hasil Perhitungan Volume Menggunakan Metode *Surface to Surface* (DTM to DTM) 106
4.4.1 Visualisasi Permukaan Digital (3D DTM) 106
4.4.2 Hasil Perhitungan Volume 108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 110
5.1 Kesimpulan 110
5.2 Saran 110
DAFTAR PUSTAKA 112
LAMPIRAN 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pemancar Sonar pada Multibeam Echosounder (Lim, M., 2025).... 10
Gambar 2. 2 Abstrak Grafis (Lim, M.,2025). 11
Gambar 2. 3 Lapisan pantulan multispektral (yaitu, multi-frekuensi) (Lim, M., 2025). 12
Gambar 2.4 FMGT Software (Qps. 2026) 15
Gambar 2. 5 MATLAB *Software* (*MathWorks* . 2026) 21
Gambar 2. 6 TeraModel Software (promodel. 2026)..... 35
Gambar 2. 7 ArcGIS Software (Wikipedia 2026)..... 39
Gambar 3. 1 Peta zona penelitian wilayah tanjung benoa, bali. (Gogle Erth., 2026) 42
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 1. (Drawio, 2026)..... 45
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian 2 (Drawio, 2026)..... 46
Gambar 3. 4 Training Sampel 51
Gambar 3. 5 Testing sempel..... 51
Gambar 3. 6 creat project 52
Gambar 3. 7 Tampilan FMGT 52
Gambar 3. 8 Input raw data..... 53
Gambar 3. 9 line data 53
Gambar 3. 10 Cek transparasi 54
Gambar 3. 11 Automatic Processing..... 55
Gambar 3. 12 Automosaic bacsketter 56
Gambar 3. 13 Parameter ARA 56
Gambar 3. 14 Static..... 57
Gambar 3. 15 Dataset Machine Learning 58
Gambar 3. 16 Classification Learner 61
Gambar 3. 17 Pengaturan Dataset pada Classification Learner..... 62
Gambar 3. 18 Tahap Pelatihan Model Machine Learning 63
Gambar 3. 19 Menyiapkan Seluruh Algoritma Klasifikasi..... 64
Gambar 3. 20 Scatter Plot 64
Gambar 3. 21 Validation Confusion matrix..... 65

Gambar 3. 22 Berbagai metode mechine learning 65
Gambar 3. 23 Export Model..... 67
Gambar 3. 24 Namai file..... 67
Gambar 3. 25 Menjalankan Model Hasil Export 68
Gambar 3. 26 Hasil prediksi menggunakan model terbaik..... 68
Gambar 3. 27 Memasukkan data hasil klasifikasi Machine Learning 71
Gambar 3. 28 Memasukkan data hasil klasifikasi Machine Learning 71
Gambar 3. 29 Membuka tool IDW 72
Gambar 3. 30 Reclassify pada menu Spatial Analyst Tools..... 72
Gambar 3. 31 Raster to Polygon pada menu Conversion Tools 73
Gambar 3. 32 tabel atribut layer hasil Raster to Polygon 73
Gambar 3. 33 Membuka tool Summary Statistics pada ArcToolbox 74
Gambar 3. 34 Luas area 74
Gambar 3. 35 Memasukkan layer titik uji dan raster..... 75
Gambar 3. 36 Extract Values to Points..... 75
Gambar 3. 37 Mengimpor data permukaan batimetri MC50 dan MC100..... 77
Gambar 3. 38 Memvisualisasikan masing-masing surface dalam bentuk model tiga dimensi (3D) 77
Gambar 3. 39 Melakukan perhitungan volume..... 78
Gambar 4. 1 Persebaran titik sampel 81
Gambar 4. 2 Mosaik backsketter..... 84
Gambar 4. 3 Hasil Parameter ARA MeanOuter..... 85
Gambar 4. 4 Hasil Parameter ARA MeanFar 86
Gambar 4. 5 Hasil Parameter ARA MeanNear..... 87
Gambar 4. 6 Hasil Parameter ARA MeanTotal 88
Gambar 4. 7 Hasil Parameter ARA Impedance 89
Gambar 4. 8 Hasil Parameter ARA Roughnes..... 90
Gambar 4. 9 Hasil Parameter ARA Phi 91
Gambar 4. 10 Hasil Parameter ARA Fluidactor 92
Gambar 4. 11 Hasil Parameter ARA Gradiant..... 93
Gambar 4. 12 Hasil Parameter ARA Intercept..... 94
Gambar 4. 13 Hasil Parameter ARA Distance..... 95

Gambar 4. 14 Hasil Parameter ARA Volume 96
Gambar 4. 15 Hasil Parameter ARA NearCh0 97
Gambar 4. 16 Hasil Parameter Depth/Kedalaman 98
Gambar 4. 17 Hasil klasifikasi metode FKNN 103
Gambar 4. 18 Diagram luas area sedimen 104
Gambar 4. 19 Hasil klasifikasi metode BGT 105
Gambar 4. 20 Diagram luas area sedimen 106
Gambar 4. 21 Permukaan mc50 107
Gambar 4. 22 Permukaan mc100 107
Gambar 4. 23 Hasil Perhitungan Volume 108

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 13 Parameter ARA 19
Tabel 2. 2 Confusion matrix tabel 29
Tabel 2. 3 interpretasi umum akurasi 34
Tabel 3. 1 Hubungan semua file 69
Tabel 4. 1 Tititk sampel 80
Tabel 4. 2 Excel Data Training 70% 82
Tabel 4. 3 Excel Data Testing 30% 82
Tabel 4. 4 Tabel rekap 83
Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Model 99
Tabel 4. 6 Hasil Uji Akurasi FKNN 99
Tabel 4. 7 Hasil Uji Akurasi Bagged Tree 100
Tabel 4. 8 Uji akurasi confution matrix Fine-KNN 101
Tabel 4. 9 Uji akurasi confution matrix Fine KNN 102
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Volume 108