

**ANALISIS CITRA FOTO UDARA UNTUK IDENTIFIKASI
SALINITAS PERMUKAAN TAMBAK AIR PAYAU**
*Aerial Photo Image Analysis For Identification Of Surface Salinity Of
Brackish Water Pond*

Romansah Wumu¹, Shabri Indra Suryalfihra²

^{1,2} Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Indonesia

Email Korespondensi: romansah@politanismarinda.ac.id

Diterima: 23/11/2021 | Ditinjau: 23/11/2021 | Disetujui: 28/11/2022

DOI: 10.31314/j sig.v5i1.1092

Abstract – East Kalimantan Province is sufficiently potential for brackish water pond with an area of 113,053.1 ha (gross land area) and 82,714 ha (clean land area). This potential needs to be maximized by paying attention to land suitability for ponds. One of the parameters of land suitability for ponds is water salinity. Water salinity can be measured directly by taking water samples in the field; however, this method is less effective considering that water is dynamic so that the measurement results of water salinity often change over time. Remote sensing technology facilitates the observation of objects on the earth's surface without having to directly touch the object. Several studies using satellite imagery have proven to be able to measure salinity of water surface using a special algorithm. The findings of the research discover that the algorithm is developed using the visible light band (RGB). This allows the results of aerial photos using drones to be used to measure the salinity of brackish water pond by using an algorithm. Based on this explanation, this research aims at applying radiometric corrections from aerial photographs using drones and then creating a pond salinity algorithm using drone aerial photographs. The algorithm is obtained by finding the best correlation linearly or order 2 polynomial from pond water salinity data with reflectance values and Digital Number (DN) aerial photos. It is found that the results obtained by the algorithm with the best performance is the second polynomial algorithm for blue band reflectance data with an R^2 value of 0.896 and an RMSE of 0.744. The salinity of pond water ranges from 0 – 9.65 ppt.

Keywords: camera, polynomial, regression, salinity algorithm

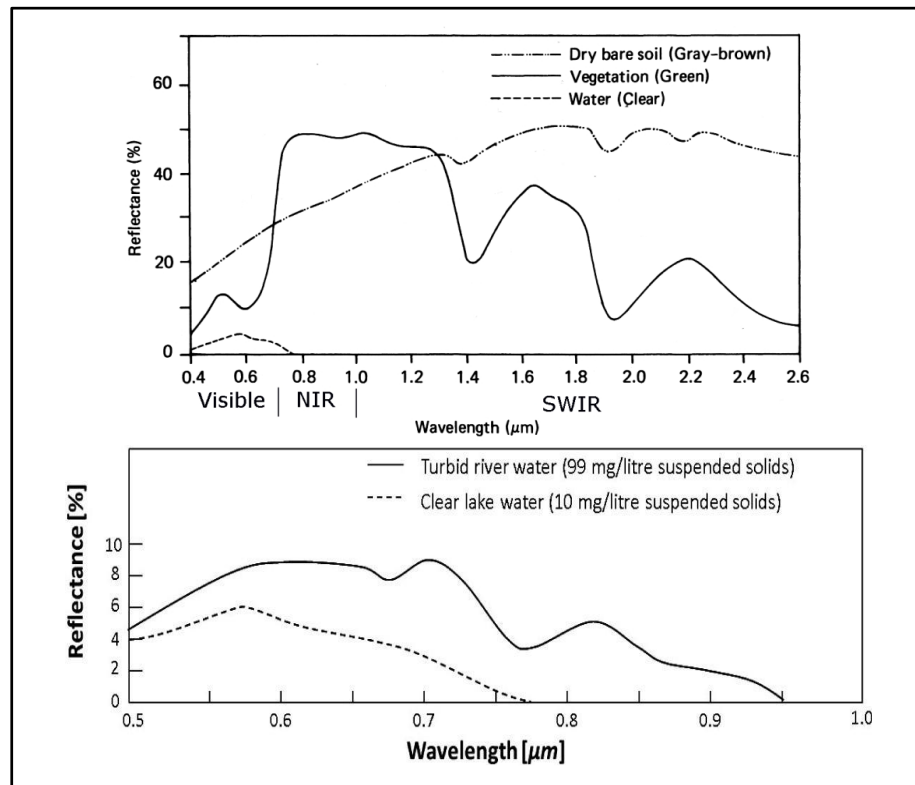
Abstrak – Potensi budidaya tambak di Provinsi Kalimantan Timur cukup memadai dengan luas sebesar 113.053,1 Ha (luas lahan kotor) dan seluas 82.714 Ha (luas lahan bersih). Potensi ini perlu dimaksimalkan dengan cara memperhatikan kesesuaian lahan tambak. Salah satu parameter kesesuaian lahan tambak adalah salinitas air. Salinitas air diperoleh dari sampel air di lapangan, namun cara ini kurang efektif mengingat air bersifat dinamis sehingga hasil pengukuran parameter air termasuk salinitas tiap waktu sering berubah. Pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh saat ini telah mampu mengukur salinitas permukaan air dengan menggunakan algoritma khusus. Hasil kajian ditemukan algoritma tersebut dikembangkan menggunakan *band* cahaya tampak (RGB). Hal ini memungkinkan hasil foto udara menggunakan drone dapat dikembangkan pemanfaatannya untuk mengetahui salinitas tambak air payau dengan menggunakan algoritma. Berdasarkan hal tersebut tujuan penelitian ini adalah melakukan penerapan koreksi radiometrik hasil foto udara menggunakan drone dan kemudian membuat algoritma salinitas tambak dengan menggunakan foto udara drone. Algoritma diperoleh dengan cara mencari korelasi terbaik secara linier maupun polinomial orde-2 dari data salinitas air tambak dengan nilai reflektan dan digital number (DN) foto udara. Hasil diperoleh, algoritma dengan performa terbaik adalah algoritma polinomial orde-2 data reflektan *band blue* dengan nilai R^2 sebesar 0,896 dan RMSE sebesar 0,744. Salinitas air tambak berkisar 0 – 9,65 ppt.

Kata kunci: algoritma salinitas, kamera, polinomial, regresi

PENDAHULUAN

Potensi budidaya tambak di Provinsi Kalimantan Timur cukup memadai dengan luas kotor sebesar 112.879,1 Ha dan luas bersih 82.954,0 Ha (Badan Pusat Statistik Kalimantan Timur, 2017). Potensi tambak ini perlu didukung dengan kajian tentang kesesuaian lahan agar dapat menghasilkan hasil yang maksimal. Beberapa parameter kesesuaian lahan tambak adalah kecerahan air, suhu, DO, pH, dan Salinitas (Boyd, 2017). Salinitas merupakan salah satu parameter penting dalam hal budidaya tambak, misalnya pada budidaya udang Vaname sebaiknya pada salinitas sekitar 10 -20 ppm (AA, SB & VE, 2017).

Teknologi penginderaan jauh telah diterapkan di berbagai bidang. Salah satu penerapan teknologi penginderaan jauh adalah pendugaan salinitas permukaan air dengan pendekatan algoritma. Tabel 1 menunjukkan algoritma salinitas permukaan air laut, pesisir, dan danau menggunakan reflektan gelombang cahaya tampak. Penggunaan gelombang cahaya tampak untuk membangun algoritma salinitas dikarenakan sifat air yang memantulkan gelombang cahaya tampak hingga *near infrared*.



Gambar 1. Karakteristik Reflektan; A) Air, Vegetasi, dan Air, dan B) Air bersih dan Air Keruh
(Sumber: Knauer, 2011; Malinowski et al., 2015)

Karakteristik air yang hanya memantulkan gelombang cahaya tampak dan sedikit NIR memungkinkan teknologi foto udara menggunakan drone dengan kamera digital standar (RGB) dapat digunakan dalam pengembangan algoritma pendugaan salinitas air baik air payau maupun air laut.

Tabel 1. Pengembangan Algoritma Citra Satelit Untuk Estimasi Salinitas Air

Metode	Catatan	Lokasi
Algoritma dari data Modis, <i>Colored Dissolved Organic Matter</i> (CDOM) (Wouthuyzen, 2011)	Resolusi rendah (1Km). Menggunakan <i>band</i> visual data Modis.	Teluk Jakarta
MODIS–Aqua, <i>neural network</i> (Geiger dkk., 2013)	Resolusi rendah (1Km). Menggunakan <i>band</i> biru dan hijau. Membahas hubungan <i>Sea Surface Temperature</i> (SST) dan SSS. Akurasi uji coba algoritma relatif rendah	Samudra Atlantik Tengah
NN MODIS dan SeWiFs (Chen & Hu,	Resolusi Rendah (1Km). Menggunakan	Teluk Meksiko

Metode	Catatan	Lokasi
2017)	reflektan <i>band</i> 412, 443, 488 (490), 555, and 667 (670) nm. Kecocokan antara data In Situ dan data Satelit kurang lebih 6 Jam	-
Salinitas Air Menggunakan <i>Smartphone</i> (Hussain et al., 2017)	Salinitas air menggunakan <i>Smartphone</i> dengan menerapkan hukum Lambert Beer dan pengukuran secara langsung menggunakan fiber optik.	-
SMOS-derived (6 tahun), interpolasi data (Olmedo dkk., 2018)	Peningkatan resolusi SMOS, namun tetap rendah untuk Kawasan pantai (5 Km dari pantai). Pengolahan data SSS dengan data in situ memiliki akurasi yang tinggi.	Barat Laut Mediterania dan Samudra Atlantik
<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS) (Wouthuyzen, 2018)	Sistem Cerdas Pendugaan Salinitas Air Laut Berdasarkan Citra Landsat Menggunakan Metode <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS). Menggunakan <i>Band</i> RGB data Landsat-8 untuk mendapatkan pendugaan salinitas dengan tingkat <i>error</i> yaitu rata-rata 2,0267	-
Model linier pendugaan salinitas air pada area pesisir pantai (Ferdous & Rahman, 2020)	Penggunaan data Landsat 5 dan Landsat 8 untuk monitoring salinitas air pada pesisir pantai. Model dibentuk menggunakan <i>Band</i> RGB	Coastal Bangladesh
Membandingkan akurasi <i>Artificial Neural Networks</i> (ANN), <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference system</i> (ANFIS), dan <i>Multiple Linear Regression</i> (MLR) model untuk pendugaan salinitas (Bayati & Danesh-Yazdi, 2021).	ANN menghasilkan performa yang baik dalam pendugaan salinitas menggunakan <i>Band</i> RGB data Landsat-8 dan Sentinel-2 pada Danau Urmia ($R^2 = 0.94$; NRMSE = 6.9%; MAE = 12.3 ppt).	Danau Urmia

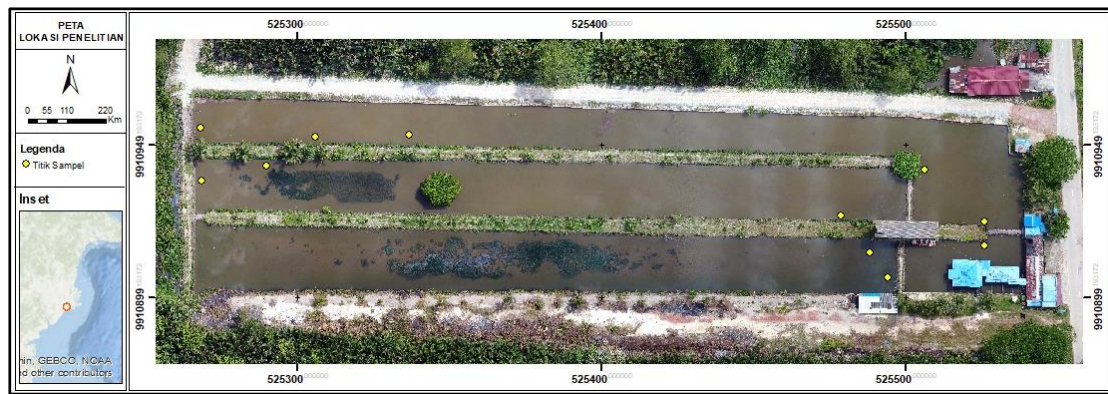
HydroColor App merupakan teknologi yang memungkinkan untuk memperoleh nilai reflektan di atas permukaan air menggunakan kamera *smartphone* (Leeuw & Boss, 2018). Hal ini juga dapat memperoleh reflektan dari kamera foto udara. Kelebihan penggunaan kamera drone dalam pendugaan salinitas tambak adalah resolusinya yang lebih tinggi dibanding resolusi citra satelit dan terbebas dari tutupan awan.

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini berupaya mengidentifikasi salinitas permukaan air tambak (SPAT) dengan memanfaatkan citra foto udara menggunakan drone DJI Phantom 4. Drone tersebut telah teruji dapat digunakan untuk pemetaan foto udara berupa *orthomosaic* dan DSM (Koto, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk; 1) merancang algoritma SPAT dari data foto udara drone, dan 2) menerapkan hasil algoritma untuk identifikasi SPAT.

METODE DAN DATA

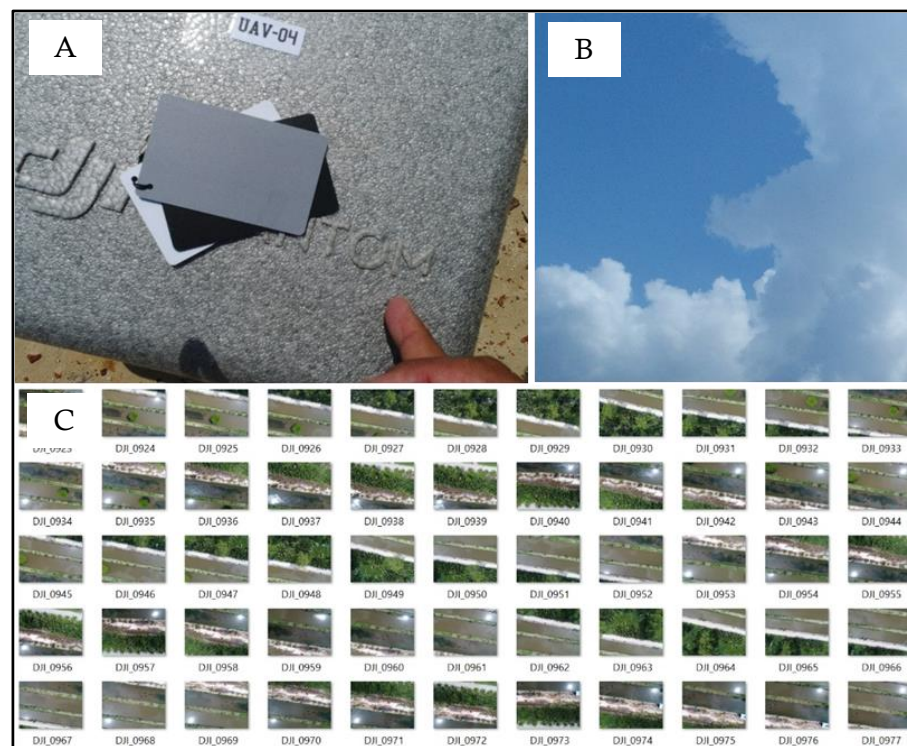
Data

Lokasi penelitian ini adalah tambak yang berlokasi di Dondang, Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara (Gambar 2). Lokasi ini diambil karena tambak berada di sekitar muara Sungai Mahakam sehingga tambaknya termasuk tambak air payau.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 158 foto udara tambak, foto langit, dan foto *gray card* (Gambar 3) yang diambil menggunakan kamera drone DJI Phantom 4. Luas tangkapan foto 3,1 Ha dengan luas tambak 1,7 Ha. Data foto udara tegak (0° nadir) dan posisi matahari 10° dari nadir.



Gambar 3 A) Gray Card, B) Langit, dan C. Foto Udara Tambak

Foto pada Gambar 3 memiliki nilai *exposure time* dan *ISO speed*. Nilai *exposure time* dan *ISO speed* foto dapat dilihat Tabel 2. *Exposure time* dan *ISO speed* Foto (Tabel 2).

Tabel 2. *Exposure time* dan *ISO speed* Foto

Foto	<i>Exposure time</i> (detik)	<i>ISO speed</i>
Foto udara tambak	1/320, 1/400	100
Foto <i>gray card</i>	1/2500	400
Foto Langit	1/2500	400

Bersamaan dengan pengambilan data foto udara juga dilakukan pengambilan data salinitas air tambak. Data salinitas dibagi menjadi dua fungsi; data *training* berfungsi untuk membangun algoritma SPAT dan data uji untuk menguji performa algoritma SPAT (Tabel 3).

Tabel 3. Salinitas Tambak In situ

<i>Easting</i>	<i>Northing</i>	Salinitas (ppt)	Jenis Data
525268,6	9910938	6	<i>Training</i>
525268,2	9910955	8	Uji
525289,8	9910942	9	<i>Training</i>
525306	9910952	8	<i>Training</i>
525336,8	9910953	8	Uji
525494	9910906	9	<i>Training</i>
525488,2	9910914	9	Uji
525478,6	9910926	10	<i>Training</i>
525506	9910941	10	Uji
525525,7	9910924	10	<i>Training</i>
525525,7	9910916	9	<i>Training</i>

Metode

Data foto udara diproses radiometrik untuk mengubah nilai DN menjadi reflektan. Nilai reflektan yang ditangkap oleh kamera diperoleh menggunakan Persamaan 1 (Leeuw & Boss, 2018).

$$R_{rs} = \frac{L_t - \rho L_s}{\frac{\pi}{R_{ref}} L_c} \quad (1)$$

Di mana R_s = reflektan permukaan air (sr^{-1}); L_t = Radian permukaan air ($\text{W sr}^{-1} \text{m}^{-2}$); L_s = Radian langit ($\text{W.sr}^{-1}.\text{m}^{-2}$); L_c = *Radian gray card* ($\text{W sr}^{-1} \text{m}^{-2}$); ρ = faktor reflektan permukaan air; dan R_{ref} = Irradian reflektan dari sebuah reflektan sandar (*Gray card* $R_{ref} = 18\% = 0,18$).

Data foto udara diambil 10° dari matahari dan 0° dari Nadir (foto tegak), pada kondisi ini nilai $\rho = 0,0211$ (Mobley, 2021). Nilai radian sebuah kamera digital dinyatakan oleh Persamaan 2 (Leeuw & Boss, 2018).

$$L_{rel} = \frac{DN}{\alpha S} \quad (2)$$

Di mana L_{rel} = Radian relatif dari kamera; DN = *Digital Number*; α = *Exposure time* (detik); dan S = *ISO speed*.

Hasil foto udara berupa DN dan Reflektan digunakan untuk mencari algoritma salinitas permukaan air tambak (SPAT). Algoritma SPAT dibangun dengan cara mencari regresi linier maupun polinomial dari data DN maupun Reflektan dengan salinitas tambak in situ. Performa algoritma dinilai menggunakan *R-squared* (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE)

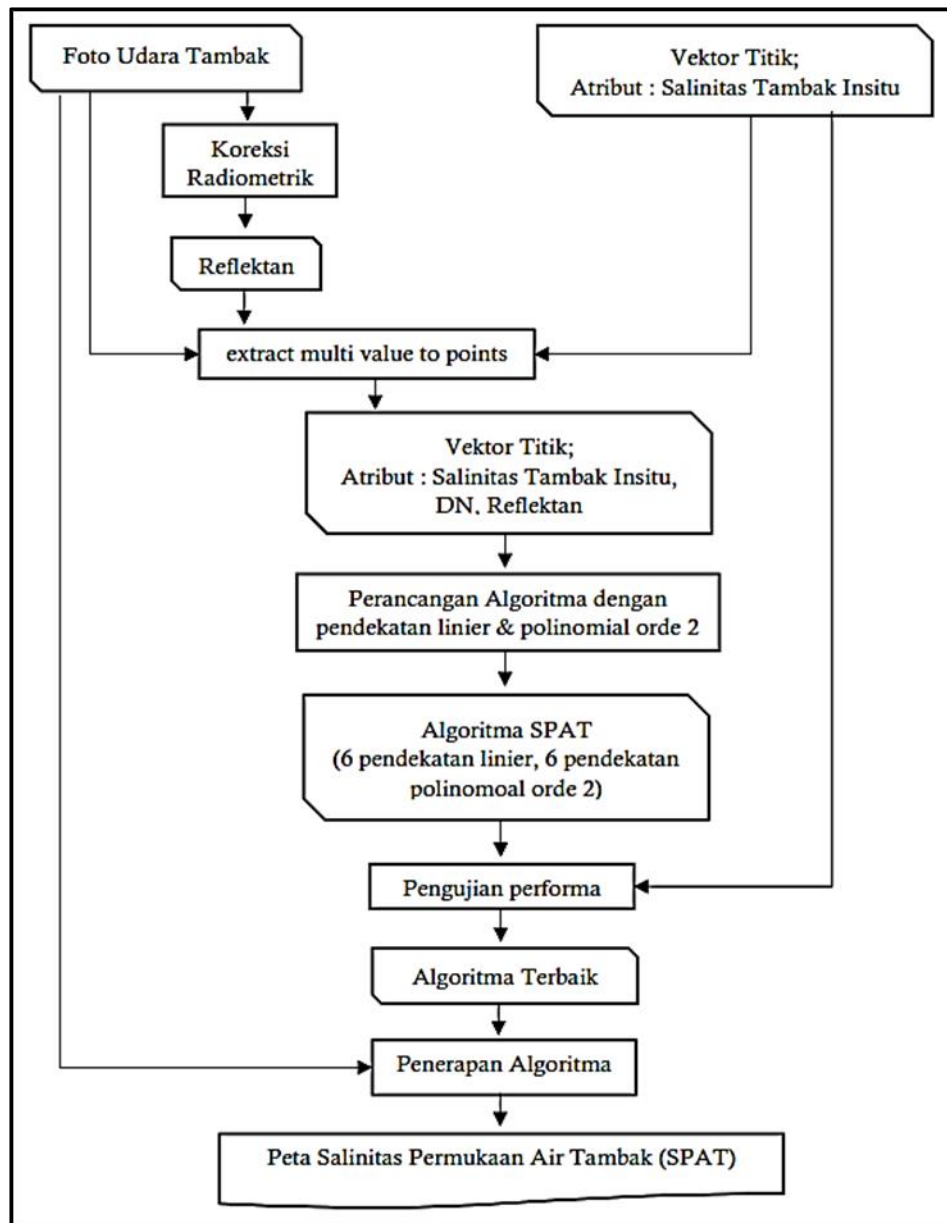
$$R^2 = \left(\frac{n \sum(y) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \right)^2 \quad (3)$$

Pada penelitian ini x dan y berturut-turut merupakan DN atau Reflektan setiap *band* RGB dan salinitas tambak in situ.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{esti} - X_{meas})^2}{N}} \quad (4)$$

X_{esti} adalah estimasi nilai Salinitas berdasarkan algoritma dan X_{meas} merupakan Salinitas data in situ.

Uraian metode di atas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Foto Udara

Hasil pengolahan data foto udara tambak berupa data DN dan reflektan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data Foto Udara

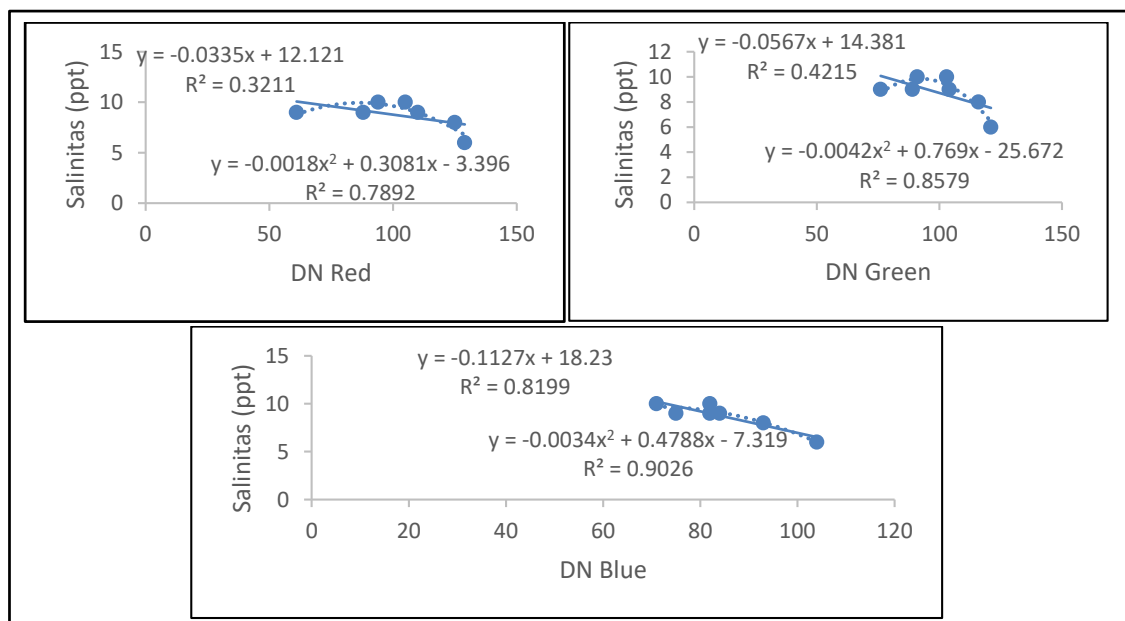
Easting	Northing	Titik	Digital Number			Reflektan			Perlakuan
			Red	Green	Blue	Red	Green	Blue	
525268,6	9910938	1	129	121	104	0,0308	0,0266	0,0198	Training
525268,2	9910955	2	125	115	91	0,0297	0,0251	0,0171	Uji
525289,8	9910942	3	110	104	84	0,0263	0,0229	0,0158	Training
525306	9910952	4	125	116	93	0,0297	0,0254	0,0175	Training
525336,8	9910953	5	132	122	101	0,0315	0,0269	0,0192	Uji
525494	9910906	6	61	76	75	0,0142	0,0163	0,0139	Training
525488,2	9910914	7	72	78	83	0,017	0,0167	0,0157	Uji
525478,6	9910926	8	105	103	82	0,025	0,0226	0,0154	Training
525506	9910941	9	102	99	78	0,0242	0,0214	0,0141	Uji
525525,7	9910924	10	94	91	71	0,0223	0,0198	0,0132	Training
525525,7	9910916	11	88	89	82	0,0209	0,0194	0,0152	Training

Hasil menunjukkan, nilai reflektan permukaan tambak bernilai kecil, berkisar antara 0,0163 hingga 0,0315 untuk seluruh *Band*. Hal ini tersebut sesuai dengan karakteristik air yang sedikit memantulkan cahaya tampak (

Gambar 1). Salinitas air yang bervariasi pada setiap titik sampel menyebabkan cahaya tampak yang diserap oleh air pada setiap titik menjadi berbeda (Keith et al., 2016). Hal tersebut menyebabkan nilai DN dan reflektan masing-masing titik menjadi bervariasi.

Algoritma SPAT

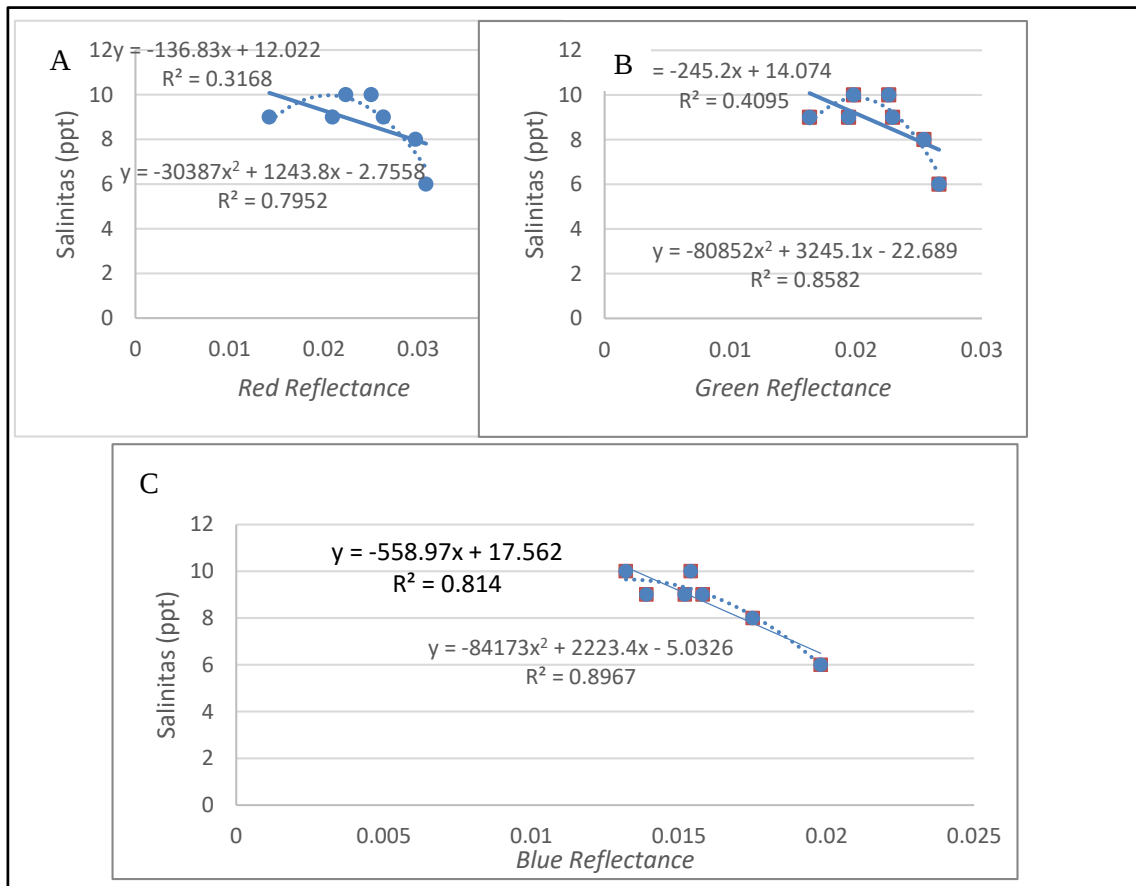
Sampel data *training* untuk salinitas (Tabel 3) dan hasil pengolahan data foto udara (Tabel 4) diolah untuk memperoleh algoritma SPAT dengan menggunakan regresi linier dan polinomial orde-2. Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara DN dan salinitas *In situ*.



Gambar 5. Grafik Regresi Linier dan Polinomial-2: A) DN Red, B) DN Green, dan C) DN Blue dengan Data Salinitas *In situ*

Berdasarkan hasil pada Gambar 5, dapat dilihat korelasi yang baik antara DN dan salinitas ditunjukkan oleh DN *Blue* dengan regresi polinomial orde-2 (Gambar 4.C) di mana nilai $R^2 = 0,902$.

Selain DN Algoritma SPAT dibangun menggunakan nilai Reflektan (Gambar 6).



Gambar 6. Grafik Regresi Linier dan Polinomial-2; A) Reflektan Red, B) Reflektan Green, dan C) Blue Reflectance dengan Data Salinitas In situ

Korelasi yang baik antara reflektan dan Salinitas ditunjukkan oleh *Blue Reflectance* dengan regresi polinomial orde-2 (Gambar 5.C) di mana nilai $R^2 = 0,896$. Berdasarkan hasil pengujian korelasi penggunaan DN *Blue* dan *Reflectance Blue* dapat digunakan untuk membangun algoritma SPAT.

Performa Algoritma

Hasil algoritma yang diperoleh pada Gambar 5 dan Gambar 6 dilakukan pengujian performa algoritma. Performa algoritma ditentukan oleh nilai R^2 mendekati 1 dan RMSE kecil (Tabel 5).

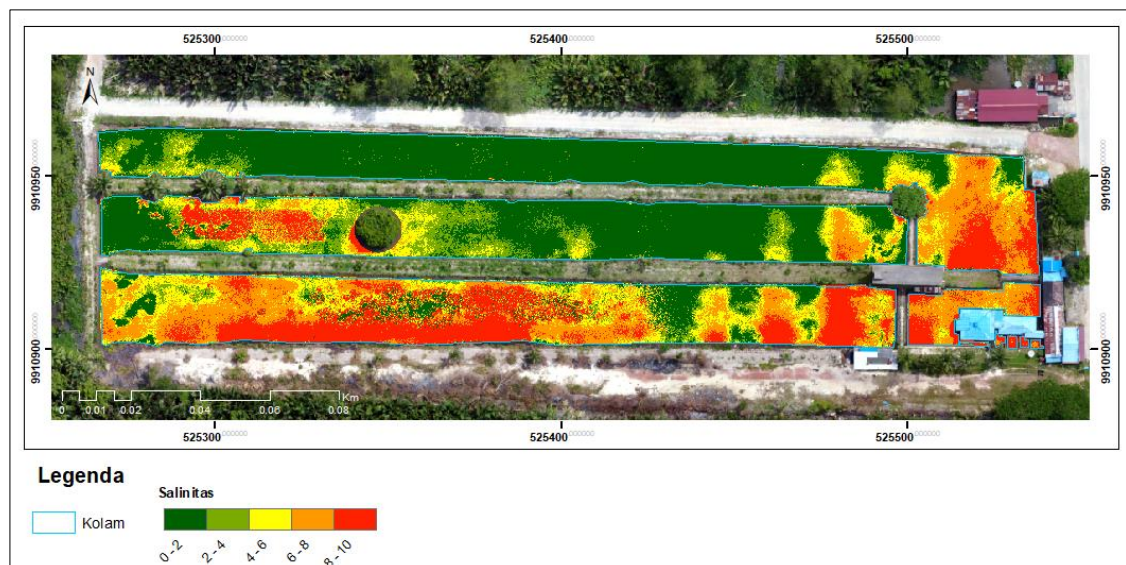
Tabel 5. Hasil Algoritma Salinitas Permukaan Air Tambak (SPAT)

Band (x)	No.	Algoritma	R^2	RMSE
Regresi Linier				
DN Red	1	$-0,0335x + 12,121$	0,321	0,755
DN Green	2	$-0,0567x + 14,381$	0,421	0,828
DN Blue	3	$-0,1127x + 18,23$	0,82	0,644
Ref Red	4	$-558,97x + 17,562$	0,317	0,748
Ref Green	5	$-245,2x + 14,074$	0,409	0,806
Ref Blue	6	$-558,97x + 17,562$	0,814	0,615

Band (x)	No.	Algoritma	R ²	RMSE
Regresi Polinomial Orde 2				
DN Red	7	$-0,0018x^2 + 0,3081x - 3,396$	0,789	1,233
DN Green	8	$-0,0042x^2 + 0,769x - 25,672$	0,858	1,301
DN Blue	9	$-0,0034x^2 + 0,4788x - 7,319$	0,903	0,887
Ref Red	10	$-30387x^2 + 1243,8x - 2,7558$	0,795	0,994
Ref Green	11	$-80852x^2 + 3245,1x - 22,689$	0,858	0,953
Ref Blue	12*	$-84173x^2 + 2223,4x - 5,0326$	0,896	0,744

*Algoritma Terbaik

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh 12 algoritma SPAT. Algoritma dengan performa terbaik adalah algoritma No. 12 yaitu algoritma dengan regresi polinomial orde-2 dengan nilai R² sebesar 0,896 dan RMSE sebesar 0,744. Performa algoritma terbaik ke dua adalah algoritma No. 6 yaitu algoritma dengan regresi linier dengan R² sebesar 0,814 dan RMSE sebesar 0,615. Kedua algoritma terbaik (Algoritma No. 9 dan No. 6) menggunakan *input* data reflektan *band blue*. Algoritma salinitas permukaan air pada umumnya menggunakan pengembangan algoritma *Colored Dissolved Organic Matter* (CDOM) (Nafizah, 2016; Wouthuyzen, 2011). CDOM merupakan kromatisitas *band blue*, hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini yang juga menggunakan *band blue*. Penggunaan CDOM lebih banyak digunakan untuk pendugaan salinitas permukaan air pesisir pantai hingga laut menggunakan data Landsat-5, Landsat 7, dan Landsat 8. Sedangkan algoritma SPAT dari hasil penelitian ini adalah untuk permukaan air tambak dengan menggunakan foto udara drone.



Gambar 7. Peta Sebaran Salinitas Permukaan Air Tambak SPAT Menggunakan Algoritma No. 12

Kolam ikan ini digunakan untuk budidaya ikan Nila Salin. Dapat hidup pada air dengan salinitas 0 – 35 ppt (Angriani et al., 2020; Nurchayati et al., 2021). Hasil pengolahan data menggunakan algoritma SPAT diperoleh nilai salinitas pada tambak berkisar antara 0 – 9,65 ppt (Gambar 7), sehingga sangat cocok untuk ikan tersebut. Kolam paling Selatan lebih tinggi salinitasnya dibanding kolam lainnya.

KESIMPULAN

Foto udara dengan kamera RGB dapat digunakan dalam pendugaan salinitas air tambak dengan pendekatan algoritma tertentu. Hasil yang diperoleh algoritma SPAT $-84173x^2 + 2223,4x - 5,0326$ dengan x merupakan reflektan *band blue*. Penggunaan algoritma ini dapat mempercepat pengambilan data salinitas pada air tambak. Kekurangan dari algoritma

ini adalah performa algoritma yang belum maksimal karena nilai RMSE cukup besar yaitu 0,744. Performa ini dinilai masih kurang, hal ini disebabkan oleh pengambilan data foto udara pada saat matahari mendekati nadir sehingga ada bayangan matahari pada permukaan air tambak (Gambar 3.C), sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan data foto udara pada saat pagi hari dan sore hari (posisi matahari tidak mendekati *nadir*). Selain itu perlu dilakukan pengkajian algoritma SPAT dengan memperhatikan kedalaman tambak dan *Total Suspended Solid* (TSS). Perlu juga dilakukan penelitian pada area tambak yang lebih luas menggunakan UAV *fixed wing* dengan kamera multispektral, sehingga hasilnya dapat dibandingkan dengan citra satelit resolusi menengah (Landsat/Sentinel 2).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula (PDP). Terima kasih juga kami sampaikan kepada Politeknik Pertanian Negeri Samarinda Program Studi Teknologi Geomatika sebagai unit kerja kami.

DAFTAR PUSTAKA

- AA, A., SB, P., & VE, H. 2017. Kajian Kesesuaian Lahan Tambak Udang Vaname Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Desa Wonorejo, Kecamatan Kaliwungu, Kendal, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(2), 102–109.
- Angriani, R., Halid, I., & Baso, H. S. 2020. Analisis Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila Salin (*Oreochromis Niloticus*, Linn) Dengan Dosis Pakan Yang Berbeda. *Fisheries of Wallacea Journal*, 1, 84–92.
- Badan Pusat Statistik Kalimantan Timur. 2017. *Luas Usaha Pemeliharaan Ikan Budidaya Menurut Jenis Budidaya dan Kabupaten/Kota (Ha)*, 2015. Badan Pusat Statistik Kalimantan Timur. <https://kaltim.bps.go.id/statictable/2015/03/11/108/luas-usaha-pemeliharaan-ikan-budidaya-menurut-jenis-budidaya-dan-kabupaten-kota-ha-2015.html>
- Bayati, M., & Danesh-Yazdi, M. 2021. Mapping the spatiotemporal variability of salinity in the hypersaline Lake Urmia using sentinel-2 and landsat-8 imagery. *Journal of Hydrology*, 595. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126032>
- Boyd, C. E. 2017. General relationship between water quality and aquaculture performance in ponds. In *Fish Diseases: Prevention and Control Strategies*, p.147–166. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5>
- Chen, S., & Hu, C. 2017. Estimating sea surface salinity in the northern Gulf of Mexico from satellite ocean color measurements. *Remote Sensing of Environment*, 201(September), 115–132. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.004>
- Ferdous, J., & Rahman, M. T. U. 2020. Developing an empirical model from landsat data series for monitoring water salinity in coastal Bangladesh. *Journal of Environmental Management*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109861>
- Geiger, E. F., Grossi, M. D., Trembanis, A. C., Kohut, J. T., & Oliver, M. J. 2013. Satellite-derived coastal ocean and estuarine salinity in the Mid-Atlantic. *Continental Shelf Research*, 63, S235–S242. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.12.001>
- Hussain, I., Das, M., Ahamad, K. U., & Nath, P. 2017. Water salinity detection using a smartphone. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 239, 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.08.102>
- Keith, D. J., Lunetta, R. S., & Schaeffer, B. A. 2016. Optical models for remote sensing of colored dissolved organic matter absorption and salinity in New England, Middle Atlantic and Gulf coast estuaries USA. *Remote Sensing*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/rs8040283>
- Knauer, K. 2011. Monitoring ecosystem health of Fynbos Remnant Vegetation in the City of Cape Town using remote sensing. <https://www.researchgate.net/publication/225007116>
- Koto, A. G. 2021. Pengolahan Foto Udara Drone Menggunakan Perangkat Lunak Pix4DMAPPER. *J SIG*, 4(1), 50–57. <https://doi.org/10.31314/j.sig.v4i1.738/>
- Leeuw, T., & Boss, E. 2018. The Hydrocolor app: Above water measurements of remote sensing reflectance and turbidity using a smartphone camera. *Sensors (Switzerland)*, 18(1).

- <https://doi.org/10.3390/s18010256>
- Malinowski, R., Groom, G., Schwanghart, W., & Heckrath, G. 2015. Detection and delineation of localized flooding from worldview-2 multispectral data. *Remote Sensing*, 7(11), 14853–14875. <https://doi.org/10.3390/rs71114853>
- Mobley, C. 2021. *Surface Reflectance Factors*. Ocean Optics. <https://www.oceanopticsbook.info/view/remote-sensing/level-3/surface-reflectance-factors>
- Nafizah, N.-. 2016. Evaluasi Algoritma Wouthuyzen dan Son Untuk Pendugaan Sea Surface Salinity (SSS) (Studi Kasus: Perairan Utara Pamekasan). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17194>
- Nurchayati, S., Basuki, F. 2021. Analisis Kesesuaian Lahan Budidaya Nila Salin (*Oreochromis niloticus*) Di Pertambakan Kecamatan Tayu, Analysis on land suitability cultivation of saline tilapia (*oreochromis niloticus*) at the pond in tayu district. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology Available*, 17, 224. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>
- Olmedo, E., Taupier-Letage, I., Turiel, A., & Alvera-Azcárate, A. 2018. Improving SMOS sea surface salinity in the Western Mediterranean sea through multivariate and multifractal analysis. *Remote Sensing*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/rs10030485>
- Wouthuyzen, S. 2011. Measuring sea surface salinity of the jakarta bay using remotely sensed of ocean color data acquired by modis sensor. *Marine Research in Indonesia*, 36(2), 51–70. <https://doi.org/10.14203/mri.v36i2.41>
- Wouthuyzen, S. 2018. Sistem Cerdas Pendugaan Salinitas Air Laut Berdasarkan Citra Landsat Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). *Jurnal Buana Informatika*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.24002/jbi.v9i1.1283>