

IMAGE FUSION: PENGUJIAN TERHADAP PENGGABUNGAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 DAN SPOT UNTUK PEMANTAUAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR LAUT

Andriani Putri¹, Sri Azizah Nazhifah²

¹Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Teuku Umar

²Program Studi Informatika, Universitas Syiah Kuala

¹Jl. Alue Peunyareng, Aceh Barat

²Jl. Syech Abdurrauf, Banda Aceh

¹andrianiputri@utu.ac.id

²sriazizah07@unsyiah.ac.id

Abstract - High spatial and temporal resolutions of satellite imagery are necessary to monitor rapid environment changes at finer scales. However, no single satellite can produce images with both high spatial and temporal resolutions yet. To address this issue, spatio-temporal image fusion algorithms were proposed to synthesize high spatial and temporal resolution images. For example, Landsat 8 with a spatial resolution of 30 m has been applied on water level detection, but it cannot capture dynamic events due to its low temporal resolution. On the other hand, The Advanced Himawari Imager (AHI) 8 only needs 10 minutes to watch the hemisphere once, but its coarse spatial resolution hampers the accurate mapping of sea level change. While our previous study has examined the feasibility of blending AHI and Landsat images, this study aims at blending SPOT imagery with AHI imagery to monitor the dynamic and local behavior of sea level changes. To be specific, first, images in the testing area are calibrated to surface reflectance and co-registered. The Normalized Difference Water Index (NDWI) is then calculated from SPOT and Himawari-8 images to be an input for the image fusion process. This study applies the Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM) as the image fusion method. While water level changes dynamically, traditional methods are largely affected by the changes of land cover. Hence, this study constructs a knowledge database to select proper land cover maps as an image fusion input. Finally, the evaluation result shows that the proposed solution can retrieve accurate water coverage with high spatial and temporal resolutions.

Keywords - Spatial-temporal image fusion, STARFM, Himawari-8, SPOT, sea level monitoring

Abstrak - Resolusi spasial dan temporal yang tinggi dari citra satelit diperlukan untuk memantau perubahan lingkungan yang cepat pada skala yang lebih baik. Namun, belum ada satupun satelit yang dapat menghasilkan gambar dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Untuk mengatasi masalah ini, proses penggabungan citra (*image fusion*) diaplikasikan untuk mensintesis citra dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Misalnya, Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 m telah diterapkan pada deteksi ketinggian air, tetapi tidak dapat menangkap peristiwa dinamis karena resolusi temporal yang rendah. Di sisi lain, The Advanced Himawari Imager (AHI) 8 hanya membutuhkan waktu 10 menit untuk mengamati seluruh bumi dalam sekali orbit, namun resolusi spasialnya yang buruk dapat menghambat pemetaan perubahan permukaan air laut. Sementara studi sebelumnya telah menguji kelayakan untuk penggabungan citra AHI dan Landsat, maka studi ini bertujuan untuk menguji penggabungan citra SPOT dengan citra AHI untuk memantau dinamika dan perubahan permukaan air laut. Untuk lebih spesifik, pertama, citra di area studi dikalibrasi ke nilai *surface reflectance* dan kemudian *co-registered*. Normalized Difference Water Index (NDWI) kemudian dihitung dari citra SPOT dan Himawari-8 untuk dijadikan input saat proses penggabungan citra. Penelitian ini menggunakan Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM) sebagai metode penggabungan citra. Sementara ketinggian air berubah secara dinamis, metode tradisional yang sudah ada sebagian besar dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan. Oleh karena itu, penelitian ini membangun database untuk memilih peta tutupan lahan yang tepat sebagai input penggabungan citra. Akhirnya, hasil evaluasi dari pengujian solusi yang diusulkan dapat memperoleh lahan air yang akurat dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi.

Kata Kunci - Penggabungan citra spasial-temporal, STARFM, Himawari-8, SPOT, pemantauan ketinggian air laut

I. PENDAHULUAN

Perkembangan terbaru dari teknologi penginderaan jauh memungkinkan akuisisi citra dengan resolusi tinggi yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti dalam perencanaan tata kota, pengelolaan hutan, dan pemetaan permukaan air. Karena penginderaan jauh semakin umum digunakan di banyak bidang, resolusi spasial dan temporal yang tinggi dari citra satelit diperlukan untuk meningkatkan kemampuan memantau perubahan lingkungan pada skala yang lebih baik. Namun, tidak ada satupun satelit yang dapat menghasilkan citra dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Hal semacam ini bisa menjadi masalah besar saat sensor akan diterapkan pada aplikasi yang membutuhkan kedua resolusi tinggi ini. Salah satu aplikasinya adalah dalam memantau perubahan permukaan air laut atau *sea level* [1]. *Sea level* adalah ketinggian rata-rata permukaan air laut antara air pasang dan surut. Kenaikan permukaan air laut tidak hanya menyebabkan banjir tetapi juga mencemari air tawar dan merusak ekosistem di pesisir. Oleh karena itu, pemantauan permukaan air laut diperlukan untuk penanggulangan dan pencegahan bencana.

Berbagai sensor jarak jauh telah diterapkan dalam mendeteksi dan memantau permukaan air sejak tahun 1970-an, seperti *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), dan *Suomi National Polar-orbiting Partnership - Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (NPP-VIIRS). Satelit observasi bumi, seperti Landsat dan Himawari-8, menyediakan data pada resolusi spasial, temporal dan spektral yang berbeda. Misalnya, sensor resolusi baik, *Operational Land Imager* (OLI) pada Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 meter dianggap sebagai kelanjutan dari Landsat. Penerapannya dalam mendeteksi air laut telah diuji [2], tetapi tidak dapat menangkap perubahan dinamis air laut karena memiliki resolusi temporal yang rendah yaitu 16 hari. Selain itu, citra SPOT yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi dari Landsat OLI, yaitu enam meter. Citra SPOT dapat merekam seluruh bumi dalam satu hari. Di sisi lain, sensor dengan resolusi yang buruk, *Advanced Himawari Imager* (AHI) 8 memberikan resolusi temporal tinggi yang hanya membutuhkan 10 menit untuk mengamati belahan bumi dalam satu kali orbit. Ketika beberapa sensor telah diterapkan untuk mendeteksi air laut, namun, tidak ada satupun satelit yang dapat menghasilkan citra dengan kedua resolusi spasial dan temporal yang tinggi.

Untuk mengatasi masalah yang sering terjadi dalam penginderaan jauh ini, *image fusion* atau penggabungan citra dari berbagai sensor semakin populer dalam beberapa tahun terakhir dengan menggabungkan sensor resolusi temporal tinggi seperti AHI dengan sensor resolusi spasial sedang

hingga lebih tinggi seperti data SPOT. Ada dua jenis penggabungan citra, yaitu penggabungan citra spasial-spektral atau disebut dengan *pan-sharpening* dimana menggabungkan citra multispektral resolusi rendah dengan citra pankromatik resolusi tinggi [3]. Selanjutnya ada metode penggabungan citra yang dinamakan penggabungan citra spasial-temporal dimana menggabungkan dua citra untuk mendapatkan citra dengan resolusi spasial dan temporal tinggi [4]. Pada awalnya, penggabungan citra spasial-temporal digunakan untuk mendapatkan citra yang terlihat seperti Landsat setiap harinya, namun keterbatasan resolusi temporal Landsat maka ditemukanlah metode *Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model* (STARFM) dengan menggabungkan citra Landsat dan MODIS pada saat itu. Metode penggabungan citra lainnya juga digunakan untuk mengobservasi suhu permukaan dengan menggabungkan citra dari beberapa sumber yang berbeda [5]. Solusi penggabungan lainnya dimanfaatkan untuk mendeteksi perubahan lahan dari masa kemasa menggunakan citra dengan resolusi spasial dan temporal tinggi [6]. Selanjutnya ditemukan metode yang merupakan pengembangan dari STARFM untuk mengobservasi perubahan reflektan dengan menabungkan jumlah citra yang digunakan [7]. Maka tidak diragukan lagi bahwa penggabungan citra menjadi solusi yang cukup banyak digunakan untuk mengatasi keterbatasan resolusi yang dimiliki.

Penggabungan citra ini dapat diaplikasikan jika *bandwidth* dari kedua citra yang digunakan sama besarnya. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2, *bandwidth* kedua sensor ini serupa sehingga memungkinkan terjadinya penggabungan citra. Di penelitian sebelumnya, pengujian kelayakan untuk penggabungan Landsat-OLI dan Himawari-8 untuk pemantauan permukaan air laut telah dilakukan. Kemudian studi saat ini menggunakan *surface reflectance* Himawari-8 dari setiap jam dan digabungkan dengan gambar SPOT untuk melihat kelayakan dari penggabungan ini dalam memantau permukaan air laut yang efisien.

Tabel 1. Daftar *bands* dari sensor Himawari-8

Spectral Region	Band	Wavelength (μm)	Spatial Resolution (m)
Blue	1	0.47	1000
Green	2	0.51	500
Red	3	0.64	1000
NIR	4	0.86	2000
SWIR 1	5	1.61	2000
SWIR 2	6	2.23	2000

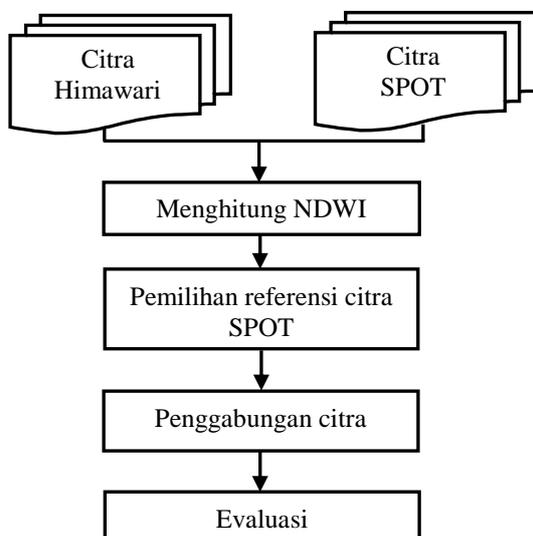
Tabel 2. Daftar *bands* dari sensor SPOT

Spectral Region	Band	Wavelength (μm)	Spatial Resolution (m)
Blue	1	0.45 - 0.52	6
Green	2	0.53 - 0.59	6
Red	3	0.62 - 0.69	6
NIR	4	0.76 - 0.89	6

II. METODE PENELITIAN

Seperti penelitian sebelumnya yang menguji penggabungan citra AHI dengan citra Landsat OLI dan dibuktikan dengan hasil yang sesuai yang diharapkan. Kemudian penelitian ini bertujuan untuk menguji pemantauan dari perubahan permukaan air laut menggunakan STARFM dengan menggabungkan dua citra Advanced Himawari Imager dan SPOT 6/7.

Untuk lebih spesifik, seperti yang terlihat pada Gambar 1. sebagai tahapan penelitian, pertama, semua gambar di area pengujian, yaitu area lahan basah Xianshang di Hsinchu, Taiwan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, harus dikalibrasi ke *surface reflectance* dan *co-register* (melalui transformasi affine). Setelah itu, dengan *band* Hijau dan NIR kita dapat menghitung *Normalized Different Water Index* (NDWI) dari citra Himawari dan SPOT, yang merupakan indikator efektif untuk wilayah perairan [8]. Indikator ini juga telah dikembangkan dengan menggunakan *band* middle infrared (MIR) [9] dimana sebelumnya menggunakan *band* near infrared (NIR). Untuk menggambarkan wilayah perairan dan non-perairan, nilai ambang batas NDWI yang dipilih secara manual sebesar 0,4.



Gambar 1. Tahapan penelitian



Gambar 2. Studi area di *wetland* (lahan basah) di Xianshang, Taiwan

1. Perhitungan index air (NDWI)
Sebagai *input* dari proses STARFM adalah citra Himawari dan SPOT pada waktu referensi bersama dengan peta klasifikasi dari SPOT pada waktu penggabungan citra atau disebut waktu prediksi. Semua *input* citra dari STARFM berupa nilai indeks air atau NDWI, algoritma ini sesuai dengan algoritma Index-then-Blend [9] dimana kalkulasi index air dilakukan terlebih dahulu sebelum proses penggabungan citra. Dengan menggunakan *band* hijau dan *band* NIR maka citra NDWI akan dihasilkan.
2. Pemilihan referensi citra SPOT
Untuk referensi citra SPOT dipilih sesuai dengan ketinggian air atau water height yang paling dekat dengan ketinggian di waktu prediksi.
3. Penggabungan Citra menggunakan STARFM
Kemudian untuk penggabungan ini juga menggunakan peta klasifikasi dari citra NDWI untuk memprediksi permukaan air laut pada waktu tertentu. Peta klasifikasi digunakan sebagai *input* STARFM dan diterapkan bersama dengan citra SPOT dan juga citra Himawari-8 pada waktu referensi. Untuk peta klasifikasi digunakan metode klasifikasi *k-means unsupervised* yang merupakan salah satu metode klasifikasi yang umum digunakan.
4. Evaluasi
Dalam studi ini, evaluasi hasil penelitian didapatkan dari dua perspektif. Pertama, evaluasi

spasial yang menganalisis keakuratan wilayah perairan atau *water area* dari citra yang diprediksi atau yang digabungkan yang dibandingkan dengan *water area* yang didapat dari citra asli atau referensi SPOT. Kedua, evaluasi temporal yaitu membandingkan tren perubahan *water area* yang diambil dari citra yang diprediksi dengan pengamatan ketinggian air *in-situ*. Data *in-situ* dikumpulkan dari *Tide Gauge Station* di Hsinchu. Citra Himawari-8 dari setiap jamnya yaitu dari pukul 08.00 sampai 15.00 digunakan sebagai *input* untuk memprediksi citra resolusi 30 meter. Tabel berikut menunjukkan ketinggian air per jam pada 03 Maret 2016 yang akan digunakan untuk memilih citra referensi dengan melihat ketinggian air yang paling dekat dengan waktu prediksi.

Tabel 3. Time points dari citra Himawari-8 dengan ketinggian air di setiap jamnya

Time	Water height(m)
08:00 a.m.	-0.852
09:00 a.m.	-0.433
10:00 a.m.	-0.069
11:00 a.m.	0.525
12:00 p.m.	0.82
01:00 p.m.	0.879
02:00 p.m.	0.691
03:00 p.m.	0.304

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi dari penggabungan diatas melibatkan dua aspek dalam studi ini. Evaluasi spasial yang mengevaluasi keakuratan pemetaan air laut, dan evaluasi temporal membandingkan hasil wilayah perairan yang diambil dengan pengamatan ketinggian air *in-situ*.

A. Citra NDWI sebagai input STARFM

Sebagai input STARFM maka citra SPOT dan Himawari-8 untuk waktu referensi serta citra Himawari pada waktu prediksi adalah citra yang sudah dikalkulasikan menjadi water index atau NDWI seperti yang terlihat pada Gambar 3. Dari citra NDWI SPOT tersebut selanjutnya diklasifikasikan sehingga dihasilkan peta klasifikasi yang juga digunakan sebagai input STARFM.

B. Hasil penggabungan citra

Dengan mengaplikasikan metode penggabungan citra STARFM untuk menghasilkan citra dengan resolusi spasial dan temporal tinggi, maka didapatkan hasil cerita seperti terlihat pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 3. Citra NDWI dari Landsat sebagai input STARFM



Gambar 4. Hasil penggabungan citra pada tanggal 2 Januari 2017

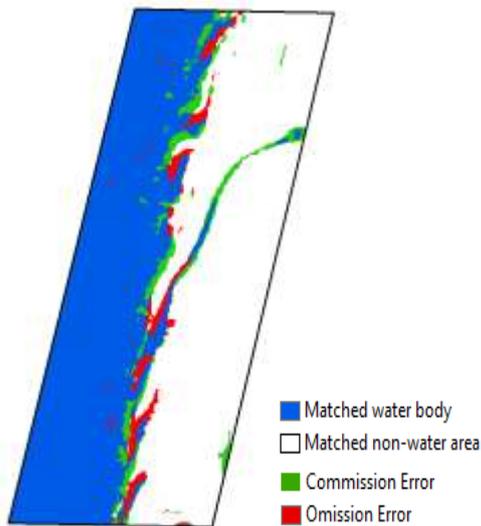
C. Evaluasi

1. Evaluasi Spasial

Untuk evaluasi spasial, citra dengan resolusi tinggi pada tanggal 2 Januari 2017 diprediksi dengan menggunakan citra referensi SPOT dan Himawari-8 pada tanggal 22 Januari 2017 dan citra Himawari-8 pada tanggal yang diprediksi. Citra NDWI SPOT sebagai referensi pada tanggal 22 Januari digunakan untuk menghitung *Overall Accuracy*, *Kappa Coefficient*, *Commission* dan *Omission Error*.

Peta air atau *water map* dari hasil prediksi dibandingkan dengan peta air SPOT referensi berdasarkan piksel demi piksel seperti yang ditunjukkan pada peta evaluasi dari gambar yang di prediksi (Gambar 4). Wilayah perairan yang salah diklasifikasikan dapat dengan mudah diidentifikasi dari peta. Dapat diamati bahwa kesalahan pada peta air berasal dari luas *water area* yang diabaikan dimana kesalahan ini berakibat pada tingginya *Omission Error*.

Beberapa indeks evaluasi yang umum digunakan, termasuk *commission and omission errors, overall accuracy and Kappa coefficient* dihitung dari peta evaluasi pada Gambar 2, dan tercantum dalam Tabel 4. Tabel ini memberikan perbandingan hasil citra yang diprediksi. Nilai *Kappa Coefficient* dan *Overall Accuracy* menunjukkan konsistensi antara peta prediksi gambar prediksi dan peta referensi citra SPOT aktual. Namun demikian, terdapat beberapa kesalahan yang terjadi di wilayah pesisir dari citra atau *coastal region*, yang menurut pengamatan kami disebabkan karena ketinggian air pada data referensi (-0,604 m) lebih rendah dari ketinggian air pada waktu yang diprediksi (-0,067).



Gambar 5. Peta Evaluasi dari hasil prediksi

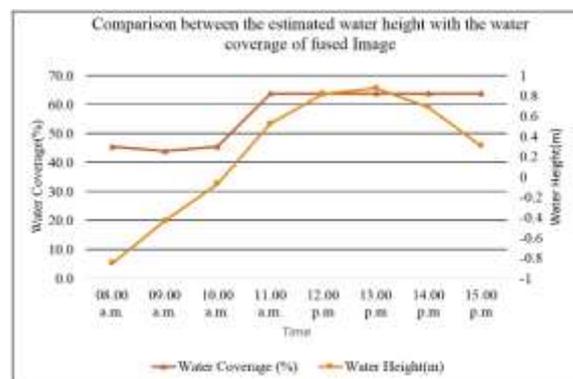
Tabel 4. Akurasi dari hasil evaluasi spasial

Commission Error (%)	Omission Error (%)	Overall Accuracy (%)	Kappa Coefficient
2.73	5.17	96	0.92

2. Evaluasi Temporal

Dalam evaluasi temporal, karena ketinggian air berubah secara dinamis, peta klasifikasi untuk penggabungan citra pada waktu yang berbeda harus sesuai dengan ketinggian air pada waktu tersebut. Untuk mencapai hal tersebut, penelitian ini menerapkan solusi *coarse-to-fine*. Pertama-tama, menerapkan *tide model* yang disebut NAO.99b untuk mendapatkan ketinggian air pada waktu prediksi, dan kemudian menggunakan ketinggian air tersebut untuk menemukan data referensi yang sesuai untuk penggabungan citra, termasuk citra SPOT dan AHI yang *cloud-free* dan peta klasifikasi dari citra SPOT tersebut. Untuk studi pendahuluan ini, kami mendapatkan tiga citra SPOT yang hampir *cloud-free* dengan ketinggian airnya masing-masing.

Untuk evaluasi temporal, kami membandingkan persentase cakupan air atau *water coverage* per setiap jam yang diambil dari citra yang diprediksi dengan ketinggian air dari *in-situ*. Perbandingan hasil evaluasi ditunjukkan pada Gambar 6. Pada prinsipnya, semakin tinggi permukaan air maka harus memiliki *water coverage* yang lebih besar. Gambar 3 menunjukkan bahwa tren keseluruhan *water coverage* dan *water height* saling berhubungan. Namun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan kecil, yang menurut kami alasan utamanya adalah peta klasifikasi yang digunakan untuk waktu untuk citra yang diprediksi memiliki bobot yang tidak sesuai satu sama lain. Misalnya ketinggian air pada pukul 15.00. adalah 0,304 m, tetapi data referensi yang dipilih berada pada -0,131 m. Namun bisa diyakini bahwa setelah *database* untuk data referensi diperluas maka hasil *fused-image* gambar dapat lebih ditingkatkan.



Gambar 6. Hasil dari evaluasi temporal

IV. KESIMPULAN

Pemantauan perubahan permukaan air laut membutuhkan resolusi spasial dan temporal yang tinggi, terutama untuk menghindari bencana alam seperti banjir dan tsunami. Sayangnya, tidak ada

sensor jarak jauh yang memiliki resolusi spasial dan temporal tinggi. Studi ini menguji kelayakan model penggabungan citra yang sudah ada, STARFM, dalam memadukan citra SPOT dan Himawari-8 untuk pemantauan permukaan air laut. Evaluasi menunjukkan bahwa STARFM berhasil menggabungkan gambar SPOT dan Himawari-8. Baik dari evaluasi spasial, maupun evaluasi temporal menunjukkan hasil yang meyakinkan. Namun, juga dapat diamati bahwa pemilihan peta klasifikasi yang sesuai dengan ketinggian air merupakan faktor yang sangat penting. Oleh karena itu, salah satu langkah berikutnya dari studi ini adalah mengumpulkan lebih banyak gambar referensi untuk memberikan lebih banyak pilihan data referensi ketinggian air. Selain itu, lebih banyak data pengujian akan diuji untuk evaluasi yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Kostiuk, "Using Remote Sensing Data to Detect Sea Level Change", *Pecora 15.*, pp. 1-9, 2002.
- [2] K. Kabiri and M. Moradi, "Landsat-8 imagery to estimate clarity in near-shore coastal waters: Feasibility study - Chabahar Bay, Iran", *Elsevier*, vol. 125, pp. 44-53, 2016
- [3] A. Dhore and C. Veena, "A New Pan-Sharpener Method Using Joint Sparse FI Image Fusion Algorithm", *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 2014
- [4] F. Gao, J. G. Masek, M. Schwaller, F. Hall, "On the blending of Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, pp. 2207-2218, 2006
- [5] P. Wu, H. Shen, L. Zhang, F.-M. Göttsche, "Integrated fusion of multi-scale polar-orbiting and geostationary satellite observations for the mapping of high spatial and temporal resolution land surface temperature", *Remote Sensing of Environment*, pp. 169-181, 2015
- [6] T. Hilker, M. A. Wulder, N. C. Coops, J. Linke, McDermid, J. G. Masek, F. Gao, J. C. White, "A new data fusion model for high spatial-and temporal-resolution mapping of forest disturbance based on Landsat and MODIS", *Remote Sensing of Environment*, pp. 1613-1627, 2009
- [7] X. Zhu, J. Chen, F. Gao, X. Chen, J. G. Masek, "An enhanced spatial and temporal adaptive reflectance fusion model for complex heterogeneous regions", *Remote Sensing of Environment*, pp. 2610-2623, 2010
- [8] S. K. McFeeters, "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features", *International journal of remote sensing*, pp. 1425-1432, 1996
- [9] H. Xu, "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery", *International journal of remote sensing*, pp. 3025-3033, 2006
- [10] A.A. Jarihani, T.R. McVicar, T.G. Van Niel, I.V. Emelyanova, J.N. Callow, K. Johansen, "Blending Landsat and MODIS Data to Generate Multispectral Indices: A Comparison of "Index-then-Blend" and "Blend-then-Index" Approaches". *Remote Sens.*, pp. 9213-9238, 2014.