



Survei Batimetri di Perairan Dangkal Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle) Studi Kasus Sungai Ciliwung

Monica Pratiwi¹

¹Teknik Geomatika, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. Ring Road Utara No, 104, Yogyakarta, 55283.

*Corresponding Author: 117180012@student.upnyk.ac.id

Article Info:

Received: 02 - 04 - 2022

Accepted: 28 - 04 - 2022

Published: 30 - 04 - 2022

Kata kunci: USV,
Batimetri, Ciliwung

Keywords: USV,
Bathymetry, Ciliwung

Abstrak: Perkembangan teknologi dalam survei pemetaan semakin berkembang seiring berjalannya waktu. Dimulai dengan alat-alat yang bersifat manual dan konvensional hingga teknologi survei pemetaan yang bersifat otomatis dan canggih. Salah satunya adalah teknologi untuk survei batimetri di perairan dangkal yaitu dengan menggunakan *Unmanned Surface Vehicle* (USV). *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) merupakan sistem kapal yang digunakan tanpa adanya campur tangan operator. Pengukuran menggunakan USV memudahkan dalam pengambilan data dikarenakan alatnya sangat efisien untuk digunakan di perairan yang relatif dangkal. Penelitian ini dilakukan di sepanjang aliran Sungai Ciliwung yang mengalir di Jakarta dari Ancol hingga Tebet yang bertujuan untuk mengetahui kedalaman di sepanjang aliran sungai Ciliwung dan dapat membuat peta batimetri.

Abstract: *The development of mapping technologies in surveying is grow rapidly over time. Starting with manual and conventional tools as far as mapping survey technologies are automated and sophisticated. One of them is the technology for bathymetry surveys in shallow waters by using an Unmanned Surface Vehicle (USV). Unmanned Surface Vehicle (USV) or Autonomous Surface Vehicle (ASV) is a ship system that is used without operator intervention. Mapping survey using USV makes it easy to retrieve data collection because the tool is very efficient for use in relatively shallow waters. This research was conducted along the Ciliwung River which flows in Jakarta from Ancol to Tebet it aims to determine the depth along the Ciliwung river and can make bathymetric maps.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Data mengenai fenomena dasar perairan dan dinamika badan air diperoleh melalui pengukuran yang kegiatannya disebut sebagai survei hidrografi. Survei hidrografi merupakan salah satu bidang survei pada keilmuan geodesi kelautan. Berdasarkan wilayahnya survei hidrografi terdiri dari survei sungai, tepi pantai, survei perairan pantai dan survei lepas pantai. Kegiatan survei hidrografi mencakup Survei Batimetri, Survei SBP (*Sub Bottom Profilling*), Pengukuran Arus, Pengamatan Pasang-Surut, *Side Scan Sonar* (SSS) (SNI-7646, 2010). Data yang diperoleh dari survei hidrografi kemudian diolah dan disajikan sebagai informasi geospasial atau informasi yang terkait dengan posisi di muka bumi.

Survei Batimetri adalah proses penggambaran garis-garis kontur kedalaman dasar perairan yang meliputi pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya. Survei batimetri menghasilkan garis-garis kedalaman. Garis-garis tersebut didapatkan dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi yang dikaji (Poerbondono & Djunasjah, 2005). Survei Batimetri ini berguna untuk mengetahui kedalaman dasar sungai sebagai dasar perencanaan untuk kegiatan pembangunan di area tersebut dengan ketelitian tinggi.

Survei batimetri untuk daerah perairan dangkal, seperti di daerah sungai atau muara sungai, danau, bendungan maupun daerah sedimentasi biasanya sulit dilakukan dengan menggunakan kapal yang besar. Untuk memetakan daerah perairan dangkal, wahana apung tanpa awak yang dapat digunakan adalah USV (*Unmanned Surface Vehicle*) karena kelebihanannya dalam hal fleksibilitas, efisiensi, dan efektifitas. Wahana USV (*Unmanned Surface Vehicle*) yang dilengkapi sensor akustik (*down imaging* dan *side imaging*) sangat cocok sebagai alat survei batimetri di wilayah perairan dangkal.

Lokasi Penelitian ini terletak di sepanjang Sungai Ciliwung dimulai dari hilir di pantai utara Jakarta yaitu di kawasan Ancol, kecamatan Pademangan, Jakarta Utara hingga kawasan MT Haryono, Kecamatan Tebet Jakarta Selatan. Sungai ini mempunyai panjang 120 km dan melintasi daerah pemukiman. Keadaan Sungai Ciliwung yang mengalami pendangkalan karena sedimentasi dapat menyebabkan banjir. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mendapatkan data kedalaman sungai yang berguna untuk mitigasi bahaya banjir.

1.2 Tinjauan Pustaka

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) merupakan sistem kapal yang digunakan tanpa adanya campur tangan operator. Alat ini merupakan salah satu perkembangan dari teknologi yang dapat digunakan termasuk kepentingan sains, pemetaan batimetri, penelitian robotika, pertahanan dan keperluan umum. USV dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti waypoint, atau secara manual dengan menggunakan *remote control* dari *Ground Control Station* (GCS) (Ferriska, 2017). USV (*Unmanned Surface Vehicle*) yang digunakan dalam pengukuran ini menggunakan Garmin Fishfinder 585 plus sebagai echosounder. Tipe echosounder yang digunakan yaitu single beam echosounder. Prinsip dari echosounder yaitu pada transmiter terdapat transduser yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi suara yang kemudian dipancarkan dengan frekuensi tertentu.

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri (Pradipta et al., 2018). Perencanaan jalur- jalur pemeruman dipersiapkan menggunakan bantuan komputer sebelum survei dilaksanakan pada peta AOI (*Area of Interest*) atau petunjuk kerja. Lajur pemeruman tersebut yaitu *line sounding* dan *cross line*. Lajur perum adalah garis yang menggambarkan alur kegiatan kapal dalam pemeruman. Lajur perum dilakukan dengan membuat profil (potongan) pengukuran kedalaman, dapat

berbentuk garis-garis lurus, lingkaran-lingkaran konstantrik, atau lainnya sesuai metode yang digunakan untuk penentuan posisi titik-titik fiks perumnya. Lajur perum didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan pendeteksian perubahan kedalaman yang lebih ekstrem. Untuk itu, desain lajur-lajur perum harus memperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvei. *Cross line* berfungsi sebagai alur cek silang dalam validasi data perum (SNI-7646, 2010).

Echosounder adalah alat untuk mengukur kedalaman air dengan mengirimkan tekanan gelombang dari permukaan air ke dasar air dan dicatat waktunya sampai echo kembali ke dasar (Hasan et al., 2012 dalam Pradipta et al., 2018). Sistem yang ada dalam echosounder terdiri dari *transmitter*, *transducer*, *receiver* dan *recorder*. Adapun kegunaan dasar dari echosounder yaitu menentukan kedalaman suatu perairan dengan mengirimkan tekanan gelombang akustik dari permukaan ke dasar air dan dicatat waktunya sampai echo kembali dari dasar air. Interval waktu saat gelombang akustik ditembakkan ke dalam air dan waktu kembalinya digunakan untuk menentukan kedalaman air dan dihitung saat gelombang tersebut kembali.

GNSS (*Global Satellite Navigation System*) merupakan suatu istilah yang digunakan untuk mencakup seluruh sistem satelit navigasi global yang sudah beroperasi ataupun sedang dalam perencanaan. Sistem navigasi satelit global ini beberapa diantaranya yaitu GPS, GLONASS, dan BeiDou (Anjasmara dan Ristanto, 2020). Salah satu sistem navigasi yang dipakai dalam survei hidrografi yaitu sistem DGPS. DGPS (*Differential Global Positioning System*) adalah sistem atau metode penentuan posisi secara teliti dengan memberikan koreksi pada saat pengukuran dari stasiun referensi (SNI-7646, 2010). Sistem DGPS dalam metode secara kinematik (*kinematic positioning*) supaya dapat menentukan posisi kapal dalam waktu yang sangat singkat (*real time*), sekaligus menentukan arah dan kecepatan kapal untuk melakukan survei. (Poerbondono & Djunasjah, 2005)

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan data kedalaman dasar Sungai Ciliwung pada lokasi AOI (*Area of Interest*) yang dilakukan pengukuran menggunakan USV.
2. Menghasilkan peta batimetri pada lokasi AOI (*Area of Interest*) survei yang diukur.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain :

1. *Unmanned Surface Vehicle* (USV)
Unmanned Surface Vehicle (USV) digunakan sebagai alat perekaman untuk melakukan survei batimetri. USV yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Garmin Fishfinder 585 Plus.
2. Software Garmin HomePort
Garmin HomePort digunakan untuk pengecekan data yang sudah direkam oleh USV dan berfungsi untuk mengubah format data agar bisa diolah pada Microsoft Excel.
3. ArcMap 10.4.1
ArcMap 10.4.1 digunakan untuk pembuatan peta batimetri sungai ciliwung dan membuat layouting peta.
4. Meteran
Meteran digunakan untuk mengukur tinggi muka air.
5. Katrol
Katrol digunakan untuk menaik dan menurunkan USV ke sungai.

2.2 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan survei pengukuran di lapangan yang dimulai dari persiapan baik secara administrasi maupun teknis, kemudian melakukan survei pendahuluan untuk mengetahui gambaran kondisi area penelitian. Setelah melakukan survei pendahuluan dilanjutkan dengan melakukan akuisisi data dan pengolahan data kedalaman untuk mendapatkan data elevasi yang selanjutnya dilakukan pembuatan peta batimetri. Untuk keterangan pada metode pengukuran dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

2.2.1 Persiapan

Untuk persiapan pekerjaan survei hidrografi dimulai dengan melakukan persiapan baik persiapan administrasi maupun teknis. Persiapan administrasi meliputi pembentukan tim, perencanaan biaya survei, perijinan dan koordinasi dengan instansi terkait. Persiapan teknis meliputi persiapan peta dasar daerah yang akan direncanakan survei, persiapan data penunjang seperti data deskripsi titik ikat dan distribusi pemasangan *benchmark* perencanaan jalur pemeruman, persiapan rencana pelaksanaan mobilisasi, dan pengecekan peralatan yang akan digunakan. Untuk perencanaan jalur pemeruman dilakukan dengan membagi 1 lokasi menjadi beberapa sesi yang setiap jalur pemeruman dilakukan pengukuran 6 sisi disetiap lokasi.

2.2.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan yang dilakukan dalam pekerjaan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang lebih nyata mengenai kondisi daerah survei. Survei pendahuluan yang dilakukan melalui pengecekan kondisi sekitar daerah yang akan dilakukan pengukuran seperti pengecekan secara kasar kondisi arus, angin dan keadaan sungai apakah sedang pasang dan kotor atau tidak. Berikutnya melakukan pengecekan spot-spot yang bisa digunakan untuk menurunkan USV (*Unmanned Surface Vehicle*) Pengunduhan dan Pengeksporan Data

2.2.3 Akuisisi data

Akuisisi data pada pekerjaan ini terbagi menjadi dua yaitu pada tahapan pengukuran dan pengolahan. Kegiatan pengukuran pada pekerjaan ini menggunakan USV (*Unmanned Surface Vehicle*). Pada tahap ini langkah pengukurannya yaitu dengan meletakkan USV di sungai yang dijalankan dengan perintah controller yang kemudian mengelilingi lokasi pengukuran dan hasilnya yaitu remakan dari titik – titik kedalaman. Tahapan pengukuran adalah dari mengatur menu navigasi pada GPS Garmin Fishfinder 585 Plus yang ada pada USV. Proses pengambilan data di lapangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengambilan data di lapangan

2.2.4 Pengolahan data kedalaman

Pada tahap ini dimulai dari menginputkan hasil yang diperoleh dari pengukuran ke dalam software Garmin HomePort yang nantinya akan diolah menggunakan software Microsoft Excel agar mendapatkan data elevasi. Untuk detail dari tahap pengolahan data kedalaman yaitu:

A. Tahap transfer data

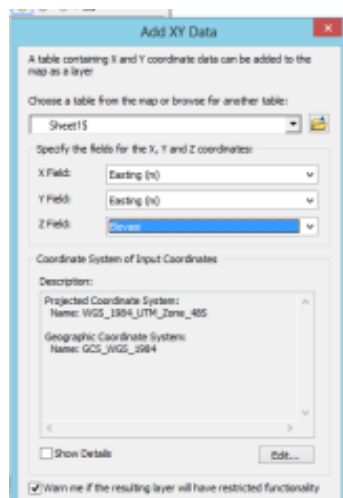
Menginput hasil dari pengukuran ke dalam *software* Garmin Homeport Setelah melakukan pengukuran tahapan selanjutnya yaitu menginput hasil dari pengukuran ke dalam *software* Garmin Homeport. Tujuannya adalah selain untuk 20 mengecek apakah hasil dari pengukuran sudah sesuai datanya dengan yang diinginkan dan mentransfernya ke dalam Microsoft Excel karena data hasil pengukuran tidak bisa langsung digunakan untuk membuat peta batimetri. Langkah pertama yaitu memilih menu file selanjutnya *import* dan pilih *file* hasil pengukuran yang berformat .GPX. kemudian melakukan *export* data kedalam format CSV dan menghitung kedalaman dasar dan elevasi dengan rumus kedalaman dasar yaitu (bacaan kedalaman + kedalaman transduser) – koreksi barcheck. Setelah mendapatkan hasil kedalaman dasar selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung elevasi yang mana rumusnya adalah elevasi muka air dikurangi kedalaman dasar. Untuk tabel pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.

ANALISA PENGUKURAN BATIMETRI POS AIR MARINA-ANCOL									
				Tanggal Pengukuran : 09 Agustus 2021					
				Diukur Oleh : Dian Septianto					
				Dihitung Oleh : Monica Pratiwi					
				Diperiksa Oleh : Wahyu Banitara, ST					
				Disetujui Oleh : Elang M. Assidiq, ST					
Point	Easting (m)	Northing (m)	Zone	Bacaan Kedalaman (m)	Kedalaman Transducer	Elevasi Muka Air (Ortho) (m)	Koreksi Barcheck (m)	Kedalaman Dasar (m)	Elevasi (Ortho) (m)
243	702554,354	9322110,152	48S	0,5					
244	702554,741	9322110,002	48S	0,43					
245	702554,775	9322110,113	48S	0,52					
246	702554,83	9322110,122	48S	0,55					
247	702554,675	9322110,104	48S	0,55					
248	702554,532	9322110,401	48S	0,52					
249	702554,378	9322110,624	48S	0,57					
250	702554,268	9322110,773	48S	0,57					
251	702554,147	9322111,015	48S	0,45					
252	702553,98	9322110,811	48S	0,38					
253	702553,791	9322110,571	48S	0,31					
254	702553,481	9322110,368	48S	0,31					
255	702553,425	9322110,285	48S	0,31					

Gambar 2. Pengolahan data pada Microsoft Excel (salah satu lokasi : Ancol)

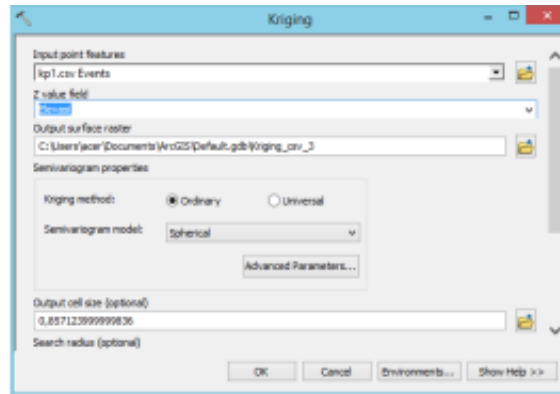
B. Tahap pengolahan di ArcGIS

Pada tahap ini dimulai memasukan data Citra Satelit *Area of Interest* (AOI) pengukuran. Citra satelit didapatkan dari SAS Planet yang kemudian setelahnya dilakukan digitasi pada AOI (*Area of Interest*) dari pengukuran. Setelahnya memasukkan data excel kedalam ArcGIS yaitu dengan cara data Koordinat *Easting* dan *Northing* serta data Elevasi. Langkahnya adalah dengan menu file kemudian *add* data XY. Tahap *add* data dapat dilihat pada Gambar 3.



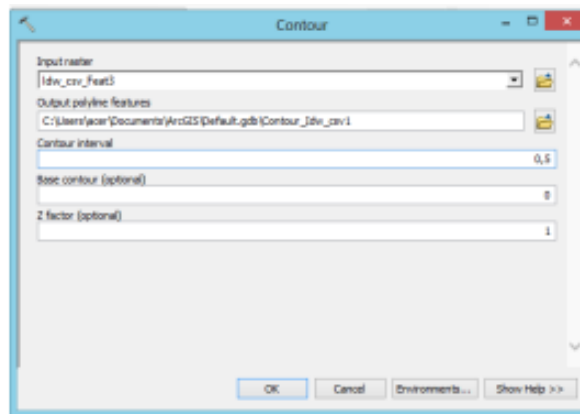
Gambar 3. Memasukkan data XYZ

- Melakukan interpolasi dengan cara membuka menu ArcToolbox lalu *Spatial Analyst Tools* dan pilih *Interpolation* Selanjutnya pilih *Kriging*. Untuk melakukan interpolasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Menu pada proses *kriging*

- Membuat kontur dengan cara membuka menu ArcToolbox lalu pilih *Surface* selanjutnya pilih *Contour*. Jika menu sudah terbuka lalu bisa menginput file raster AOI (*Area of Interest*) hasil dari interpolasi kemudian memasukkan nilai interval konturnya. Pembuatan kontur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Menu pada *contour*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengolahan data Perhitungan

Hasil dari pengukuran di lapangan dihitung menggunakan Software Microsoft Excel didapatkan hasil yaitu elevasi muka air, kedalaman dasar, dan elevasi. Elevasi muka air dihitung dari nilai elevasi LiDAR yang dikurangkan dengan nilai tinggi tanggul ke permukaan air pada lokasi pengukuran. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6.

Point	Easting (m)	Nothing (m)	Zone	Bacaan Kedalaman (m)	Kedalaman Transducer	Elevasi Muka Air (Ortho) (m)	Koreksi Barcheck (m)	Kedalaman Dasar (m)	Elevasi (Ortho) (m)
243	702554,354	9322110,152	48S	0,5	0,1	18,82	0	0,60	18,220
244	702554,741	9322110,002	48S	0,43	0,1	18,82	0	0,53	18,290
245	702554,775	9322110,113	48S	0,52	0,1	18,82	0	0,62	18,200
246	702554,83	9322110,122	48S	0,55	0,1	18,82	0	0,65	18,170
247	702554,675	9322110,104	48S	0,55	0,1	18,82	0	0,65	18,170
248	702554,532	9322110,401	48S	0,52	0,1	18,82	0	0,62	18,200
249	702554,378	9322110,624	48S	0,57	0,1	18,82	0	0,67	18,150
250	702554,268	9322110,779	48S	0,57	0,1	18,82	0	0,67	18,150
251	702554,147	9322111,015	48S	0,45	0,1	18,82	0	0,55	18,270
252	702553,98	9322110,811	48S	0,38	0,1	18,82	0	0,48	18,340
253	702553,791	9322110,571	48S	0,31	0,1	18,82	0	0,41	18,410
254	702553,481	9322110,388	48S	0,31	0,1	18,82	0	0,41	18,410
255	702553,425	9322110,285	48S	0,31	0,1	18,82	0	0,41	18,410
256	702553,403	9322110,22	48S	0,62	0,1	18,82	0	0,72	18,100
257	702553,334	9322110,257	48S	0,64	0,1	18,82	0	0,74	18,080
260	702552,924	9322109,61	48S	0,64	0,1	18,82	0	0,74	18,080
261	702553,311	9322109,46	48S	0,36	0,1	18,82	0	0,46	18,360
262	702553,344	9322109,302	48S	0,36	0,1	18,82	0	0,46	18,360
263	702553,377	9322109,182	48S	0,38	0,1	18,82	0	0,48	18,340
264	702553,352	9322108,375	48S	0,43	0,1	18,82	0	0,53	18,290
265	702553,427	9322107,68	48S	0,38	0,1	18,82	0	0,48	18,340
266	702553,945	9322107,122	48S	0,55	0,1	18,82	0	0,65	18,170
267	702554,615	9322106,526	48S	0,76	0,1	18,82	0	0,86	17,960
268	702555,027	9322106,172	48S	0,97	0,1	18,82	0	1,07	17,750

Gambar 6. Hasil perhitungan pada Sebagian Sungai Ciliwung Kecamatan Ancol

3.2 Hasil Lajur Perum

Setelah mendapatkan hasil perhitungan yang hasilnya adalah titik-titik kedalaman, selanjutnya data tersebut di plotkan pada Software ArcGIS dari titik-titik tersebut didapatkan hasil visualisasi point pengukuran dari hasil pengukuran sebagai lajur pemeruman. Dari Hasil tersebut dapat dilihat bahwa data titik-titik kedalaman tersebar merata di setiap AOI (Area Of Interest) dengan tingkat kerapatan yang sudah cukup rapat. Hasil lajur perum dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Lajur Perum Pada Sebagian Sungai Ciliwung Kecamatan Ancol

3.3 Hasil Pertampalan citra dengan titik-titik kedalaman

Pada gambar dapat dilihat warna merah yang bertampalan dengan sungai pada citra itu menunjukkan lajur perum serta titik-titik pemeruman. Titik-titik tersebut tersebar merata pada sepanjang hilir Sungai Ciliwung yang berlokasi di dekat pos pintu air Ancol Marina. Hasil pertampalannya dapat dilihat pada Gambar 8.



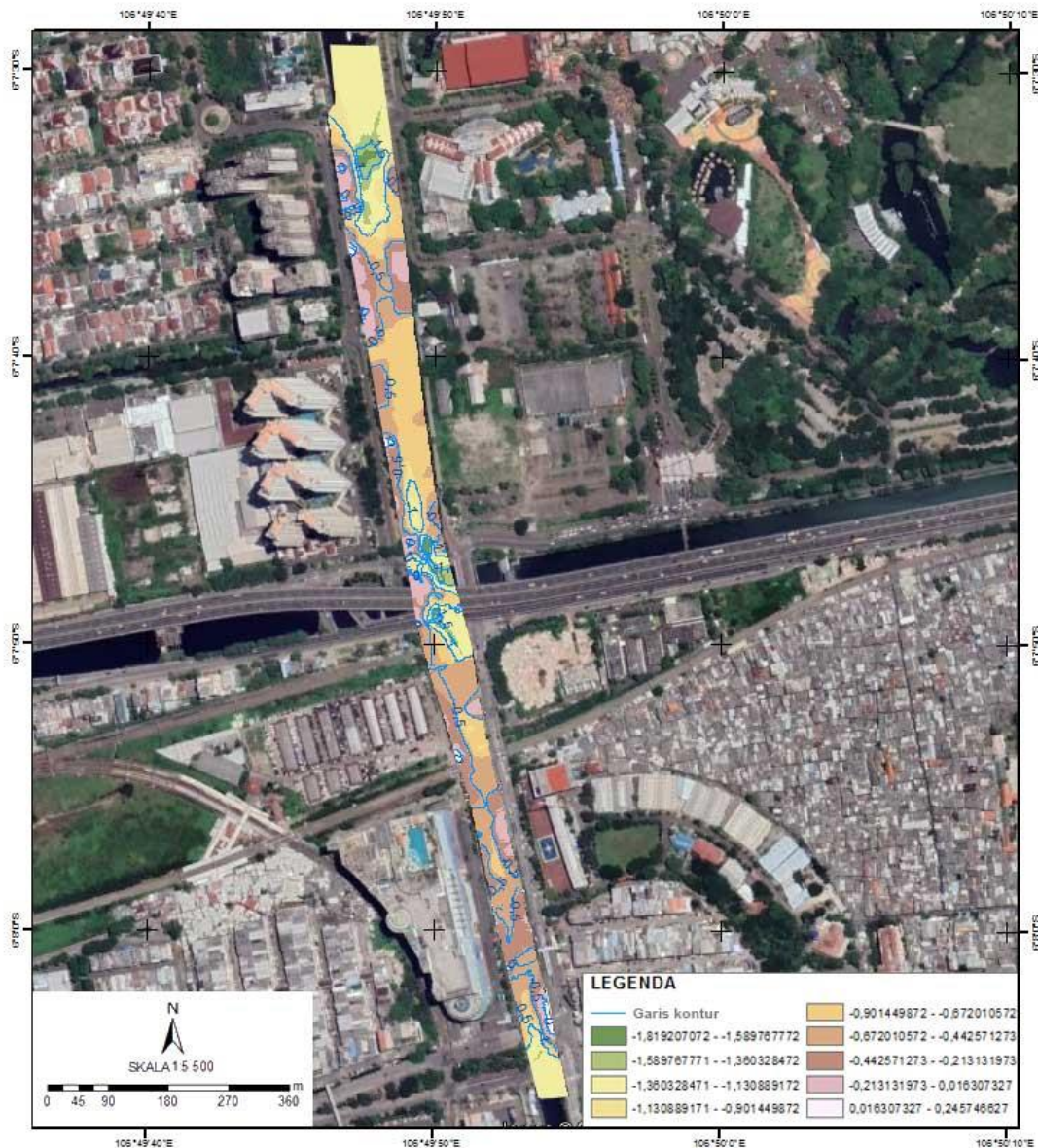
Gambar 8. Hasil Pertampalan Antara Titik-Titik Pemeruman Pada Sebagian Sungai Ciliwung Kecamatan Ancol

3.4 Hasil Pengolahan Peta Batimetri

Salah satu hasil akhir dari pekerjaan survei hidrografi adalah peta batimetri. Pengolahan tersebut menggunakan ArcMAP 10.4.1 dengan interpolasi *kriging* yang hasilnya menunjukkan perbedaan tingkat kedalaman dengan interval kontur yaitu 0,5 meter. Dari pengolahan peta didapatkan hasil kedalaman pada tiap–tiap lajur pemeruman yang disimbolkan dengan perbedaan warna.

Warna merah tua hingga merah sedikit jingga adalah warna yang menunjukkan tingkat kedalaman paling dalam yaitu minus 1,5 m. Warna jingga hingga kuning menunjukkan tingkat kedalaman sedang yaitu minus 1m dan warna biru muda menunjukkan tingkat kedalaman rendah yaitu minus 0,5m. Peta batimetri sebagian wilayah Sungai Ciliwung Kecamatan Ciliwung dapat dilihat pada Gambar 9.

PETA BATIMETRI SUNGAI CILIWUNG Pintu Gerbang Ancol Marina



Gambar 9. Peta Batimetri Pada Sebagian Sungai Ciliwung Kecamatan Ancol

4. Kesimpulan

Pengukuran survei batimetri di perairan dangkal menggunakan USV (*Unmanned Surface Vehicle*) cukup efisien karena pengambilan datanya cepat dan data lajur pemeruman yang dihasilkan memiliki kerapatan yang baik sehingga dalam pengolahan didapatkan data yang baik. Kelemahan dari pengukuran menggunakan USV (*Unmanned Surface Vehicle*) adalah ketika air di sungai sedang pasang menyebabkan terganggunya cara kerja transduser dan ketika arus sangat kuat dapat membuat titik–titik hasil pemeruman kurang rapat.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih sebesar besarnya kepada rekan-rekan yang membantu penelitian ini dan juga terima kasih kepada Bapak Elang, Bapak Taufiq serta PT Geoarta Sinar Mandala yang sudah memberi kesempatan saya untuk melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

K., Anjasmara, I. M., & Ristanto, W. (2020). Analisis Perbandingan Ketelitian Posisi Hasil Pengukuran Gns dari Kombinasi Satelit Gps, Glonass, Dan Beidou. *Geoid*, 15(1), 97. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v15i1.3913>

Ferriska, O. (2017). *Survei Batimetri di Perairan Dangkal Menggunakan Wahana USV*. https://repository.its.ac.id/43236/%0Ahttps://repository.its.ac.id/43236/1/3513100055-Undergraduate_Theses.pdf

Poerbondono, & Djunasjah, E. (2005). *Survei Hidrografi. (R.Herlina, Ed.) (Cetakan Pe). Bandung, Indonesia: PT. Refika Aditama.*

Pradipta, R., Yuwono, B. D., & Sudarsono, B. (2018). ANALISIS KETELITIAN HUMMINBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2 DENGAN MENGGUNAKAN USV (Unmanned Surface Vehicle). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2), 42–52.

Universitas Indonesia. (2013). *Sungai Ciliwung Kini*. diakses 5 Agustus 2022 dari <https://www.ui.ac.id/sungai-ciliwung-kini/>

SNI 7647. (2010). *Survei Hidrografi*, diakses 17 Agustus 2021 dari <http://big.go.id/assets/download/sni/SNI/16.%20SNI%2076462010%20Survei%20hidrografi.pdf>