

DESAIN PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KEDALAMAN PERAIRAN BERBASIS USV

Louis Briant Agata Siahaan*

Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal,
Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Diana Alia

Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal,
Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Akhmad Kasan Gupron

Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal,
Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Info Artikel

Catatan Artikel:

Diterima: 13 Juli 2026

Revisi: 18 Juli 2026

Disetujui: 25 Juli 2026

DOI : 10.21009/jvote.v9i1.70353



Kata Kunci:

Batimetri

EchoSunder

Fish Finder apk

Sonar Deeper Pro+

Survei Hidrografi

USV

Abstrak

Informasi kedalaman dan bentuk dasar perairan diperlukan dalam survei hidrografi untuk mendukung keselamatan navigasi, pemantauan alur pelayaran, dan pengelolaan wilayah perairan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemetaan kedalaman melalui integrasi Sonar Deeper Pro+, aplikasi *Fish Finder*, dan *Unmanned Surface Vehicle* (USV) sebagai wahana pembawa sensor. Metode penelitian menggunakan *Research and Development* dengan model ADDIE. Pengujian dilakukan pada kolam renang dan kolam latihan Politeknik Pelayaran Surabaya menggunakan pola pemeruman radial dan paralel. Setiap kombinasi lokasi dan pola menghasilkan 30 titik pengukuran. Hasil pengujian kolam renang menunjukkan tiga zona kedalaman dominan, yaitu sekitar 1,0 m, 2,0 m, dan 4,5 m. Pada kolam latihan, pola radial menghasilkan kedalaman 1,7–6,5 m dengan rata-rata 4,64 m, sedangkan pola paralel menghasilkan kedalaman 1,4–6,5 m dengan rata-rata 4,62 m. Pola radial memperlihatkan perubahan kedalaman menuju area pusat, sedangkan pola paralel memberikan distribusi data yang lebih merata. Integrasi sensor, sistem posisi, aplikasi pemetaan, dan USV mampu menghasilkan data kedalaman dan visualisasi batimetri pada perairan relatif tenang.

Artikel ini : Louis Briant Agata Siahaan (2026). Desain Pengembangan Sistem Monitoring Kedalaman Perairan Berbasis Usv. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, 9(1), 1-10

PENDAHULUAN

Informasi kedalaman dan bentuk dasar perairan merupakan data penting dalam survei hidrografi untuk mendukung keselamatan navigasi, pemantauan alur pelayaran, perencanaan pengerukan, pembangunan fasilitas maritim, serta pengelolaan wilayah perairan. Data tersebut diperoleh melalui kegiatan pemeruman, yaitu pengukuran kedalaman pada sejumlah titik yang memiliki referensi posisi sehingga dapat disajikan dalam bentuk peta batimetri sebagai representasi kondisi dasar perairan (Djunarsjah & Poerbandono, 2005).

Pelaksanaan survei pada perairan dangkal atau area terbatas masih menghadapi berbagai kendala karena penggunaan kapal survei konvensional tidak selalu efektif. Perkembangan teknologi **Unmanned Surface Vehicle** (USV) memberikan alternatif sebagai wahana pembawa sensor sehingga proses pemeruman dapat dilakukan secara lebih aman dan fleksibel. Pada penelitian ini, Sonar Deeper Pro+ digunakan sebagai sensor kedalaman dan aplikasi Fish Finder sebagai media akuisisi serta visualisasi data batimetri (Yan et al., 2010)

Beberapa penelitian telah memanfaatkan USV untuk survei batimetri pada perairan dangkal (Pratiwi, 2022; Nugroho et al., 2022). Namun, sebagian besar penelitian lebih menitikberatkan pada pengembangan wahana atau sistem navigasi, sedangkan kajian mengenai kemampuan sistem dalam menghasilkan data batimetri berdasarkan pola pemeruman yang berbeda masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengevaluasi pengaruh pola jalur pemeruman terhadap hasil pemetaan kedalaman. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemetaan kedalaman melalui integrasi Sonar Deeper Pro+, aplikasi Fish Finder, dan USV sebagai wahana

Corresponding author:

Diana Alia, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia (diana.alia@poltekpel-sby.ac.id)

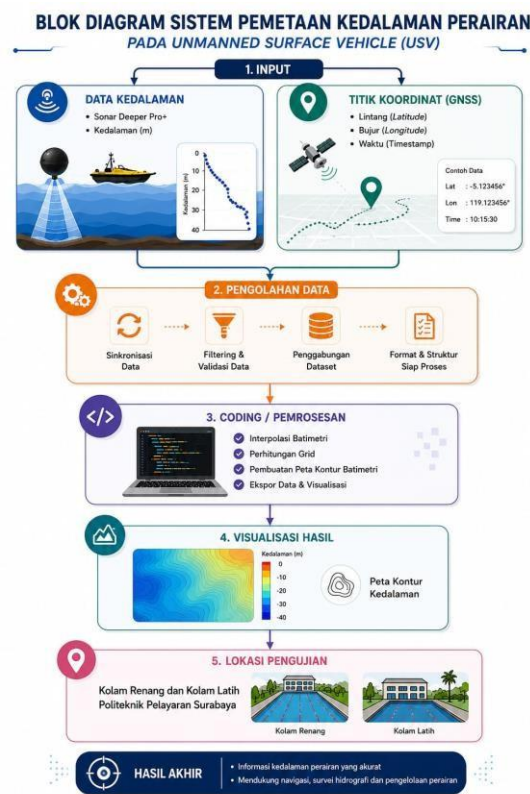
pembawa sensor, serta membandingkan pola pemeruman radial dan paralel dalam menghasilkan data kedalaman dan visualisasi batimetri. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif sistem survei hidrografi sederhana untuk pemetaan perairan dangkal dan area terbatas.

METODE

Penelitian menggunakan metode Research and Development dengan model ADDIE.

Sistem Pemetaan Kedalaman

Sistem pemetaan kedalaman terdiri atas Sonar *Deeper Pro+* sebagai sensor kedalaman, aplikasi *Fish Finder* sebagai media perekaman dan visualisasi, sistem posisi untuk merekam lokasi pengukuran, serta USV sebagai wahana pembawa sensor. *Sonar Deeper Pro+* memancarkan gelombang akustik menuju dasar perairan dan menerima kembali sinyal pantul. Waktu tempuh gelombang digunakan untuk menghasilkan data kedalaman. Data tersebut dikirimkan secara nirkabel menuju aplikasi *Fish Finder* dan dikaitkan dengan posisi pengukuran. Aplikasi *Fish Finder* digunakan untuk menampilkan kedalaman secara real-time, merekam lintasan pengukuran, serta membentuk visualisasi batimetri. USV berfungsi membawa sensor mengikuti jalur pemeruman yang telah ditentukan. Wahana menggunakan lambung tunggal berukuran $80 \times 25 \times 20$ cm dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan Radiolink RC4GS V3. Sistem penggerak menggunakan motor *brushless direct current* dan *propeller*, sedangkan sistem kemudi menggunakan motor *servo* dan *rudder*. Spesifikasi wahana tidak menjadi parameter utama analisis, tetapi digunakan untuk memastikan sensor dapat bergerak mengikuti jalur pengukuran.



Gambar 1. Blok Diagram Proses Visualisasi 2D

Gambar 1. menunjukkan alur sistem mulai dari pengendalian wahana, pergerakan sensor, pengukuran kedalaman, perekaman posisi, hingga visualisasi data batimetri.

Peralatan Pengujian

Peralatan utama penelitian terdiri atas *prototype USV*, *Sonar Deeper Pro+*, *Radiolink RC4GS V3*, dan aplikasi *Fish Finder*. *Prototype USV* digunakan sebagai wahana pembawa sensor pada permukaan air. *Sonar Deeper Pro+* berfungsi mengukur jarak vertikal dari posisi transduser menuju dasar perairan. *Radiolink RC4GS V3* digunakan oleh operator untuk mengendalikan arah dan kecepatan pergerakan

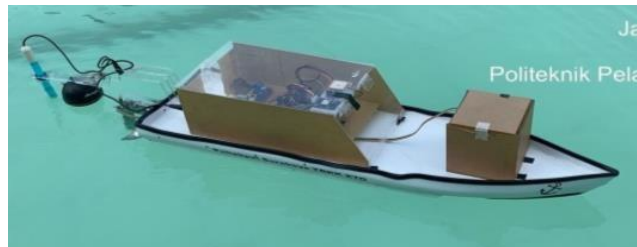
wahana. Aplikasi *Fish Finder* berfungsi menampilkan data kedalaman dan posisi serta menghasilkan visualisasi batimetri.

1. Aplikasi Fish Finder



Gambar 2. Aplikasi *Fish Finder*

2. Prototype USV



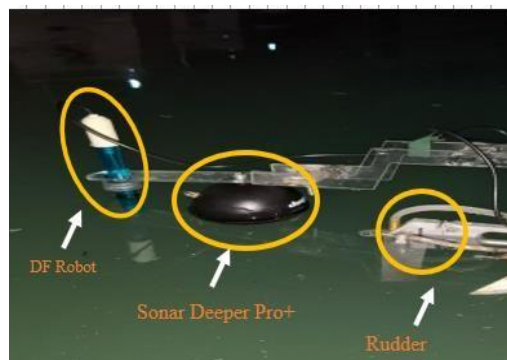
Gambar 3. Pengujian lambung kapal

3. Radiolink RC4GS V3



Gambar 4. Radiolink RC4GS V3

4. Sonar Deeper Pro+



Gambar 5. Sonar Deeper Pro+

Integrasi peralatan tersebut memungkinkan data kedalaman direkam bersamaan dengan posisi pengukurannya. Hasil pengukuran tidak hanya berupa nilai kedalaman tunggal, tetapi berupa kumpulan titik kedalaman sepanjang lintasan yang dapat divisualisasikan menjadi peta batimetri.

Lokasi dan Pola Pengujian

Pengujian dilakukan di kolam renang dan kolam latihan Politeknik Pelayaran Surabaya. Kolam renang memiliki zona kedalaman yang relatif teratur, sedangkan kolam latihan memiliki variasi kedalaman dan bentuk dasar yang lebih kompleks.

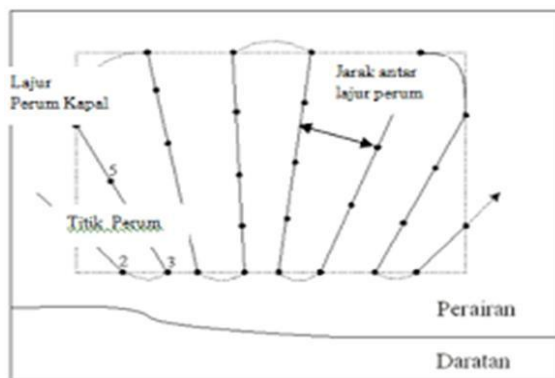
Setiap lokasi diuji menggunakan dua pola pemeruman, yaitu:

1. Pola radial

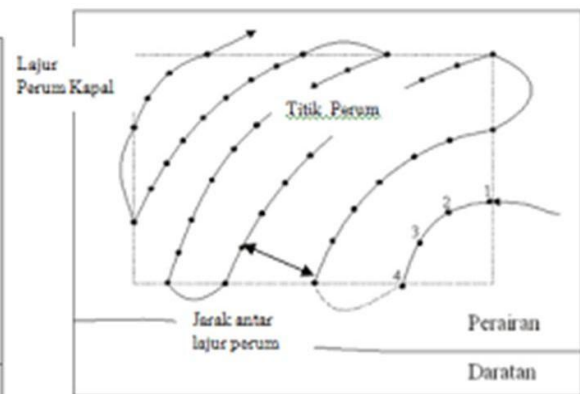
Pola radial terdiri atas lintasan yang berorientasi dari atau menuju area pusat. Pola ini digunakan untuk mengamati perubahan kedalaman berdasarkan arah terhadap suatu pusat area.

2. Pola paralel

Pola paralel terdiri atas sejumlah lintasan yang relatif sejajar dan berurutan. Pola ini digunakan untuk memperoleh distribusi titik yang lebih merata pada area pemetaan.



Gambar 6. Pola Laju Pemeruman Radial



Gambar 7. Pola Laju Pemeruman Paralel

Setiap pola menghasilkan 30 titik pengukuran sehingga jumlah keseluruhan data adalah 120 titik. Data terdiri atas 30 titik radial dan 30 titik paralel pada masing-masing lokasi.

Perhitungan Kedalaman

Nilai yang dibaca sonar merupakan jarak dari posisi transduser menuju dasar perairan. Karena posisi transduser tidak tepat berada pada referensi permukaan air, pengukuran memperhatikan *offset vertikal* sebesar 0,5 m.

Hubungan kedalaman dinyatakan sebagai persamaan 1:

$$D = D_s + O \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

D = kedalaman terhadap referensi permukaan air (m);

D_s = pembacaan sensor dari transduser menuju dasar (m);

O = offset vertikal transduser (m).

Analisis dilakukan secara deskriptif berdasarkan kedalaman minimum, maksimum, rata-rata, rentang kedalaman, distribusi titik, dan karakteristik visualisasi batimetri. Penelitian tidak menyatakan akurasi absolut karena validasi belum dilakukan menggunakan *echosounder* atau instrumen pembanding terkalibrasi.

HASIL DAN DISKUSI

Kinerja Sistem Pemetaan Kedalaman

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Sonar Deeper Pro+* dapat membaca perubahan kedalaman selama wahana bergerak dan mengirimkan data menuju aplikasi *Fish Finder* secara real-time. Setiap data kedalaman dikaitkan dengan posisi pengukuran dan membentuk kumpulan titik sepanjang jalur pemeruman. Sistem menghasilkan tiga keluaran utama, yaitu data kedalaman, rekaman lintasan, dan visualisasi batimetri. Integrasi tersebut memenuhi fungsi dasar pemetaan karena data kedalaman memiliki referensi posisi yang diperlukan untuk menggambarkan perubahan bentuk dasar perairan.

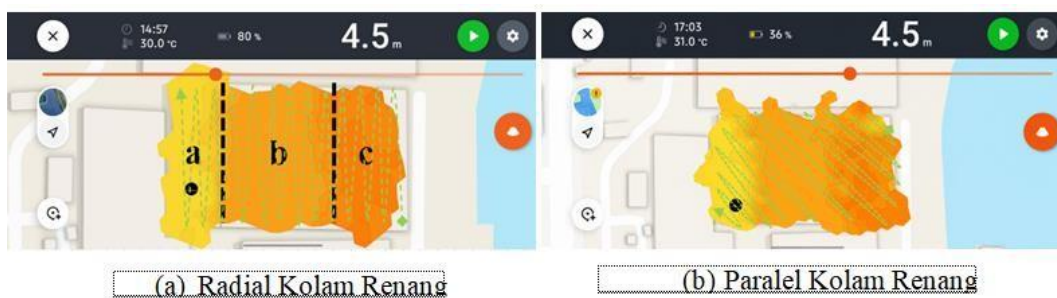


Gambar 8. Peta Batimeri

Warna pada visualisasi Gambar 8. menunjukkan perbedaan relatif kedalaman sesuai legenda aplikasi. Warna tidak digunakan sebagai standar universal, tetapi sebagai representasi distribusi kedalaman pada hasil pengukuran.

Hasil Pemetaan Kolam Renang

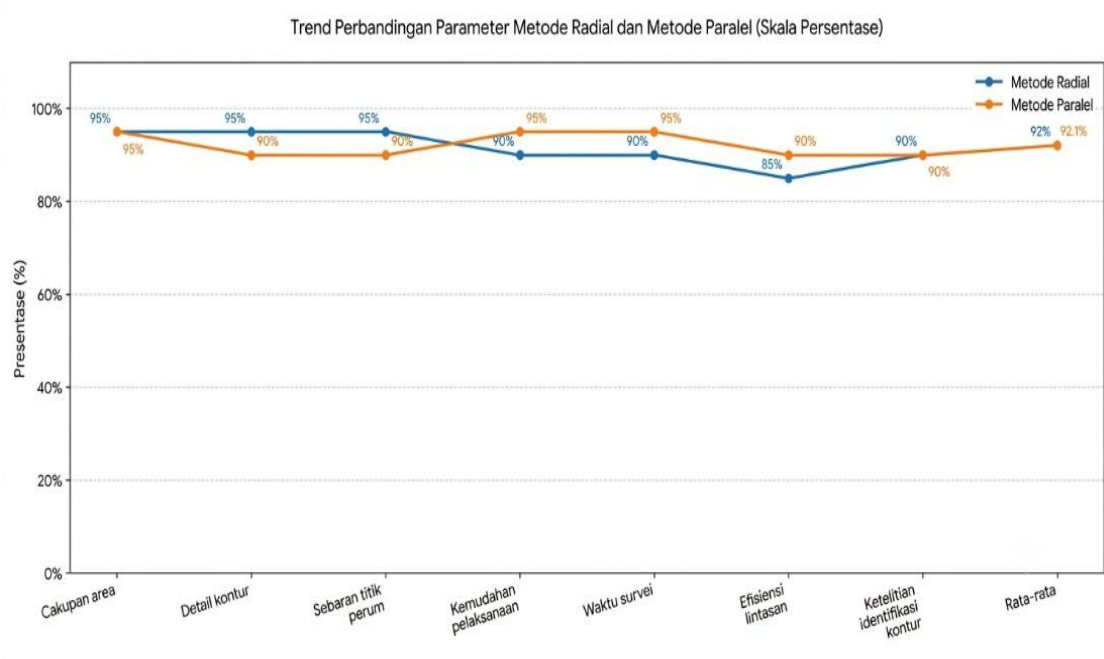
Pengukuran di kolam renang menunjukkan tiga kelompok kedalaman, yaitu zona dangkal sekitar 1,0 m, zona transisi sekitar 2,0 m, dan zona terdalam sekitar 4,5 m. Pada pola radial, perubahan kedalaman terlihat dari zona timur menuju zona barat. Pada pola paralel, perubahan yang sama terlihat secara berurutan sepanjang lintasan sejajar. Kedua pola memiliki kedalaman minimum 0,9 m dan maksimum 4,5 m. Variasi pembacaan individual pada zona 1,0 m dan 2,0 m berkisar 0–0,1 m. Zona terdalam menunjukkan pembacaan yang relatif seragam pada sekitar 4,5 m. Kesamaan hasil kedua pola menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali perubahan zona kedalaman meskipun menggunakan konfigurasi lintasan yang berbeda.



Gambar 9. Peta batimetri radial (a) dan paralel kolam renang (b)

Perbandingan Tren Pola Pemeruman pada Kolam Renang

Selain berdasarkan nilai kedalaman, kedua pola dibandingkan berdasarkan cakupan area, detail kontur, sebaran titik pemeruman, kemudahan pelaksanaan, waktu survei, efisiensi lintasan, dan ketelitian identifikasi kontur. Hasil evaluasi pola pemeruman pada kolam renang disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10 .Grafik tren hasil pemetaan kolam renang

Gambar 10 memperlihatkan bahwa pola radial dan paralel memberikan performa yang relatif berdekatan. Pola radial memperoleh nilai lebih tinggi pada detail kontur dan sebaran titik pemeruman sehingga lebih mampu merepresentasikan perubahan bentuk dasar secara rinci. Pola paralel memperoleh nilai lebih tinggi pada kemudahan pelaksanaan, waktu survei, dan efisiensi lintasan. Nilai rata-rata pola radial sebesar 92,0%, sedangkan pola paralel sebesar 92,1%. Selisih 0,1% menunjukkan bahwa kedua pola memiliki performa umum yang hampir sama. Dengan demikian, pemilihan pola sebaiknya disesuaikan dengan tujuan pemetaan dan bentuk area survei, bukan hanya berdasarkan nilai rata-rata.

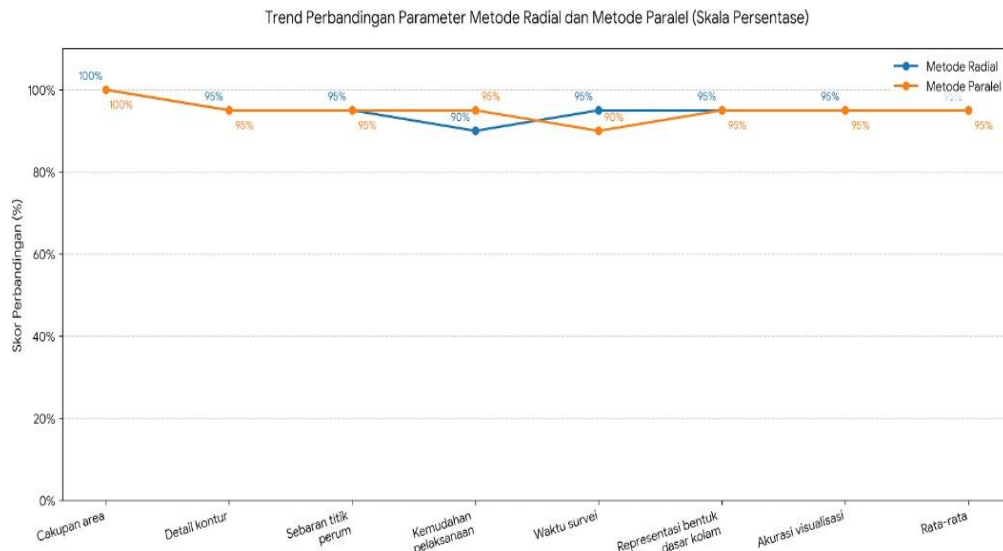
Hasil Pemetaan Kolam Latih

Kolam latihan memiliki perubahan kedalaman yang lebih kompleks. Pola radial menghasilkan kedalaman minimum 1,7 m dan maksimum 6,5 m dengan rata-rata 4,64 m. Pola paralel menghasilkan kedalaman minimum 1,4 m dan maksimum 6,5 m dengan rata-rata 4,62 m. Pada pola radial, bagian yang lebih dalam terlihat terkonsentrasi pada area tertentu sehingga membentuk representasi menyerupai cekungan. Pada pola paralel, titik pengukuran tersebar lebih merata dan memperlihatkan perubahan kedalaman secara memanjang dari satu sisi menuju sisi lainnya.



Gambar 11. Peta batimetri radial (c) dan paralel kolam latihan (d)

Selisih rata-rata pola radial dan paralel pada kolam latihan hanya 0,02 m. Namun, kedalaman minimum berbeda 0,3 m karena jalur paralel melewati bagian yang lebih dangkal. Perbedaan tersebut lebih berkaitan dengan cakupan lintasan daripada perbedaan kemampuan sensor. Perbandingan Tren Pola Pemeruman pada Kolam Latihan. Evaluasi pola pemeruman pada kolam latihan dilakukan berdasarkan cakupan area, detail kontur, sebaran titik pemeruman, kemudahan pelaksanaan, waktu survei, representasi bentuk dasar kolam, dan visualisasi hasil. Hasil evaluasi disajikan pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik tren hasil pemetaan kolam latihan

Gambar menunjukkan bahwa pola radial dan paralel menghasilkan kecenderungan yang sama pada sebagian besar parameter. Kedua pola memperoleh nilai yang sama pada cakupan area, detail kontur, sebaran titik pemeruman, representasi bentuk dasar kolam, dan visualisasi. Perbedaan terlihat pada kemudahan pelaksanaan dan waktu survei. Pola paralel memperoleh nilai lebih tinggi pada kemudahan pelaksanaan, sedangkan pola radial memperoleh nilai lebih tinggi pada waktu survei. Meskipun terdapat perbedaan tersebut, nilai rata-rata kedua pola sama-sama sebesar 95%. Kesamaan nilai rata-rata menunjukkan bahwa kedua pola mampu merepresentasikan kondisi kedalaman kolam latihan dengan performa yang relatif sebanding. Pola radial lebih sesuai untuk perubahan kedalaman yang terpusat, sedangkan pola paralel lebih sesuai untuk menghasilkan distribusi lintasan yang teratur.

Ringkasan Hasil Pengukuran

Ringkasan hasil pengukuran kedalaman pada kedua lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil pengukuran kedalaman

Lokasi dan Pola	Jumlah Data	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Karakter Hasil
Kolam renang radial	30 Titik	0,9 m	4,5 m	-	Tiga zona kedalaman
Kolam renang paralel	30 Titik	0,9 m	4,5 m	-	Tiga zona kedalaman
Kolam latihan radial	30 Titik	1,7 m	6,5 m	4,64 m	Cekungan terpusat
Kolam latihan paralel	30 Titik	1,4 m	6,5 m	4,64 m	Distribusi memanjang

Tabel 1 menunjukkan bahwa kedua pola mampu menghasilkan rentang kedalaman yang relatif sebanding. Perbedaan utama tidak terletak pada kemampuan sensor, tetapi pada cakupan lintasan dan representasi bentuk dasar perairan.

Pengaruh Pola Pemeruman

Pola jalur memengaruhi distribusi titik dan bentuk representasi batimetri. Pola radial memiliki kerapatan lebih tinggi di sekitar pusat dan lebih sesuai untuk mengamati perubahan kedalaman yang terpusat. Kekurangannya adalah jarak titik pada bagian luar dapat menjadi lebih renggang.

Pola paralel memberikan distribusi lintasan yang lebih seragam sehingga sesuai untuk pemetaan sistematis pada area persegi atau memanjang. Kekurangannya adalah perlunya manuver pada setiap ujung jalur yang dapat menimbulkan ketidakteraturan jarak lintasan apabila wahana dikendalikan secara manual.

Tabel 2. Perbandingan karakteristik pola pemeruman

Parameter	Pola Radial	Pola Paralel
Orientasi lintasan	Dari atau menuju pusat	Sejajar dan berurutan
Distribusi data	Lebih rapat di area pusat	Lebih merata
Kesesuaian area	Cekungan atau area terpusat	Area persegi atau memanjang
Kelebihan	Menunjukkan pusat perubahan	Cakupan sistematis
Keterbatasan	Titik luar dapat lebih renggang	Memerlukan banyak manuver

Hasil pengujian menunjukkan bahwa salah satu pola tidak selalu lebih baik untuk seluruh kondisi. Pemilihan pola perlu disesuaikan dengan bentuk area, karakteristik dasar perairan, dan tujuan survei. Pola radial sesuai untuk mengamati perubahan menuju suatu pusat, sedangkan pola paralel sesuai untuk memperoleh distribusi data yang merata.

Implementasi dalam Survei Hidrografi

Sistem yang dikembangkan menghasilkan data kedalaman yang memiliki referensi posisi dan dapat divisualisasikan dalam bentuk peta batimetri. Dalam kegiatan maritim, informasi tersebut berpotensi digunakan untuk pemeriksaan awal kondisi alur pelayaran, identifikasi bagian dangkal, pemantauan sedimentasi, dan survei area terbatas. Pada kolam pelabuhan dan alur masuk, perubahan kedalaman dapat menunjukkan terjadinya pendangkalan. Pengukuran yang dilakukan secara berkala dapat membantu mengidentifikasi area yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut atau pengerukan (Hidayat et al., 2014). Penggunaan USV memungkinkan sensor menjangkau perairan dangkal, tepian pelabuhan, sungai, waduk, atau lokasi dengan ruang manuver terbatas tanpa menempatkan operator secara langsung pada wahana (Pratiwi, 2022; Nugroho et al., 2022). Peta batimetri juga dapat digunakan sebagai informasi awal dalam perencanaan dermaga, pengerukan, bangunan pantai, dan pekerjaan maritim lainnya. Namun, data yang akan digunakan untuk kebutuhan teknis dan navigasi resmi harus diperoleh menggunakan prosedur dan standar ketelitian survei hidrografi yang berlaku.

Keterbatasan Penelitian

Sistem masih dikendalikan secara manual sehingga ketepatan lintasan dipengaruhi oleh keterampilan operator. Wahana belum dilengkapi dengan sistem navigasi *waypoint* otomatis dan belum mampu menjaga jarak antar jalur secara konsisten. Perangkat juga belum dilengkapi dengan sensor untuk mengoreksi *roll*, *pitch*, dan *heave*, GNSS berketelitian tinggi, serta pengukuran kecepatan rambat suara. Pengaruh muka air, temperatur, gelombang, dan gerakan wahana belum dikoreksi secara lengkap. Validasi belum dilakukan menggunakan *echosounder* atau instrumen pembanding terkalibrasi. Oleh karena itu, hasil penelitian menunjukkan keberhasilan fungsi pemetaan, tetapi belum dapat digunakan untuk menyatakan akurasi absolut atau pemenuhan standar survei hidrografi operasional.

KESIMPULAN

Sistem pemetaan kedalaman yang mengintegrasikan Sonar Deeper Pro+, aplikasi Fish Finder, sistem posisi, dan USV sebagai wahana pembawa sensor mampu memperoleh data kedalaman, merekam lintasan, dan menghasilkan visualisasi batimetri pada perairan relatif tenang. Pada kolam renang, pola radial dan paralel sama-sama mengidentifikasi tiga zona kedalaman sekitar 1,0 m, 2,0 m, dan 4,5 m. Pada kolam latihan, pola radial menghasilkan kedalaman 1,7–6,5 m dengan rata-rata 4,64 m, sedangkan pola paralel menghasilkan kedalaman 1,4–6,5 m dengan rata-rata 4,62 m. Pola radial lebih sesuai untuk menggambarkan perubahan kedalaman yang terpusat, sedangkan pola paralel memberikan distribusi titik yang lebih merata pada area memanjang. Perbedaan hasil kedua pola lebih dipengaruhi oleh cakupan dan orientasi lintasan daripada kemampuan sensor. Sistem berpotensi dikembangkan untuk pemeriksaan awal kedalaman, pemantauan pendangkalan, dan survei perairan dangkal atau area terbatas. Penerapan operasional memerlukan navigasi otomatis, peningkatan ketelitian posisi, koreksi hidrografi, kalibrasi sensor, dan validasi menggunakan instrumen pembanding terkalibrasi

REFERENSI

- Andriansyah, S., & Nurhasanah. (2023). Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis. Konsep Desain Menentukan Hull Type, Material, dan Propulsi Unmanned Surface Vehicle (usv) untuk Patroli di Wilayah Rokan Hilir Dengan Metode Decision Tree, Lcm, 478–486.
- Deeper. (2023). Deeper Sonar Pro+. https://deepersonar.com/us/en_us/products/deeper-smart-sonar-pro-plus
- Dewantoro, A., Sabri, L., & Sasmito, B. (2012). Analisis Ketelitian Hasil Pemeruman Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder. Jurnal Geodesi Undip, 1(1). <https://doi.org/10.14710/jgundip.2012.2244>
- Dewi, L. S., Ismanto, A., & Indrayanti, E. (2015). PEMETAAN BATIMETRI MENGGUNAKAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER DI PERAIRAN LEMBAR, LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT. Journal of Oceanography, 4(1), 10-17. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joce/article/view/7649>
- Djunarsjah, E., & Poerbandono. (2005). Survei Hidrografi. Refika Aditama. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=kzem0kUAAAAJ&citation_for_view=kzem0kUAAAAJ:0EnyYjriUFMC
- M. Daffa El-Khaq, Diana Alia, and Diyah Purwitasari, “Rancang Bangun Double Hull Unmanned Surface Vehicle dengan Pengiriman Data Melalui LoRa”, Venus, vol. 2, no. 3, pp. 292–316, Jun. 2024.
- Hermanto, D., Samuel, & Iqbal, M. (2017). Analisa Peningkatan Performa Seakeeping Pada Kapal Katamaran Mv. Laganbar Menggunakan Centerbulb Dan Bulbous Bow. Jurnal Teknik Perkapalan, 5(1), 64–71. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- Hidayah, Z. &. (2021). Pemodelan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kesesuaian Wilayah Perairan dan Pesisir Selat Madura. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.9987>
- Hidayat, A., Sudarsono, B., & Sasmito, B. (2014). Survei Bathimetri Untuk Pengecekan Kedalaman Perairan Wilayah Pelabuhan Kendal. Jurnal Geodesi Undip, 3(1). <https://doi.org/10.14710/jgundip.2014.4723>
- Mounet. (2024). Data-driven method for hydrodynamic model estimation applied to an unmanned surface vehicle. Volume 234, 2024, 114724, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114724>.

- Nugroho, Arif et al. (2022). Multibeam Bathymetric Measurements for Shallow Seabed Features Mapping using Unmanned Surface Vehicle. *Jurnal Geofisika*, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 62 - 70, oct. 2022. ISSN 2477-6084.
- Pratiwi, M. (2022). Survei Bathimetri di Perairan Dangkal Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle) Studi Kasus Sungai Ciliwung. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 2(1), 63-72.
- Sarono, S., & Basith, A. (2022). Uji Kualitas Data Pengukuran Batimetri Singlebeam Echosounder Berdasarkan SNI-7647 Tahun 2010 (Studi Kasus Survei Batimetri Menggunakan Hi-Target HD 370 di Laguna Pantai Glagah, Kulon Progo). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 5(1), 21. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 5(1), 21.
- Sonnenburg, C. R., & Woolsey, C. A. (2013). Modeling, identification, and control of an unmanned surface vehicle. *journal of Field Robotics*, 30(3), 371-398.
- Siregar, A. G. T. (2024). Desain Sistem Kelistrikan pada Unmanned Surface Vehicle (Doctoral dissertation, Politeknik Pelayaran Surabaya).
- Yan, R. J. (2010). Development and missions of unmanned surface vehicle.
- Yan, R. J., Pang, S., Sun, H. B., & Pang, Y. J. (2010). Development and missions of unmanned surface vehicle. *Journal of Marine Science and Application*, 9(4), 451-457.
- Zhao, L., Bai, Y., & Paik, J. K. (2025). Global path planning and waypoint following for heterogeneous unmanned surface vehicles assisting inland water monitoring. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 10(1), 88-108.