

## **Kajian Ruang Terbuka Biru Guna Menunjang Optimasi *Ecosystem Services* (Lokasi Kota Bandar Lampung)**

**Citra Dewi\*, Rahma Anisa, Romi Fadly**

\*Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

\*Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Lampung

\*Correspondence email: citra.dewi@eng.unila.ac.id

**Abstrak.** Salah satu upaya untuk menjaga keseimbangan lingkungan perkotaan adalah dengan menjaga ruang terbuka birunya. Selama ini telah banyak penelitian yang mengkaji tentang Ruang Terbuka Hijau, sebaliknya tidak demikian untuk Ruang Terbuka Biru (RTB). Padahal RTB juga memiliki peran yang sangat penting dan terlebih lagi *Ecosystem Services* yang diberikan oleh RTB dapat memberikan implikasi positif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi RTB yang terdapat di Kota Bandar Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2 untuk ekstraksi RTB menggunakan AWEI pada platform *Google Earth Engine*, data administrasi untuk daerah penelitian, data survei lapangan untuk validasi hasil ekstraksi, citra *google earth* untuk delineasi objek RTB eksisting, dan data jaringan sungai untuk objek RTB Sungai. Metode yang digunakan untuk memperoleh objek RTB yaitu klasifikasi terbimbing berbasis *machine learning* pada *Google Earth Engine*, delineasi, buffering, dan *overlay*. Hasil identifikasi RTB yang ada di kota Bandar Lampung ialah seluas 206,01 ha yang terdiri dari objek embung, danau, serta sungai.

**Kata Kunci:** Ruang Terbuka Biru (RTB); *Ecosystem Service*; *Machine Learning*; *Google Earth Engine* dan Kota Bandar Lampung.

**Abstract.** One of the methods to maintain the balance of the perkotaan environment is to maintain its blue open space. There have been a lot of research on Green Open Space, but not on Blue Open Space (BOS). However, BOS also has a very important function and moreover, the ecosystem services provided by BOS can give positive implications. This research is aims to identify the existing BOS area in Bandar Lampung City. The data used in this research are Sentinel-2 satellite images for the extraction of BOS using AWEI on the Google Earth Engine platform, administrative data for the study area, field survey data for validation of the extraction results, Google Earth images for the delineation of existing BOS objects, and river stream data for the river objects of BOS. The methods used for obtaining BOS objects are machine learning-based supervised classification on Google Earth Engine, delineation, buffering, and overlay. The results of the identification of existing RTB in Bandar Lampung city are 206,01 ha consisting of embung/reservoirs, lakes, and rivers.

**Keywords:** Blue Open Space (BOS); *Ecosystem Service*; *Machine Learning*; *Google Earth Engine* and Bandar Lampung City.

### **PENDAHULUAN**

Air adalah salah satu *renewable resources* yang menjadi sumber utama kehidupan. Tanpa air semua manusia, hewan dan tumbuhan di dunia akan mati. Bagi seluruh bangsa Indonesia, air sebagai karunia Tuhan yang Maha Esa juga sangat berperan memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan dalam segala bidang, sebagaimana tertuang dalam undang-undang No.7 tahun 2004. Berbagai manfaat air selain untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, air juga sangatlah diperlukan untuk menunjang berbagai bidang seperti pertanian, perkebunan, peternakan, pariwisata dan lainnya. Namun jika tidak dikelola dengan baik, air dapat menjadi suatu bencana atau musibah seperti banjir, longsor, krisis air, pencemaran dan masih banyak lagi dampak lainnya. Salah satu upaya untuk menjaga keseimbangan lingkungan perkotaan adalah dengan menjaga ruang terbuka birunya.

Selama ini telah banyak penelitian yang mengkaji tentang ruang terbuka hijau, sebaliknya tidak demikian untuk ruang terbuka biru. Padahal RTB juga memiliki peran yang sangat penting. Ruang terbuka biru (RTB) bukan sebagai pelengkap namun sebagai unsur inti dalam suatu ekosistem. Arifin (2014) mendefinisikan Ruang Terbuka Biru sebagai lanskap badan air yang berpotensi sebagai penyedia jasa lingkungan atau *ecosystem services*, melingkupi Daerah Aliran Sungai (DAS), waduk, situ, embung, empang, kolam, danau hingga balong. *Ecosystem Services* sendiri merupakan

keberadaan suatu ekosistem yang memiliki hubungan timbal balik atau saling menguntungkan bagi manusia dan menjadi hal pokok dalam kehidupan manusia dalam aktivitas yang berkaitan dengan bidang sosial ataupun ekonomi (Hakim, 2016; Li, Deng and Ma, 2022). *Ecosystem Services* RTB mencakup jasa provisi, jasa habitat, jasa kultural, serta jasa penelitian. Jasa provisi yang diberikan dari RTB dapat mengatur dan mengelola penyediaan pangan, bahan baku serta energi.

*Ecosystem Services* yang diberikan oleh RTB dapat memberikan implikasi positif terhadap penyerapan karbon, produksi perikanan air tawar, pasokan air irigasi bagi aktivitas pertanian, sumber konsumsi air bersih, habitat konservasi bagi keanekaragaman hayati, peningkatan kualitas udara serta suhu dari permukaan tanah, hingga pada aspek visual dapat menciptakan keindahan yang mendukung bidang pariwisata. Pemanfaatan RTB berkaitan dengan penyediaan *Ecosystem Services* memerlukan upaya pemetaan sebagai dasar informasi yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan berkaitan dengan penataan ruang perkotaan dimana salah satunya yaitu Kota Bandar Lampung.

Upaya pengelolaan RTB tidak luput dari identifikasi RTB di suatu wilayah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan ekstraksi RTB di kota Bandar Lampung untuk mengidentifikasi RTB yang terdapat di kota Bandar Lampung. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan *machine learning* pada platform *open-source* yaitu *google earth engine* yang berbasis *cloud computing* dengan memanfaatkan internet sebagai pusat manajemen data, aplikasi dan penyimpanan (Sukoco, Armijon and Fadly, 2022). Penggunaan *machine learning* yang saat ini sedang banyak diteliti dan digunakan dalam berbagai penelitian (Roihan, Sunarya and Rafika, 2020) bertujuan untuk mempermudah dalam menyelesaikan berbagai permasalahan dengan data yang bervariasi serta metode pengolahan data yang sangat efektif dan efisien. *Google Earth Engine* (GEE) merupakan platform *Google* yang terkenal dengan kemampuan komputasi skala besar berbasis *cloud* (Waleed et al., 2023). GEE dipilih karena keunggulannya yaitu mampu mengolah data geospasial dalam skala yang sangat besar (Sukoco, Armijon and Fadly, 2022) serta menyediakan data citra *open acces* terbaru dengan beragam waktu perekaman (multi-temporal) serta area cakupan yang luas yang dapat langsung ditampilkan dan diolah (Rijal, 2020; Fikri et al., 2022)

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini ialah mengidentifikasi daerah ruang terbuka biru yang terdapat di Kota Bandar Lampung beserta luasannya sebagai penunjang optimasi penyediaan *ecosystem services*.

## METODE

Penelitian ini memanfaatkan *machine learning* dengan menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) untuk ekstraksi RTB dan *software* sistem informasi geografis untuk mendukung pengolahan data dan analisis. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari citra Sentinel-2, data administrasi Kota Bandar Lampung, data survei lapangan, citra *google Earth*, dan jaringan Sungai Bandar Lampung.

Data citra sentinel-2 yang dipotong ke area penelitian menggunakan data administrasi kota yang kemudian digunakan untuk melakukan ekstraksi RTB menggunakan GEE. Metode ekstraksi yang digunakan ialah klasifikasi terbimbing berbasis *machine learning* menggunakan algoritma AWEI. AWEI atau yang disebut juga indeks hidrologi merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk deteksi badan air dengan mengidentifikasi perairan permukaan (Feyisa et al., 2014). Penelitian ini menggunakan salah satu variasi AWEI yakni AWEInsh yang cocok digunakan untuk area perkotaan (Feyisa et al., 2014; Acharya, Subedi and Lee, 2018; Ssekyanzi et al., 2021).

Data survei lapangan diperoleh dengan melakukan survei ke lokasi objek RTB yang kemudian digunakan untuk memvalidasi hasil ekstraksi AWEI. Survei lapangan dilakukan dengan bantuan aplikasi *Marki* yang ter-*install* pada *smartphone*. Data hasil survei lapangan yang diperoleh berupa foto lokasi objek RTB dengan format *.jpg* dan koordinat lokasi objek yang tertera di dalam gambar foto tersebut.

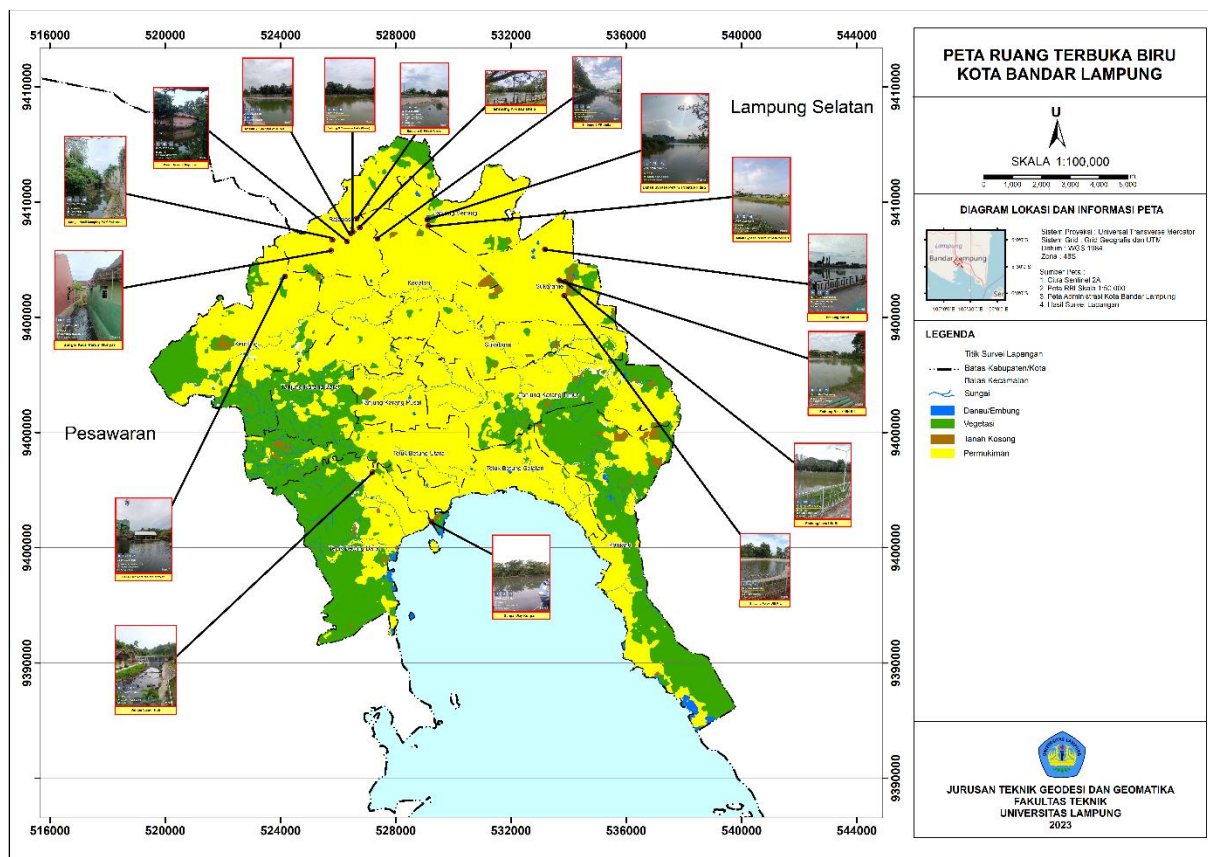
Data citra *google earth* digunakan untuk melakukan delineasi objek RTB yang selanjutnya di *overlay* dengan hasil ekstraksi AWEI dan jaringan Sungai yang telah dilakukan *buffering*. Hasil *overlay* merupakan hasil identifikasi objek RTB yang ada di Kota Bandar Lampung yang selanjutnya diidentifikasi luasnya. Delineasi, *overlay*, dan identifikasi luas dilakukan pada *software* sistem informasi geografis.

Hasil identifikasi RTB di-*export* dan di *layout* pada *software* sistem informasi geografis untuk menghasilkan Peta Ruang Terbuka Biru Kota Bandar Lampung.

## HASIL

### Hasil identifikasi RTB Bandar Lampung

Setelah dilakukan pengolahan ekstraksi RTB, hasil disajikan dalam bentuk peta yaitu Peta Ruang Terbuka Biru Kota Bandar Lampung. Dari peta tersebut terlihat sebaran RTB yang ada di kota Bandar Lampung di antaranya terdiri dari objek-objek seperti embung, empang, kolam, hingga danau serta sungai.



**Gambar 1. Ruang Terbuka Biru Kota Bandar Lampung**

Sumber: Data Olahan (2023)

### Hasil Identifikasi Luas

Hasil identifikasi luas RTB diperoleh dengan mengidentifikasi RTB yang berhasil terekstraksi dari tahap pengolahan sebelumnya. Hasil menunjukkan bahwa di Kota Bandar Lampung saat ini terdapat ruang terbuka biru seluas 206,01 ha. Luas RTB tersebut diperoleh dari total luas sungai dan badan air yang terdiri dari embung, danau, empang, dan lain-lain. Luas Sungai yang teridentifikasi ialah seluas 162,90 ha, sedangkan luas badan air yang teridentifikasi ialah 43,11 ha.

Identifikasi luas juga dilakukan untuk masing-masing objek, baik objek sungai maupun objek badan air. Hasil identifikasi luas untuk objek Sungai menunjukkan bahwa di antara dua puluh satu Sungai yang terdapat di Kota Bandar Lampung, Sungai yang memiliki luas paling besar ialah Sungai Way Simpang Kanan dengan luas yang berhasil teridentifikasi yaitu 22,76 ha, sedangkan Sungai yang memiliki luas paling sedikit ialah Sungai Way Langkapura yakni seluas 0,88 ha. Beberapa sungai lain yang juga teridentifikasi diantaranya Sungai Way Awi dengan luas 8,61 ha, Way Balau dengan luas 18,18 ha, Way Betung dengan luas 2,13 ha, Way Galih dengan luas 3,31 ha, Way Halim dengan luas 10,60 ha, Way Kedamaian dengan luas 2,69 ha, Way Kedaton dengan luas 3,69 ha, Way Kemiling dengan luas 4,89 ha, Way Keteguhan dengan luas 10,52 ha, Way Kuala dengan luas 12,83 ha, Way Kupang dengan luas 3,46 ha, Way Kunyit dengan luas 2,03 ha, Way Kuripan/Rilau dengan luas 4,40 ha, Way Lunik dengan luas 14,91 ha, Way Pemanggilan dengan luas 8,11 ha, Way Penengahan dengan luas 0,96 ha, Way Simpang Kiri dengan luas 15,96 ha, Way Simpur dengan luas 4,10 ha, serta Way Sukamaju dengan luas 7,78 ha.

Di antara objek badan air yang berhasil teridentifikasi, objek yang paling mendominasi ialah Embung. Luas total embung adalah 4,43 ha yang terdiri dari Embung A (Rusa) Unila dengan luas 0,53 ha, Embung B (Rusunawa) Unila dengan luas 1,05 ha, Embung C (Kedokteran) Unila dengan luas 0,21 ha, Embung D (Teknik) Unila dengan luas 0,39 ha, Embung Korpri dengan luas 0,65 ha, Embung PKOR Way Halim dengan luas 0,10 ha, serta Embung UIN RIL dengan luas 1,50 ha. Jenis objek kedua yang mendominasi yaitu Danau, di mana jenis objek danau memiliki luas 2,26 ha yang terdiri dari Danau *Bypass* Perum Tribata Polda dengan luas 1,13 ha, Danau Terminal Rajabasa dengan luas 0,17 ha, serta Danau Universitas Malahayati dengan luas 0,97 ha. Jenis unsur air lainnya yang terdeteksi dengan algoritma AWEI adalah sebesar 36,42 ha.

## Pembahasan

Sungai merupakan elemen penting dalam ekosistem kota. Sungai tidak hanya menyediakan sumber daya air bagi masyarakat, tetapi juga memainkan peran vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem air, menyediakan habitat bagi flora dan fauna, serta mempengaruhi kualitas udara dan tanah di sekitar mereka. Sungai memiliki peran sentral sebagai ruang terbuka biru yang memberikan dampak positif dalam konteks perkotaan. Fungsi utama sungai terletak pada kemampuannya untuk memberikan estetika dan keindahan pada lanskap kota. Keberadaan air yang mengalir memberikan nuansa yang menenangkan dan melengkapi kekerasan struktur perkotaan, menciptakan keseimbangan antara lingkungan alam dan binaan. Selain nilai estetika dan rekreasi, sungai juga berperan dalam mendukung ekosistem perkotaan. Mereka menyediakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna yang mendukung keanekaragaman hayati. Sungai berkontribusi pada menjaga keseimbangan ekosistem perkotaan, mengontrol suhu, dan menyediakan sumber air yang penting untuk kebutuhan tumbuhan, hewan, dan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan dan pelestarian sungai di tengah perkembangan perkotaanisasi menjadi langkah krusial untuk memastikan keberlanjutan lingkungan perkotaan serta kesejahteraan masyarakat yang menghuni wilayah tersebut. Dari hasil pengolahan yang telah dilakukan, teridentifikasi sebanyak dua puluh satu sungai yang terdapat di Kota Bandar Lampung. Sungai-sungai ini tentunya perlu untuk dijaga dan diperhatikan karena sungai sangat berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem air, melindungi lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup penduduk kota.

Selain Sungai, Kota Bandar Lampung juga memiliki objek badan air sebagai objek RTB seperti embung dan juga danau. Selain menjalankan fungsi dalam manajemen air, embung juga memberikan kontribusi terhadap ekosistem, konservasi alam dan mereduksi dampak buruk dari perubahan lingkungan. Pengelolaan air hujan dilakukan dengan menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah dan mencegah genangan air sehingga mereduksi risiko banjir. Hal ini sangat penting berkaitan dengan terjadinya peningkatan curah hujan sebagai akibat dari perubahan iklim sehingga risiko banjir turut meningkat. Dalam upaya menjaga keberlanjutan sumber daya alam, embung memiliki peran besar yaitu mengurangi tekanan pada sumber daya air permukaan dan tanah dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan meretas air hujan dan menggunakannya untuk kebutuhan irigasi, pertanian dan domestik sehingga konservasi air menjadi lebih baik.

Keberadaan embung juga memberikan dampak positif terhadap risiko terjadinya erosi tanah. Air yang ditampung di dalam memiliki waktu untuk meresap ke dalam tanah, mengurangi arus permukaan yang dapat menyebabkan erosi. Sehingga embung dapat memberikan perlindungan terhadap tanah subur dan mengurangi pencemaran sedimen yang berimplikasi negatif terhadap ekosistem sungai. Kehadiran beberapa embung di kota Bandar Lampung menunjukkan bahwa kota Bandar Lampung memiliki perhatian terhadap daya dukung lingkungan khususnya di manajemen sumber daya air. Embung merupakan struktur buatan atau kolam yang berfungsi untuk mengumpulkan dan menyimpan kelebihan air hujan. Embung dinilai mampu mengatasi masalah kekurangan air selama musim kering/kemarau dan juga dapat membantu dalam menjaga ketersediaan air bagi keperluan lokal, irigasi pertanian, serta mitigasi banjir.

Selain embung, terdapat juga objek badan air lainnya yang memiliki peran penting dalam daya dukung lingkungan di Kota Bandar Lampung yaitu danau. Danau memiliki peran sentral dalam menanggulangi berbagai tantangan lingkungan. Beberapa kota memanfaatkan danau sebagai infrastruktur resapan air hujan dan pusat pengelolaan air perkotaan. Sebagai bentuk reservoir alami, danau berfungsi optimal untuk mengendalikan volume air hujan berlebih, efektif dalam mitigasi banjir perkotaan, dan menjaga keseimbangan tata air di lingkungan perkotaan. Peran danau juga muncul

dalam upaya meningkatkan kualitas udara perkotaan. Dengan menghadirkan zona hijau di sekitarnya, danau berkontribusi pada pengurangan polusi udara dan penciptaan mikroklaim yang menunjang kesejukan lingkungan sekitar.

Perimeter danau sering dijadikan ruang terbuka untuk kegiatan rekreasi dan sosial, memberikan warga perkotaan tempat yang nyaman untuk beraktivitas dan berinteraksi. Selain itu, danau juga mengusung nilai ekologis yang signifikan. Sebagai habitat beragam flora dan fauna, danau menjadi ekosistem yang kaya dan beraneka ragam. Pemeliharaan biodiversitas ini menjadi elemen kunci dalam menjaga keseimbangan ekologis dan perlindungan terhadap spesies yang potensial terancam. Kendati demikian, peran danau tidak sekadar terbatas pada dimensi alam semata. Danau turut membawa nilai budaya dan estetika yang dapat memperkaya daya tarik perkotaan. Seringkali dijadikan sebagai landmark atau tujuan wisata, danau menambahkan elemen keindahan dan keunikan karakteristik pada konteks perkotaan tersebut.

Kehadiran danau di kota Bandar Lampung seperti danau Universitas Malahayati di Kecamatan Kemiling memberikan manfaat terhadap daya dukung lingkungan. Danau dapat memberikan peluang untuk penelitian lingkungan dan pendidikan ekologi dan juga bisa dimanfaatkan sebagai tempat edukasi, rekreasi dan ekowisata yang potensial serta bermanfaat bagi masyarakat luas.

Berdasarkan hasil identifikasi, luas RTB Kota Bandar Lampung masih terbilang kecil sehingga perlu untuk dikembangkan dan dioptimalkan. Dalam mengoptimalkan RTB yang ada di Kota Bandar Lampung ini, diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, lembaga lingkungan, dan masyarakat. Pihak pemerintah dan lembaga lingkungan harus bekerja sama untuk menjaga dan mengelola sumber daya air serta mendorong keterlibatan masyarakat dalam pelestarian lingkungan dan penggunaan RTB secara berkelanjutan.

Hasil identifikasi RTB Kota Bandar Lampung yang telah diperoleh ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan dan pengelolaan RTB di Kota Bandar Lampung. Selain itu juga dapat dijadikan sebagai masukan dalam pengambilan keputusan mengenai penataan ruang dan perencanaan kota yang berkelanjutan serta pengelolaan sumber daya air dan pelestarian lingkungan di wilayah Kota Bandar Lampung. Pengelolaan sumber daya air yang efisien dan berkelanjutan serta pelestarian lingkungan khususnya ekosistem air dapat memberikan dampak positif terhadap kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat Kota Bandar Lampung dalam jangka panjang.

## SIMPULAN

RTB yang ada di kota Bandar Lampung dibagi menjadi objek badan air dan juga aliran Sungai. Objek badan air tersebut di antaranya terdiri dari objek-objek seperti embung, empang, kolam, hingga danau. Sedangkan Sungai merupakan objek sungai di sepanjang Daerah Aliran Sungai yang ada di Kota Bandar Lampung. Luas RTB di kota Bandar Lampung yang berhasil teridentifikasi ialah seluas 206,01 ha. RTB kota Bandar Lampung yang telah teridentifikasi ini perlu dikembangkan dan dioptimalkan dengan upaya kolaboratif antara pemerintah, lembaga lingkungan, dan Masyarakat. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi masukan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan penataan ruang, perencanaan kota berkelanjutan, pengelolaan sumber daya air yang efisien, dan pelestarian lingkungan di wilayah Kota Bandar Lampung yang berdampak positif terhadap kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakatnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T.D., Subedi, A. and Lee, D.H. (2018) 'Evaluation of water indices for surface water extraction in a landsat 8 scene of Nepal', *Sensors (Switzerland)*, 18(8), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.3390/s18082580>.
- Arifin, H.S. (2014) 'REVITALISASI RUANG TERBUKA BIRU SEBAGAI UPAYA MANAJEMEN LANSKAP PADA SKALA BIO-REGIONAL', *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 1(3), pp. 172–180.
- Feyisa, G.L. et al. (2014) 'Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery', *Remote Sensing of Environment*, 140, pp. 23–35. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.
- Fikri, A.A. et al. (2022) 'Pemanfaatan platform Google Earth Engine dalam Pemantauan Perubahan Tutupan Lahan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman', *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(1), pp. 46–57. Available at: <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.19938>.

- Hakim, A.R. (2016) *Mengenal Ecosystem Services dalam Pemanfaatan Sumberdaya KP*. Available at: <http://www.bpsdmkp.kkp.go.id/index.php/detail/160106-070604-mengenal-ecosystem-services-dalam-pemanfaatan-sumberdaya-kp> (Accessed: 24 January 2023).
- Li, X., Deng, S. and Ma, X. (2022) 'Mechanism analysis of ecosystem services (ES) changes under the proposed supply-demand framework: A case study of Jiangsu Province, China', *Ecological Indicators*, 144(October), p. 109572. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109572>.
- Rijal, S.S. (2020) *Mengolah Citra Penginderaan Jauh Dengan Google Earth Engine*. Sleman: Deepublish.
- Roihan, A., Sunarya, P.A. and Rafika, A.S. (2020) 'Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper', *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1), pp. 75–82. Available at: <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7951>.
- Ssekyanzi, A. *et al.* (2021) 'Identification of potential surface water resources for inland aquaculture from sentinel-2 images of the Rwenzori region of Uganda', *Water (Switzerland)*, 13(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/w13192657>.
- Sukoco, B., Armijon, A. and Fadly, R. (2022) 'Kajian Pemanfaatan Teknologi Google Earth Engine Untuk Bidang Penginderaan Jauh', *Jurnal Penelitian Geografi*, 10(2), pp. 142–149. Available at: <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JPG/article/view/24219>.
- Waleed, M. *et al.* (2023) 'Machine learning-based spatial-temporal assessment and change transition analysis of wetlands: An application of Google Earth Engine in Sylhet, Bangladesh (1985–2022)', *Ecological Informatics*, 75, p. 102075. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102075>.