



Perubahan Tutupan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Waduk Sungai Pulai di Kota Tanjungpinang

Cover Changes and Their Effects on the Pulai River Reservoir in Tanjungpinang City

Ronaldy Lovina^{1✉}, Wahyudin^{1,2}, Agung Dhamar Syakti^{1,3}

¹Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

²Sosial Ekonomi Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

³Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

✉ Info Artikel:

Diterima: 01 Mei 2025

Revisi: 24 Juni 2025

Disetujui: 30 Juni 2025

Dipublikasi: 01 November 2025

📖 Kata Kunci:

Sungai Pulai, Evapotranspirasi, Fungsi Hutan, Daerah Tangkapan Air, Ekosistem Sumber Daya Air di Waduk

✉ Penulis Korespondensi:

Ronaldy Lovina

Magister Ilmu Lingkungan,
Pascasarjana, Universitas Maritim
Raja Ali Haji, Tanjungpinang,
Indonesia 29111

Email:

ronaldy.lovina@gmail.com



This is an open access article under the [CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2025 by Authors.

Published by Program Studi
Manajemen Sumberdaya Perairan
Universitas Maritim Raja Ali Haji.

ABSTRAK. Terjadinya perubahan penggunaan lahan pada kawasan waduk dapat menurunkan fungsi hutan dalam penyerapan dan mentransfer air dan fungsi lainnya air. Tujuan penelitian adalah melakukan prediksi potensi perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap waduk Sungai Pulai Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pengukuran evapotranspirasi dengan Model Penman dan debit andalan menggunakan Model FJ Mock dengan mempertimbangkan data klimatologi dan hidrologi dan analisis spasial. Hasil perhitungan evapotranspirasi berkisar antara 2,78 mm/H hingga 4,64 mm/H dan diintegrasikan kedalam perhitungan debit andalan pada tahun 2023, dengan hasil Debit hitung antara 0,138 m³/detik s.d. 0,605 m³/detik yang dipengaruhi oleh faktor curah hujan diatas 100 mm/bulan. Pada *Catchment Area (CA)* seluas 409,85 Ha penggunaan lahan hutan/bervegetasi diperkirakan sebesar 172,52 Ha (42 %). Dengan luas lahan terbuka sebesar 236,17 Ha (58 %) maka diprediksi potensi penyimpanan air sebanyak 213.939 m³/tahun dan transfer air sebesar 347.057.329 liter/Tahun. Jika CA yang dapat ditumbuhi pohon besar seluas 350 Ha maka dapat diprediksi Potensi menyimpan air sebesar 315 m³/tahun dan potensi transfer air sebesar 511.000.000 liter/Tahun. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah kuratif untuk menjaga keseimbangan ekosistem sumber daya air pada waduk yaitu dengan melakukan langkah reforestasi terhadap CA yang terdegradasi. Untuk penelitian lebih lanjut agar dapat dilakukan penelitian tentang pengaruh evapotranspirasi pada setiap penggunaan lahan.

ABSTRACT. The occurrence of changes in land use in the reservoir area can reduce the function of forests in absorbing and transferring water and other functions of water. The purpose of this study was to predict the potential for changes in land cover and its impact on the Sungai Pulai reservoir in Tanjungpinang City, Riau Islands Province. The method used is quantitative with evapotranspiration measurements using the Penman Model and mainstay discharge using the FJ Mock Model by considering climatological and hydrological data and spatial analysis. The results of the evapotranspiration calculation ranged from 2.78 mm/H to 4.64 mm/H and were integrated into the calculation of the mainstay discharge in 2023, with the calculated discharge results between 0.138 m³/second to 0.605 m³/second which was influenced by rainfall factors above 100 mm/month. In the Catchment Area (CA) of 409.85 Ha, the use of forest/vegetated land is estimated at 172.52 Ha (42%). With an open land area of 236.17 Ha (58%) it is predicted that the water storage potential is 213,939 m³/year and the water transfer is 347,057,329 liters/year. If the CA that can be planted with large trees is 350 Ha, it can be predicted that the water storage potential is 315 m³/year and the water transfer potential is 511,000,000 liters/year. Therefore, curative steps need to be taken to maintain the balance of the water resource ecosystem in the reservoir, namely by reforesting the degraded CA. For further research, research can be carried out on the effect of evapotranspiration on each land use.

📖 How to cite this article:

Lovina, R., Wahyudin, & Syakti, A. D. (2025). Perubahan Tutupan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Waduk Sungai Pulai di Kota Tanjungpinang. *Jurnal Akuatiklestari*, 9(1), 49-59. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v9i1.7163>

I. PENDAHULUAN

Air merupakan isu penting di dalam skala regional yang memberikan dampak kepada kehidupan dan sosial perekonomian. Ketersediaan air sangat memengaruhi kesejahteraan masyarakat dan kemajuan pembangunan (Cut, 2013). Berkaitan dengan penelitian (Karimi *et al.*, 2022), warga wilayah Dehgulan yang bergantung kepada sektor pertanian mengatakan bahwa apabila air lapisan dalam tanah (*akuilfier*) tidak dikelola maka akan menimbulkan dampak

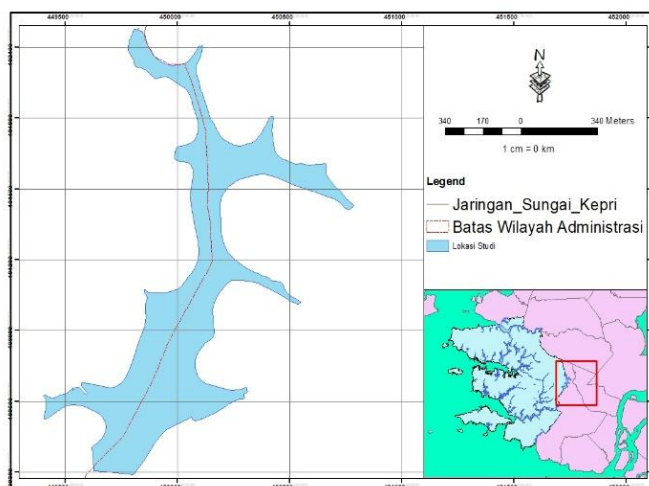
sosial yaitu bertambahnya jumlah pengangguran sehingga akan memengaruhi perekonomian warga setempat. Maka penting melakukan sesuatu yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat karena air merupakan sumber daya alam yang harus dijaga keberlangsungannya karena air sangat penting untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup di masa yang akan datang dan dengan waktu yang tidak terbatas. Pentingnya mengambil dimensi jangka panjang berfokus kepada pengoptimalan tiga indikator utama yaitu ketahanan, keandalan, dan kerentanan, karena pendekatan ini mengarah untuk meningkatkan keberlanjutan. Sehubungan dengan itu maka langkah yang spesifik diantaranya adalah metodologi ilmiah dengan perencanaan dalam jangka panjang yang mendukung strategi penyediaan air bersih dan peningkatan kemampuan bertahan (Moudi *et al.*, 2023). Penggunaan lahan sangat penting dalam perhitungan karena memiliki hubungan erat dengan potensi yang mempengaruhi debit air Waduk Sungai Pulau salah satu sumber air bersih di Kota Tanjungpinang. Kota Tanjungpinang merupakan ibu kota Provinsi Kepulauan Riau yang memberi dampak kepada pertambahan jumlah penduduk dan kepadatan penduduk serta perekonomian (Prastya & Putri, 2017) dan seiring dengan kebutuhan aktivitas dan kemajuan perkotaan maka kebutuhan air tentu akan menjadi sangat diperhatikan karena secara tidak sengaja tekanan antropogenik berpengaruh dalam permintaan air bersih. Pada kenyataannya isu kekurangan air timbul pada saat musim kemarau tiba sehingga banyak masyarakat terdampak oleh kekurangan air sehingga harus berbagai upaya dalam memenuhi kebutuhan air populasi perkotaan. Sumber daya air yang merupakan bagian sumber daya alam, memiliki peranan penting dalam lingkungan dan memiliki peran penting dalam perekonomian negara dan masyarakat (Wang *et al.*, 2023).

Penting memperhatikan dan melakukan persiapan sumber daya air yang memiliki daya layanan yang baik untuk kebutuhan masyarakat Kota Tanjungpinang. Dampaknya yang akan timbul adalah kekurangan air, timbul konflik sosial pengguna air dan bahkan banjir atau *run off* (Parahita *et al.*, 2022). Ketersediaan air sangat erat kaitannya dengan biofisik dan aspek klimatologi pada ekosistem kawasan sumber daya air karena sumber daya air memiliki keterlangsung pada kegiatan di daerah aliran Sungai Pulau (Ramadhani *et al.*, 2021). Pengaruh langsung tentu pada tatanan peruntukan dan penggunaan lahan yang menjadi bagian dari ekosistem sumber daya air karena pohon memiliki pengaruh tentang keberlangsungan produktivitas sumber daya air. Hal yang patut dilihat adalah degradasi lahan yang berlangsung sejak lama, perubahan penggunaan lahan pada kawasan hutan dari aktifitas pertanian berdampak kepada rezim air begitu juga pada perubahan aspek klimatologi lokal (Dutra *et al.*, 2022). Perubahan iklim memberikan tantangan yang berarti bagi infrastruktur air minum, perubahan iklim juga berakibat kepada peningkatan suhu, permukaan air laut, meningkatnya curah hujan yang ekstrim, kebakaran hutan dan hingga berpotensi merusak infrastruktur pada penyediaan air minum (Lyle *et al.*, 2023). Maka hutan sebagai ruang terbuka hijau merupakan bagian dari kawasan lindung yang perlu dijaga dan dikelola untuk menjaga keseimbangan lingkungan salah satunya pada lingkungan kawasan sumber daya air yang dapat menghasilkan oksigen (O_2), penyerap Carbondioksida (CO_2), menyimpan dan mentransfer air, mengantisipasi polusi suara dan udara, penurunan kekuatan angin dan suhu sehingga amat penting disediakan, dijaga dan direstorasi sebagaimana bagian penting dalam keberlanjutan pembangunan pada sub sektor 6.1 air bersih dan sanitasi yakni menjamin suplai dan pengelolaan air bersih serta sanitasi secara berkelanjutan untuk semuanya. Ini semua sangat berkaitan erat dengan target pada point 5 dan point 6 dimana hal tersebut berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air secara terpadu, melindungi, serta merestorasi ekosistem sumber daya air (UN, 2015; Murniningtyas, 2018). Berkenaan dengan hal itu pentingnya dilakukan kajian Prediksi potensi pengaruh perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap ketersediaan air di Waduk Sungai Pulau. Tujuan penelitian adalah melakukan prediksi potensi perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap waduk Sungai Pulau Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Agustus 2024 sampai dengan Januari 2025 di daerah waduk Sungai Pulau yang berada pada batas wilayah Kota Tanjungpinang dan Kabupaten Bintan. Secara geografis terletak pada $0^{\circ}55'3.41''$ LU $104^{\circ}33'10.42''$, sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Waduk Sungai Pulau

2.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan peralatan tulis, literatur studi, kamera, komputer dan data spasial DEM (Digital Elevation Model) dari Badan Informasi Geospasial (<https://tanahair.indonesia.go.id/>) dan peta citra satelit land sat 8 tahun 2022 yang diperoleh dari Pusat Data Badan Riset Nasional.

2.3. Prosedur Penelitian

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan melakukan survei lapangan dan Pemerintahan (Kementerian dan Lembaga) untuk melihat lokasi studi dan mencari informasi tentang data primer dan sekunder. Data sekunder merupakan data sudah tercatat baik pada instansi maupun data yang telah dipublikasikan, sedangkan data primer adalah data yang dilakukan melalui survei lapangan untuk melihat kondisi aktual.

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Data-data dapat berupa data meteorologi (klimatologi, curah hujan, suhu dan kelembaban), peta citra satelit dan gambar/foto-foto. Data tersebut diolah dengan menggunakan analisis spasial, rumus Penman dan FJ Mock. Data yang bersumber langsung dari instansi dilakukan dengan berkirim surat kepada instansi terkait dan kunjungan lapangan.

2.5. Analisis Data

Untuk menentukan debit adalah dengan menggunakan metode Penman untuk menghitung nilai evapotranspirasi (nilai air yang hilang akibat penguapan) (Panjaitan, 2012; Audriiliansyah et al., 2024; Savitri & Nurhayati, 2015; Wilhaldo et al., 2020) diintegrasikan ke metode FJ Mock 1973 sehingga menjadi satu kesatuan untuk dapat mengasumsi debit dan peluang penggunaan air (Kementerian PU, 2013). Siklus air tentu ada hubungan dengan penggunaan lahan yang memiliki kontribusi didalam mendukung produksi air di waduk Sungai Pulau. Untuk itu dilakukan prediksi besaran persentase lahan terbuka (*expose surfaced*) sebagai salah satu point penting yang terintegrasi didalam perhitungan debit air. Penggunaan lahan merupakan bagian ekosistem sumber daya air yang dapat diprediksi dalam pengaruhnya terhadap besaran peluang peningkatan potensi debit air. Maka penggunaan lahan dapat dilihat kesesuaiannya dengan rencana dan penetapan penggunaan lahan sebagaimana yang telah ditetapkan oleh kementerian dan lembaga yang membidangi kehutanan dan peraturan daerah terkait penataan ruang terutama pada CA waduk Sungai Pulau. Melakukan penilaian terhadap debit air maka rangkaian pelaksanaan kerja yang dilakukan meliputi pengumpulan data-data klimatologi dan hidrologi, penggunaan lahan dengan menggunakan metode Penman dengan rumus:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \tau} \times R_n + \frac{\tau}{\delta + \tau} \times [2,7(1,0 + 0,010a U_2)(e_a - e_s)]$$

Keterangan: ET_o merupakan evapotranspirasi potensial harian (mm/H), δ merupakan Kemiringan kurva tekanan uap kepada temperature, τ merupakan Konstanta psikrometrik (0,66 mb/ $^{\circ}$ C), R_n merupakan Radiasi bersih sama dengan/seimbang penguapan (mm/hari) : $R_s(1 - \alpha) - R_b$, R_b merupakan Radiasi gelombang panjang (MJ/m²/hari) : 1 MJ/m²/hari = 0,408 mm/hari : 5 – 1,12 H_0,20 , U_2 merupakan Kecepatan angin pada tinggi 2 m (Km/hari) : $U_h \times [\frac{\log 100/\log 100h}{2} +]$, e_s merupakan Tekanan uap jenuh (kPa) : $0,611 \exp[\frac{17,27 \times T}{T+237,3} +]$, RH merupakan Kelembaban relative (%), E_a merupakan Tekanan uap aktual (kPa) : $e_s \times R_H$, α , merupakan Albedo, β merupakan Konstanta Stefan-Boltzman : $4,90 \times 10^{-9}$ MJ/m²/K⁻⁴/hari dan T_k merupakan Temperatur udara ($^{\circ}$ K = 273,15 + $^{\circ}$ C).

Menghitung nilai Debit dengan rumus:

$$\text{Debit Andalan} = \text{Aliran Sungai} \times \text{Luas Daerah Aliran Sungai/1 bulan dalam detik}$$

Komponen nilai yang berkaitan dengan rangkaian menentukan nilai debit yaitu evapotranspirasi aktual, *exposed surface* (lahan terbuka), kelebihan air (*Water Surplus*), Limpasan (*Run Off*) dan Penyimpanan Air Tanah (*Ground Water Storage*) dan Debit Andalan.

Dalam menentukan area studi dilakukan analisis CA yang bersumber dari peta Demnas yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil yang diperoleh adalah terdapat luas CA ± 409,85 Ha.

1. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan dapat didasarkan pada peta citra satelit land sat 8 tahun 2022 yang diperoleh dari Pusat Data Badan Riset Nasional. Dalam analisis ini penggunaan lahan hutan merupakan hal yang patut untuk ditinjau karena hutan memiliki kontribusi dalam daur hidrologi dan klimatologi dan ekologi seperti dalam penjelasan (Tejalaksana et al., 2015) bahwa 1 Ha Ruang Terbuka Hijau (RTH) dengan pohon berukuran besar dapat menghasilkan 0,6 ton O₂/1500 Penduduk/hari, menyerap CO₂ sebanyak 2,5 Ton/tahun, menyimpan H₂O sebanyak 4000 lH⁻¹, menurunkan (suhu 5-8 $^{\circ}$ C, kebisingan 25 %-80 %, kekuatan angin sebesar 75 %-80 %).

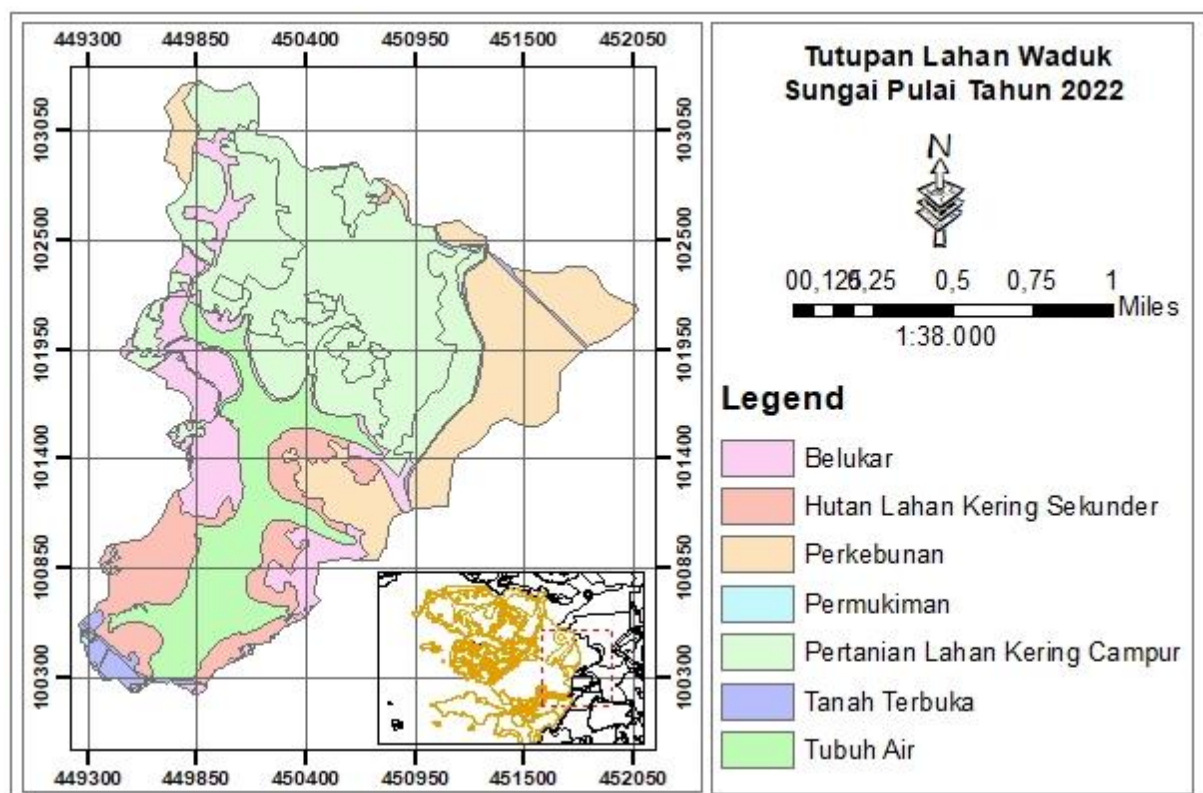
Dalam RTRW Provinsi Kepulauan Riau waduk Sungai Pulau berada didalam kawasan dominasi hutan lindung, Konservasi sumber daya air atau kawasan lindung namun jika mengambil asumsi CA maka berada pada kawasan hutan, permukiman. Sebagai kawasan hutan yang berfungsi pengendali hidrologi yaitu *water hargesting* yang berperan sebagai *water yield* atau penghasil air ini tergantung kepada debit air dalam tanah (Badaruddin et al., 2021).

Penggunaan lahan pada kawasan waduk Sungai Pulai terdiri dari 7 peruntukan antara lain Belukar (50,61 Ha), Hutan Lahan Kering Sekunder (45,32 Ha), Perkebunan (76,59 Ha), Permukiman (1,16 Ha), Pertanian Lahan Kering Campur (166,82 Ha), Tanah Terbuka (9,55 Ha) dan Badan Air (59,80 Ha). Tutupan lahan tersebut bahwa dapat dilihat kawasan hutan sebesar 11 % dan selebihnya penggunaan lahan non hutan. Penggunaan lahan dalam bentuk hutan sedikit. Penggunaan lahan sebagaimana disajikan pada Tabel 1. dan Gambar 2.

Tabel 1. Jenis Penggunaan Lahan Daerah Waduk Sungai Pulai Tahun 2022

Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	%
Belukar	50,61	12,35
Hutan Lahan Kering Sekunder	45,32	11,06
Perkebunan	76,59	18,69
Permukiman	1,16	0,28
Pertanian Lahan Kering Campur	166,82	40,70
Tanah Terbuka	9,55	2,33
Tubuh Air	59,80	14,59
Total	409,85	100

Sumber Data: Hasil Analisis



Gambar 2. Tutupan Lahan Sungai Pulai Tahun 2022

Salah satu faktor hitung metode FJ Mock 1973 adalah penggunaan lahan yang digunakan adalah permukaan lahan terbuka (*expose surfaced*), karena keterbatasan data maka asumsi penggunaan lahan yang dijadikan acuan data tahun 2022 seluas 58 % adalah permukiman, pertanian lahan kering campur, tanah terbuka, dan badan air dengan prediksi seluas 58 % dan koefisien infiltrasi 0,69 dengan berpedoman kepada perhitungan standar dari Kodoatie dan Syarif tahun 2008 yang telah dituangkan didalam (Firjatullah *et al.*, 2020; Suherman & Firmansyah, 2017).

2. Perhitungan Debit Andalan

Sebelum masuk kedalam analisis hubungan penggunaan lahan dengan debit air Sungai Pulai tentang penggunaan sumber data dari Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang yang sudah tercatat pada (BPS Tanjungpinang, 2024) ; (BPS Kepulauan Riau, 2024) dan karena stasiun alat ukur klimatologi tidak jauh dengan lokasi studi. Provinsi Kepulauan Riau memiliki pola hujan tahunan (Taufik, 2024) dan Kota Tanjungpinang berdasarkan hasil diskusi dengan staf BMKG Tanjungpinang bahwa Kota Tanjungpinang termasuk pola cuaca sepanjang tahun, maka dapat dimaknai bahwa Kota Tanjungpinang memiliki potensi jumlah air yang tinggi. Nilai evapotranspirasi dipengaruhi oleh data meteorologi curah hujan, suhu, kelembaban, penyinaran matahari dan kecepatan angin serta lokasi dan radiasi. Dalam menghitung evapotranspirasi yang dianalisis adalah keterkaitan faktor klimatologi dan lokasi, dalam hal ini pertama yang dilihat adalah tekanan uap jenuh dan tekanan uap aktual

yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban pada daerah studi. Dapat dilihat bahwa radiasi matahari dipengaruhi oleh faktor curah hujan dimana semakin tinggi curah hujan maka nilai radiasi semakin rendah dan sebaliknya jika curah hujan rendah maka nilai radiasi tinggi seperti curah hujan 500 mm maka radiasi rendah yaitu sebesar 26, 25 % dan dengan curah hujan sebesar 198 mm/bulan maka radiasi bernilai tinggi yaitu sebesar 50,26 % secara keseluruhan dapat dikategorikan curah hujan dibawah 200 mm/bulan. Radiasi global yang diperoleh adalah 5,182 s/d 8,460 mm/H Evapotranspirasi yang terjadi sepanjang tahun 2023 adalah pada tahun 2023 berkisar 2,783 mm / bulan s/d 4,635 mm/bulan dengan rata-rata 3,086 mm/H yang dipengaruhi oleh faktor klimatologi yaitu curah hujan, radiasi bersih dan kelembaban tinggi maka jika radiasi bersih rendah dan mengakibatkan evapotranspirasi rendah (Wirawan et al., 2013) mengatakan Beberapa faktor yang berpengaruh yaitu klimatologi dan radiasi matahari yang dapat mempengaruhi lingkungan, karena radiasi matahari merupakan sumber energi yang dapat memanaskan tubuh air dan tanaman, hal ini juga berkaitan dengan faktor letak geografis lokasi studi. (Wirawan et al., 2013) Tingginya evapotranspirasi dipengaruhi oleh curah hujan, apabila curah hujan tinggi maka evapotranspirasi rendah dan sebaliknya. Sedangkan Iklim panas berpengaruh terhadap peningkatan evapotranspirasi yang dapat memindahkan air permukaan dan juga menyusup ke air permukaan dan kedalam permukaan tanah, dan apabila pemanasan berkesinambungan maka air tanah akan berkurang dan habis (Condon et al., 2020). Jika dihubungkan evapotranspirasi dengan penggunaan lahan adalah terjadi evapotranspirasi pada lahan bervegetasi dapat artikan dengan pengaruh morfologi tanaman yang memiliki ukuran daun besar maka tutupan lahan bervegetasi berpengaruh terhadap terjadinya transpirasi (Daud et al., 2021). Nilai evapotranspirasi sebagaimana disajikan dalam Tabel 2 dan Gambar 3.

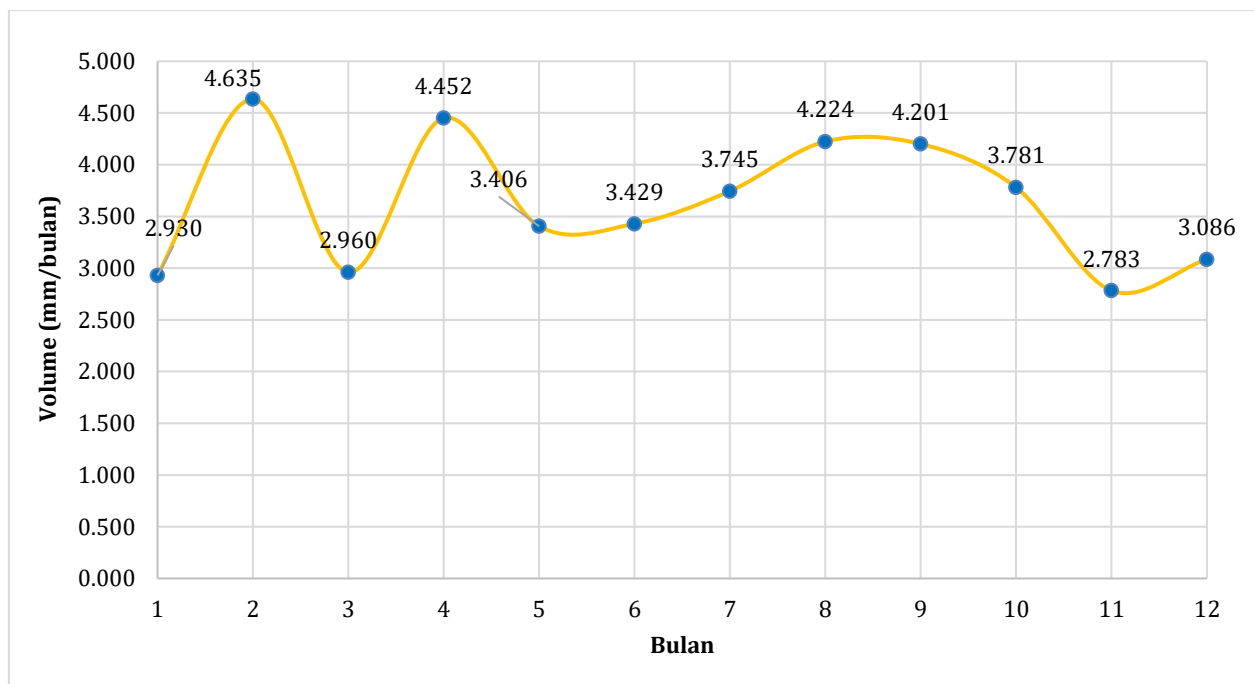
Tabel 2. Perhitungan Evapotranspirasi

Uraian	Satuan	Sumber	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Jumlah Curah Hujan	mm/B	Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang	505	198	582	114	341	177	140	198	168	250	622	452
Suhu rata-rata ($T_{rata-rata}$)	°C	Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang	26,1	26,6	26,3	27,5	27,9	27,7	27,6	27,6	27,7	27,6	26,8	26,7
Kelembaban Nisbi Rata-rata (R_h)	%	Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang	87,0%	74,0%	90,0%	90,0%	89,0%	87,0%	84,0%	82,0%	81,0%	82,0%	87,0%	89,0%
Kecepatan Angin (U)	km/H	Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang	27,0	28,0	25,0	26,0	26,0	30,0	24,0	24,0	26,0	26,0	21,0	24,0
Kecepatan Angin Pada Tinggi 2m (U_z)	km/K	Perhitungan	16,11	16,71	14,92	15,51	15,51	17,90	14,32	14,32	15,51	15,51	12,53	14,32
Tekanan Uap Jenuh (es)	kPa	Perhitungan	3,382	3,484	3,423	3,672	3,759	3,716	3,694	3,694	3,716	3,694	3,525	3,504
Tekanan Uap Aktual (ea)	kPa	Perhitungan	2,943	2,578	3,080	3,305	3,346	3,233	3,103	3,029	3,010	3,029	3,067	3,119
Kemiringan kurva tekanan uap	kPa/°C	Perhitungan	0,199	0,204	0,201	0,214	0,218	0,216	0,215	0,215	0,216	0,215	0,206	0,205
Konstanta Psikrometrik (t)	mb/°C	Konstanta Psikrometrik	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Konstanta Psikrometrik (t)	kPa/°C	1 kPa = 10 mb	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
Koefisien Refleksi (a)		Perhitungan	0,31	0,23	0,29	0,25	0,27	0,34	0,32	0,25	0,30	0,32	0,30	0,28
Ra Berdasarkan Lintang														
Pada 2°LU		Tabel	14,70	15,30	15,60	15,30	14,60	14,20	14,30	14,90	15,30	15,30	14,80	0,00
Pada 0°LU		Tabel	15,00	15,50	15,70	15,30	14,40	13,90	14,10	14,80	15,30	15,40	15,10	14,80
0°55'3,41" LU	mm/H	Lokasi Penelitian	14,81	15,37	15,63	15,30	14,52	14,08	14,22	14,86	15,30	15,33	14,91	14,54
			1	4	7	0	6	9	6	3	0	7	1	8
n/N	%	Perhitungan	26,25	50,26	21,70	60,59	37,48	52,48	56,93	50,20	53,51	45,15	19,51	29,63
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Radiasi Global (Rs)	mm/H	Perhitungan	5,647	7,707	5,606	8,460	6,354	7,219	7,606	7,446	7,919	7,297	5,182	5,792
Radiasi Gelombang Panjang (Rb)	MJ/m ² /H	Perhitungan	1,111	1,776	0,998	2,114	1,405	1,845	1,990	1,774	1,878	1,622	0,945	1,197
Radiasi Gelombang Panjang (Rb)	mm/H	1 MJ/m ² /hari = 0,408 mm/H	0,453	0,725	0,407	0,863	0,573	0,753	0,812	0,724	0,766	0,662	0,386	0,488
Radiasi Bersih (Rn)	mm/H	Perhitungan	3,444	5,209	3,582	5,471	4,045	4,006	4,334	4,891	4,810	4,304	3,228	3,695
Evapotranspirasi	mm/	Perhitungan	2,930	4,635	2,960	4,452	3,406	3,429	3,745	4,224	4,201	3,781	2,783	3,086

Setelah dilakukan perhitungan dan penelaahan penyebab terjadinya pendugaan debit waduk Sungai Pulau, tempat produksi debit air waduk Sungai Pulau juga dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang dilihat dari besaran lahan terbuka. Sebagaimana dalam penelitian (Fahmi et al., 2023) bahwa lahan terbuka dan bekas tambang memiliki kinerja yang sangat rendah. Jenis tanah pada CA Sungai Pulau adalah Kambisol Distrik (D) (BPDAS Sei Jang Duriangkang, 2023) dengan jenis tanah lempung (Oktaviani, 2023). Oleh sebab itu perlu mengetahui besaran potensi lahan terbuka dalam pengaruh debit air. Kalkulasi debit air yang dihasilkan pada tahun 2023 tingginya curah hujan berdampak kepada potensi air, minimnya terjadi penguapan hal ini juga dipengaruhi terjadi *Water surplus* (WS). Nilai WS paling rendah yaitu 0 mm/bulan s/d 528,71 mm/bulan atau dengan rata-rata dalam setahun sebesar 236,65 mm/bulan.

Melihat kepada faktor besaran nilai infiltrasi dipengaruhi oleh besaran koefisien infiltrasi dimana menggunakan asumsi lahan tertutup sehingga infiltrasi dapat diduga terjadi sebesar persentase lahan yang masih tertutup

tanaman. Besaran aliran dasar sendiri adalah Nilai *base flow* atau aliran dasar sangat dipengaruhi oleh nilai infiltrasi yang dikurangi dengan air tersimpan.

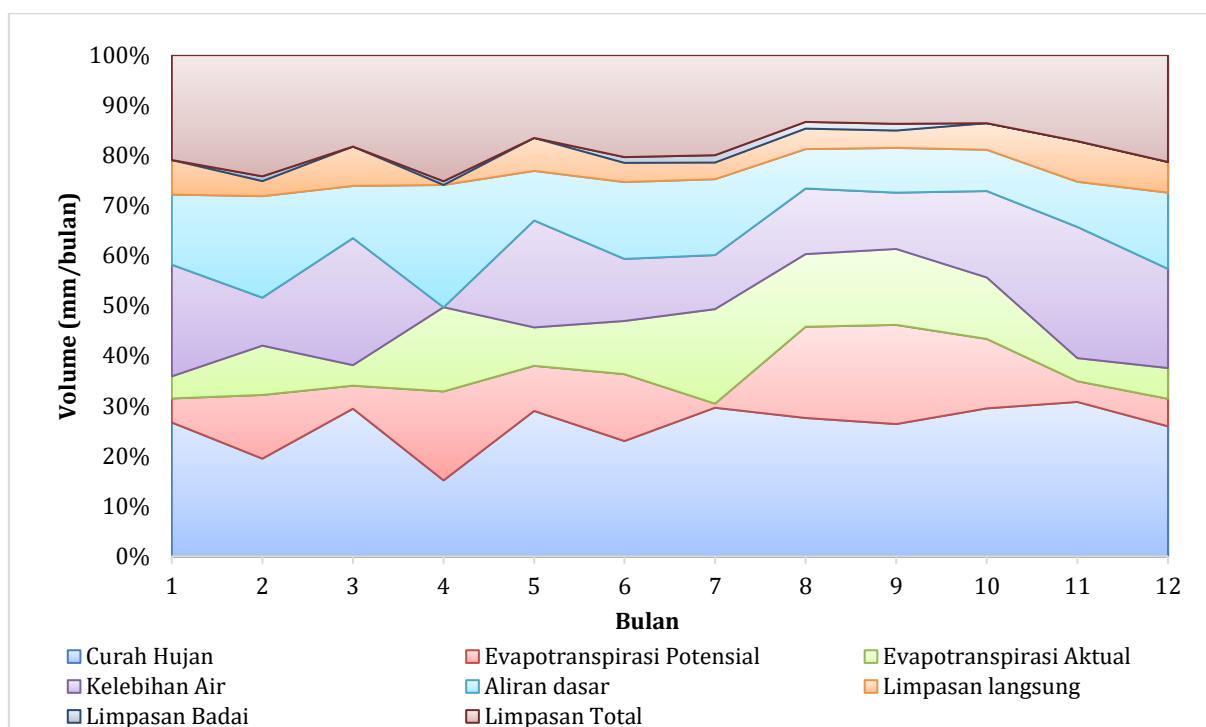


Gambar 3. Evapotranspirasi Waduk Sungai Pulau Tahun 2023

Pengaruh terjadinya limpasan langsung (RO) berhubungan dengan nilai *water surplus* dan nilai infiltrasi. Maka hasil total limpasan (TRO) hasil dari penjumlahan aliran dasar (BF) ditambah limpasan badai (SRO) dan ditambah dengan limpasan langsung (RO). Debit air sebagaimana yang menjadi penentu dalam kapasitas produksi tergambar dari total RO dikalikan dengan CA, maka dapat dilihat bahwa terdapat debit air pada tahun 2023 lebih tinggi pada bulan Januari, Maret, November dan bulan Desember yaitu diatas 0,500 m³/detik dan nilai terkecil terjadi pada bulan Juli, Agustus, September dan Oktober yakni senilai ± 0,100 m³/detik. Hasil daripada debit andalan sebagaimana disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Perhitungan Debit Andalan Tahun 2023

Tahun 2023															
Uraian	Sat	Ket	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des	Rata-rata
Data Meteorologi															
Hujan Bulanan Rata-Rata (P)	mm/B	Data	505	198	582	114	341	177	140	198	168	250	622	452	312
Hari Hujan Rata-Rata (N)	H	Data	15	10	14	16	13	11	10	11	10	14	22	22	14
Jumlah hari dalam satu bulan	H	Data	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30
Evapotranspirasi (Ep)	mm/H	Data	2,930	4,635	2,960	4,452	3,406	3,429	3,745	4,224	4,201	3,781	2,783	3,086	4
Evapotranspirasi (Ep)	mm/B	Perhitungan	90,84	129,78	91,75	133,56	105,57	102,87	3,74	130,96	126,02	117,20	83,50	95,66	110
Penguapan/Evapotranspiration (mm/bulan)															
Permukaan lahan yang terbuka	Persen	Asumsi	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Eto/Ea -(M/20) x (18- n)	Persen	Perhitungan	8,7%	23,2%	11,6%	5,8%	14,5%	20,3%	23,2%	20,3%	23,2%	11,6%	-11,6%	-11,6%	11,6%
Ec = Eto x (m/20) x (18- n)	mm/B	Perhitungan	7,90	30,11	10,64	7,75	15,31	20,88	26,93	26,58	29,24	13,59	-9,69	-11,10	14,01
Ea=Eto-Ec	mm/B	Perhitungan	82,94	99,67	81,11	125,81	90,27	81,99	89,15	104,37	96,78	103,60	93,19	106,76	96,30
Kelebihan Air / Water Surplus (WS)															
P-Ea (Hujan Rata-rata -Ea)	mm/B	Perhitungan	422,06	98,03	501,29	-12,21	250,43	95,31	51,15	93,93	71,52	145,90	528,71	344,84	215,91
Soil Moisture Capacity (SMC)	mm/B	Asumsi	200	200	200	188	200	200	200	200	200	200	200	200	199
ISMS	mm/B	Asumsi	200	200	200	200	188	200	200	200	200	200	200	200	200
SMS = ISMS + (P-Ea)	mm	Perhitungan	622,06	298,03	701,29	187,79	438,22	295,31	251,15	293,93	271,52	345,90	728,71	544,84	415,91
Soil Storage (SS)	mm	Asumsi	0	0	0	-12,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Water Surplus (WS) = (P-Ea)+SS	mm	Perhitungan	422,06	98,03	501,29	0	250,43	95,31	51,15	93,93	71,52	145,90	528,71	344,84	236,65
Limpasan & Penyimpanan Air Tanah/Run Off & Groundwater Storage															
Koef. Infiltrasi (If)		Asumsi	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Infiltration (In) = WS * If	mm/B	Perhitungan	291,224	67,642	345,891	0,000	172,800	65,764	35,291	64,809	49,348	100,670	364,810	237,941	149,68
Konstanta Resesi (K) = max 1	Asumsi	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Percentage Factor (PF) = 5%-10%, max 37.3 %	Persen	Asumsi	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,08
0.5*(1+K)*In	Perhitungan	190,75	44,31	226,56	0,00	113,18	43,08	23,12	42,45	32,32	65,94	238,95	155,85	155,85	98,04
G _{tan}	Asumsi	237,76	264,46	126,29	265,71	82,37	138,72	86,08	49,80	57,89	50,27	81,52	264,22	142,09	142,09
R* G _{tan}	Perhitungan	73,71	81,98	39,15	82,37	25,53	43,00	26,68	15,44	17,95	15,58	25,27	81,91	44,05	44,05
Penyimpanan Air Tanah/Ground Water Storage (GS)=(0.5*(1+K)*In)+(K*G _{tan})	Perhitungan	264,46	126,29	265,71	82,37	138,72	86,08	49,80	57,89	50,27	81,52	264,22	237,76	142,09	142,09
DGS = G-G _{tan}	mm/B	Perhitungan	26,70	-138,17	139,42	-183,34	56,35	-52,64	-36,28	8,09	-7,62	31,25	182,70	-26,46	0,00
Aliran Dasar/Base Flow (BF) = In- DGS	mm/B	Perhitungan	264,53	205,81	206,47	183,34	116,45	118,40	71,57	56,72	56,97	69,42	182,11	264,40	149,68
Limpasan langsung/Direct Run Off (DRO)= WS - In	mm/B	Perhitungan	130,84	30,39	155,40	0,00	77,63	29,55	15,86	29,12	22,17	45,23	163,90	106,90	67,25
Limpasan Badai/Storm Run Off (SRO); if P>=200, SRO=0. If P < 200, SRO = P x PF	mm/B	Perhitungan	0,00	9,89	0,00	5,68	0,00	8,87	7,02	9,92	8,42	0,00	0,00	0,00	4,15
Limpasan Total/Total run Off (TRO) = BF+DRO+SRO	mm/B	Perhitungan	395,37	246,09	361,87	189,02	194,09	156,82	94,44	95,75	87,55	114,65	346,01	371,30	221,08
Debit															
Luas Daerah Tangkapan Air	m2	Perhitungan	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457	4098457
Aliran Air; Debit yang Dihitung	(m-3/s)-1	Perhitungan	0,605	0,417	0,554	0,299	0,297	0,248	0,145	0,147	0,138	0,175	0,547	0,568	0,345



Gambar 3. Pengaruh Limpasan Total

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

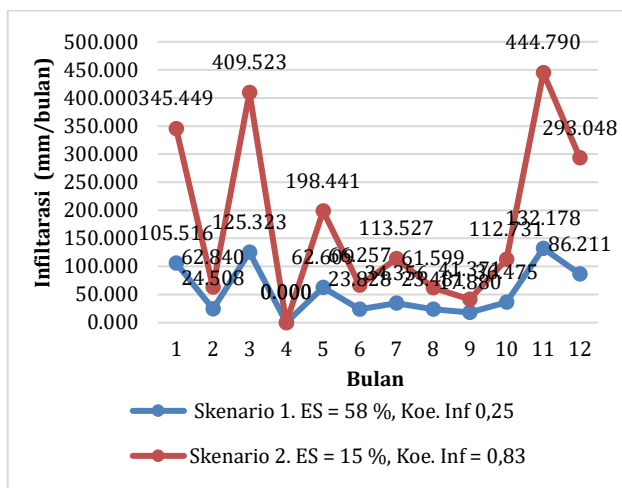
3.1. Pengaruh Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil analisis tutupan lahan diperoleh luas lahan terbuka sebesar 58 % maka dapat diprediksi adanya pengaruh luasnya tutupan lahan maka perlu dilakukan simulasi besaran tutupan lahan dan perubahan koefisien infiltrasi. Dalam meneliti kondisi CA dilakukan simulasi perhitungan nilai Infiltrasi, RO dan debit hitung menggunakan data dan nilai hitung Tahun 2023 dengan perubahan nilai utama pada ES dan koefisien sehingga diperoleh hasil bahwa apabila nilai ES 15 % dan nilai koefisien infiltrasi 0,25 dan dibandingkan dengan nilai ES 15 % dan nilai Koefisien Infiltrasi sebesar 0,83, maka hasil perbandingan diperoleh bahwa nilai skenario 2 memberikan nilai infiltrasi, BF rendah, run off dan debit hitung lebih tinggi pada curah hujan tinggi dan menambah nilai debit pada bulan dengan curah hujan rendah dan penurunan debit akan terjadi jika curah hujan rata-rata dibawah kategori lebat dan apabila curah hujan meningkat maka menambah nilai debit, untuk lebih jelasnya sebagaimana disajikan dalam Tabel 4 dan pada Gambar 5 s.d. Gambar 10 berikut.

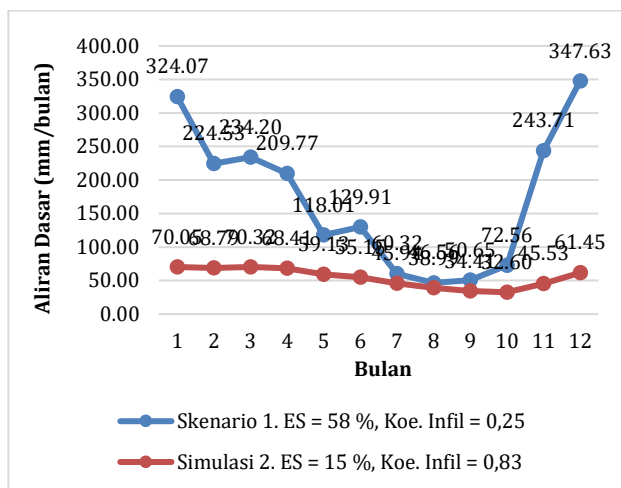
Tabel 4. Skenario Infiltrasi, Run Off dan Debit Hitung Tahun 2023

Uraian	Sat	Ket	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Tahun
Data Meteorologi															
Hujan Bulanan Rata-Rata (P)	mm/B	Data	505	198	582	114	341	177	140	198	168	250	622	452	312
Hari Hujan Rata-Rata (N)	H	Data	15	10	14	16	13	11	10	11	10	14	22	22	14
Jumlah hari dalam satu bulan	H	Data	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30
Evapotranspirasi (Ep)	mm/H	Data	3	5	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4
Evapotranspirasi (Ep)	mm/B	Perhitungan	91	130	92	134	106	103	4	131	126	117	84	96	101
Skenario 1															
Penguapan															
Permukaan lahan yang terbuka	Persen	Asumsi	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Limpasan & Penyimpanan Air Tanah															
Koef. Infiltrasi		Asumsi	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Infiltration	mm/B	Perhitungan	105,516	24,508	125,323	0,000	62,609	23,828	12,786	23,481	17,880	36,475	132,178	86,211	54,233
Aliran Dasar	mm/B	Perhitungan	70,05	68,79	70,32	68,41	59,13	55,15	45,94	38,99	34,41	32,60	45,53	61,45	54,23
Limpasan lanasung	mm/B	Perhitungan	316,55	73,52	375,97	0,00	187,83	71,48	38,36	70,44	53,64	109,42	396,53	258,63	162,70
Limpasan Badai	mm/B	Perhitungan	0,00	9,89	0,00	5,68	0,00	8,87	7,02	9,92	8,42	0,00	0,00	0,00	4,15
Limpasan Total	mm/B	Perhitungan	386,60	152,20	446,29	74,09	246,96	135,50	91,32	119,35	96,47	142,03	442,07	320,08	221,08
Debit															
Debit hitung	(m ³ /s-1)	Perhitungan	0,592	0,258	0,683	0,117	0,378	0,214	0,140	0,183	0,153	0,217	0,699	0,490	0,344
Skenario 2															
Penguapan															
Permukaan lahan yang terbuka	Persen	Asumsi	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Limpasan & Penyimpanan Air Tanah															
Koef. Infiltrasi		Asumsi	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Infiltration	mm/B	Perhitungan	345,449	62,840	409,523	0,000	198,441	66,257	25,879	61,599	41,371	112,731	444,790	293,048	171,827
Aliran Dasar	mm/B	Perhitungan	324,07	224,53	234,20	209,77	118,01	129,91	60,32	46,56	50,65	72,56	243,71	347,63	171,83
Limpasan langsung	mm/B	Perhitungan	70,75	12,87	83,88	0,00	40,64	13,57	5,30	12,62	8,47	23,09	91,10	60,02	35,19
Limpasan Badai	mm/B	Perhitungan	0,00	9,89	0,00	5,68	0,00	8,87	7,02	9,92	8,42	0,00	0,00	0,00	4,15
Limpasan Total	mm/B	Perhitungan	394,83	247,29	318,08	215,45	158,66	152,35	72,64	69,09	67,54	95,65	334,81	407,65	211,17
Debit															
Debit hitung	(m ³ /s-1)	Perhitungan	0,604	0,419	0,487	0,341	0,243	0,241	0,111	0,106	0,107	0,146	0,529	0,624	0,330

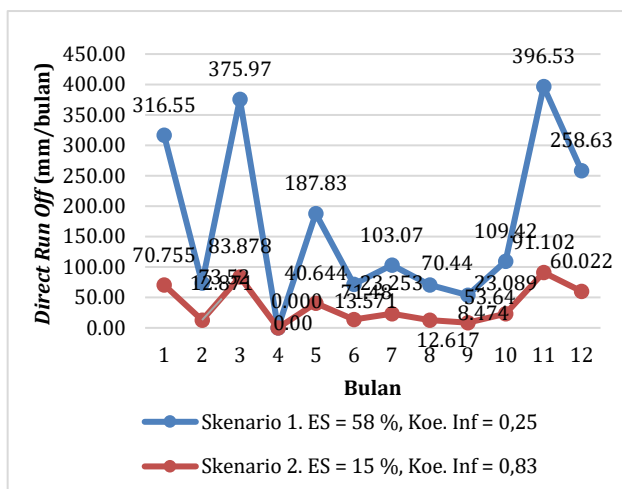
Sumber data: Hasil analisis



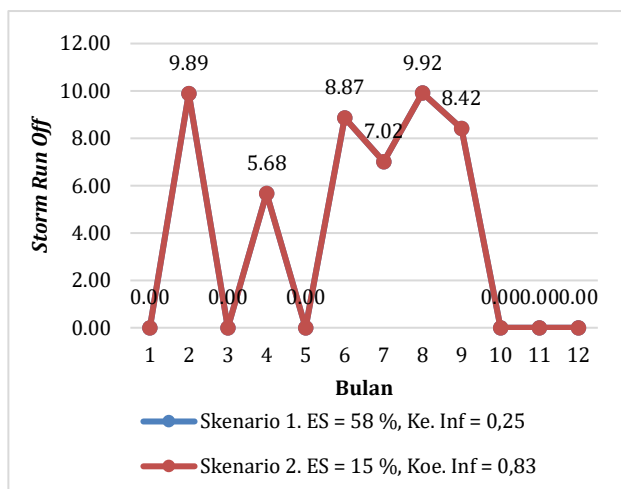
Gambar 5. Skenario Infiltrasi



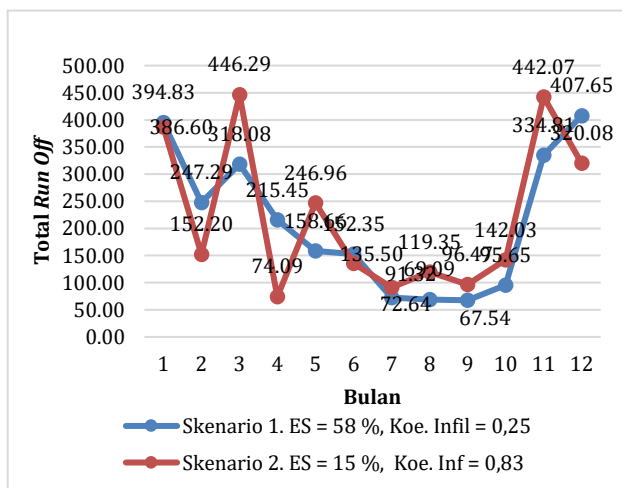
Gambar 6. Skenario Aliran Dasar (Base Flow)



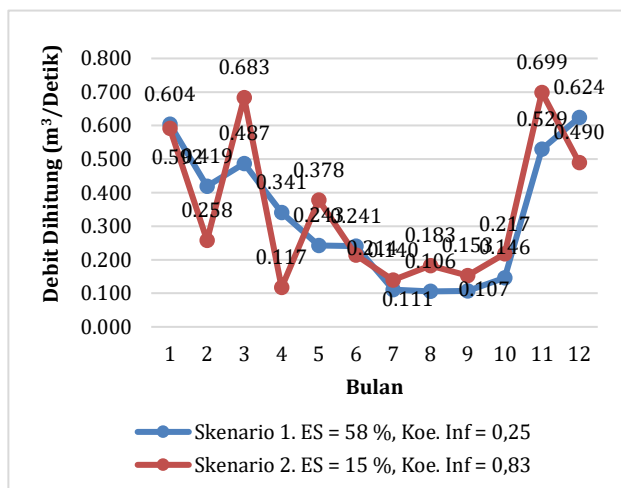
Gambar 7. Skenario Limpasan Langsung (Direct Run Off)



Gambar 8. Skenario Limpasan Badai (Storm Run Off)



Gambar 9. Skenario Limpasan Total (Run Off)



Gambar 10. Debit

3.2. Kontribusi Pohon

Karena diprediksi kondisi lahan terbuka seluas 58 % maka langkah optimalisasi potensi CA pada waduk sebesar 409,85 ha maka perlu dilakukan prediksi potensi fungsi pohon, adapun potensi dan kontribusi hutan bahwa hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat potensi daya simpan air sebesar 368.861 m³/tahun dengan daya transfer air sebesar 511.000.000 Liter/Tahun. Jika melihat kepada luas lahan terbuka sebesar 58 % maka dapat diasumsikan bahwa terjadinya kekurangan kemampuan pohon besar (ruang terbuka) dalam menghasilkan O₂ sebesar 104.117 Kg/hari, penyerapan CO₂ sebesar 594 ton/tahun, menyimpan air sebesar 213.939 m³/tahun dan mentransfer air sebesar 347.057.329 liter/hari dan penurunan suhu sebesar 5°C-8°C, kebisingan sebesar 25 % -80 % dan kecepatan angin sebesar 75 % - 80 %. Mengenai potensi kontribusi pohon (Tejalaksana *et al.*, 2015) pada kawasan waduk Sungai Pulau sebagaimana disajikan dalam pada Tabel 5.

Tabel 3. Perhitungan Kontribusi Pohon per Hektar

No	Uraian	Fungsi	Kapasitas	Sat	Konversi (Tahun)	Luas Waduk (Ha)	Potensi Kontribusi (Thn)	Asumsi area bervegetasi 350 Ha	Hutan/Semak Belukar (bervegetasi) 42%	Lahan Terbuka/Hoti kultura (minim/Non Vegetasi) 58 %
1	Oksigen	Produksi	1,2	kg/H	438	409,85	179.512	153.300	75.395	104.117
2	Carbon Dioksida	Menyerap	2,5	ton/T	2,5		1.025	875	430	594
3	Air	Menyimpan	900	m ³ /T	900		368.861	315.000	154.922	213.939
4	Air	Transfer	4000	IH	1.460.000		598.374.704	511.000.000	251.317.376	347.057.329
6	Suhu	Menurunkan					5 C - °C			
6	Kebisingan	Menurunkan					25-80 %			
7	Kecepatan Angin	Menurunkan					75-80 %			

Sumber Data: Hasil Analisis

Apabila tutupan lahan maksimal dengan hutan primer, RTH dan ditanami pohon besar maka dapat membantu mengoptimalkan fungsi hidrologis pada CA. Apabila pemanfaatan kawasan sesuai fungsinya sebagaimana yang telah ditetapkan sebagai kawasan hutan, KSA maka kontribusi pohon untuk waduk Sungai Pulai akan lebih maksimal menjaga daur hidrologi dan ekosistem sumber daya alam pada area sumber daya air. Permasalahan yang terjadi seperti tingginya lahan terbuka yang relatif tinggi sehingga menyebabkan terbatasnya porositas lahan dan tingginya RO. Berkaitan dengan itu bahwa hutan yang rapat dan padat akan mampu menahan hujan dan air bisa meresap langsung ke tanah sehingga dapat mengurangi dan mengantisipasi penguraian menjadi partikel-partikel tanah, sebagaimana telah diuraikan oleh (Widiyanto, 2010) didalam kutipan dari Badrudin Mahbub pada tahun 1975 mengatakan bahwa daerah yang berhutan lebat maka persentase air yang berada pada permukaan tanah akan sedikit dibanding dengan tanah berumput dan tanah gundul sebesar 49 %. Mengenai hutan dan jenis tanaman penutup tanah sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 4. Jenis Hutan dan Tanaman Penutup Tanah

No	Jenis Tutupan Lahan Atau Tanah	% Air Diatas Permukaan Tanah	Besar Erosi
1	Hutan Lebat	0,8	20
2	Hutan Terbakar	2,6	470
3	Tanah Berumput	1,5	540
4	Tanaman Jagung	17,6	41.500
5	Tanaman Kapas	19,9	46.900
6	Tanah Gundul	49,0	514.000

Sumber Data: Badrudin Mahbub tahun 1975

Hutan alam yang belum terganggu biasanya mempunyai laju erosi permukaan paling rendah dibandingkan penggunaan lainnya di daerah tropika basah. Pada hutan alam yang belum terganggu terdapat multi tajuk yang berlapis-lapis (strata tajuk) dan penutup tanah yang rapat yang dapat menahan tumbukan hujan langsung ke tanah sehingga dapat mengurangi terjadinya pemecahan agregat tanah menjadi partikel tanah (terdispersi) (Widiyanto, 2010). Berkaitan dengan itu semua bahwa dalam mencapai pembangunan berkelanjutan dibidang air minum dan sanitasi maka perbaikan ekosistem sumber daya air perlu dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kekurangan air. Jika lahan yang berada pada CA dan disekitar sumber air tertutup hutan sebagaimana disajikan pada tabel 6 maka potensi air diatas permukaan sebanyak 0,8 persen sehingga erosi berpotensi sebesar 20 Ton/Ha/Tahun dan jika lahan terbuka memiliki potensi air dipermukaan sebesar 49% dengan potensi erosi sebesar 514.000 Ton/Ha/Tahun dan sebagaimana penelitian dari (Widiyanto, 2010). Ini artinya bahwa pengaruh kawasan hutan sangat tinggi sekali terhadap keberlangsungan sumber daya air dan nyata adanya pengaruh hutan. Jika dikaitkan dengan penelitian tentang sifat fungsi dan strategi transportasi air dari jenis yang berkayu pada lingkungan terpencil pada hutan tropis yang menunjukkan kondisi lingkungan bisa mengubah gelombang sifat hidrolis jenis tanaman yang hidup atau tumbuh dibawah fitofisiognomi yang beranekaragam, namun jenis tanaman dapat menyesuaikan dengan peralihan keadaan lingkungannya. Maka terdapat relevansinya yang mempunyai diversitas dapat menjadi prediktor dalam mengetahui jenis kelompok makhluk hidup yang beranekaragam dapat merespon degradasi lingkungan dan *global warming* (Castelar et al., 2023).

Berkaitan dengan ekosistem sumber daya air sebagaimana telah dianalisis dan didiskripsikan bahwa memiliki keterkaitan penggunaan lahan terbangun dan lahan bervegetasi terhadap siklus hidrologi air. Pohon berkontribusi pada ekosistem sumber daya air maka penting menjaganya karena dapat menjaga cadangan air dan berfungsi sebagai alat pengantisipasi erosi juga (Harisman et al., 2019). Pendapat yang tidak jauh berbeda berkaitan dengan pengaruh *landscape* terhadap terhadap curah hujan melalui uap air yang terkondensasi dan fluks energi yang dihasilkan dan pada penelitian bahwa ada 2 komponen dasar dalam siklus dan feedback adalah (a) tumbuhan/tanaman yang dapat menghasilkan air dan melepaskan mikroorganisme ke udara yang akan terkondensasi menghasilkan uap air dan mencair menjadi hujan dan (b) presipitasi, yaitu curah hujan untuk perkembangan mikroorganisme untuk dimanfaatkan pada masa tanaman dan ketersediaan air secara berkelanjutan dan tanaman juga dapat menjaga produktivitas tanaman dan menjaga proses degradasi ekologi (Morris et al., 2014) ; (Sands et al., 1982).

Maka menjadi keharusan menjaga hutan karena pohon dan hutan berperan dalam menjaga dan pengatur siklus air, karbon dan energi (Ellison et al., 2017). Maka dari itu penting menjaga ekosistem sumber daya air tempat berlangsungnya

ekosistem flora dan fauna yang menjadi kesatuan. Oleh sebab itu lahan terbuka berpengaruh terhadap dalam *Sustainable Development Goals* serta pentingnya perhatian teruntuk pengelolaan sumber daya air seperti melakukan restorasi hutan, melakukan pengelolaan dan keterpaduan sumber daya air. Maka dari itu penting menjaga fungsi kawasan dan meletakkan dasar pembangunan kawasan sumber daya air dalam bentuk kawasan hutan seperti Hutan Lindung dan kawasan daerah ketinggian agar dapat diatur fungsi kawasan yang berwujud kawasan hijau sebagai *buffer* dengan penggunaan lainnya. Selain itu yang penting adalah pengaturan saluran irigasi dan dalam perkotaan pengelolaan jaringan drainase terintegrasi dan terpadu sehingga apabila jaringan drainase tercemar maka arah aliran air dapat dialirkan ke kawasan lain yang tidak langsung masuk ke waduk.

4. SIMPULAN

Tutupan lahan yang ditumbuhi pohon besar memiliki pengaruh dalam menjaga siklus hidrologi, tingginya lahan terbuka seluas 58 % dan koefisien infiltrasi sebesar 0,69 dapat diprediksi berdampak kepada nilai *base flow*, *run off* dan debit pada tahun 2023. Hasil Debit hitung berkisar antara 0,138 s/d 0,605 m³/s. Tingginya nilai koefisien infiltrasi tidak berarti memiliki kemampuan dalam menyimpan air dan mentransfer air karena seluas ± 60 % lahan CA tidak memiliki tumbuhan besar dan hutan lebat.

Hasil simulasi diperoleh bahwa nilai lahan terbuka yang kecil 15 % dan koefisien infiltrasi sebesar 0,83 diprediksi dapat meningkatkan nilai infiltrasi, BF dan pengaruh positif kepada nilai Debit sehingga pohon besar dan lebat dapat diprediksi mampu menjaga siklus hidrologi dan menjadi nilai tambah dalam menjaga kapasitas produksi air waduk yang tergambar dari besaran lahan terbuka dan nilai air sebagaimana yang koefisien infiltrasi, BF, RO, SRO, TRO dan Debit hitung. Nilai lahan terbuka yang besar dan rendahnya nilai koefisien infiltrasi maka memberikan nilai infiltrasi, BF yang rendah dan berakibat tingginya nilai Run off sehingga dapat diprediksi berpotensi kepada rendahnya nilai debit terutama pada cuaca panas. Jika tutupan kawasan hutan pada CA seluas 409,85 Ha dengan pohon besar akan berkontribusi terhadap penyimpanan air 368.861 m³/tahun dan mentransfer air 598.374.704, namun dengan luasnya lahan terbuka sebesar 58 % maka diprediksi potensi penyimpanan air 213.939 m³/tahun dan mentransfer air 347.057.329 liter/Tahun dapat diprediksi menjadi berkurang. Oleh sebab itu kawasan hutan perlu dijaga kelestariannya karena hutan mampu menjaga siklus hidrologi dan kesinambungan curah hujan sehingga menjadi cadangan air untuk mencapai SDG'S 2030 maka penting reforestasi, konservasi dan pengelolaan ekosistem sumberdaya air.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai instansi dan Lembaga yang telah membantu antara lain Pusat Data Badan Riset Nasional, Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Riau, Badan Pusat Statistik Kota Tanjungpinang, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengelolaan DAS dan Rehabilitasi Hutan Balai Pengelolaan DAS Sei Jang Duriangkang PDAM Tirta Kepri, BP DAS, Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau dan Teman-Teman yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan artikel ini.

6. REFERENSI

- Badaruddin, Syarifuddin, K., & Nisa, K. (2021). *Hidrologi Hutan* (M. P. Hery Fajeriyadi, S.Pd. (ed.); Cetakan pe). CV. Batang.
- Audriiliansyah, P., Nurhayati, N., & Kartini, K.. (2024). Analisis Debit Bulanan Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Raya. *JeLAST : Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 11(1), 1-7. <https://doi.org/10.26418/jelast.v11i1.77248>
- BPDAS Sei Jang Duriangkang. (2023). *Laporan Akhir Penyusunan Peta Rawan Limpasan*. In *BPDAS Sei Jang Duriangkang*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengelolaan DAS dan Rehabilitasi Hutan Balai Pengelolaan DAS Sei Jang Duriangkang. Tanjungpinang.
- BPS Kepulauan Riau. (2024). *Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2024*. In BPS Provinsi Kepulauan Riau (Ed.), BPS Provinsi Kepulauan Riau. BPS Provinsi Kepulauan Riau. Tanjungpinang.
- BPS Tanjungpinang. (2024). *Badan Pusat Statistik Kota Tanjungpinang Tahun 2024* (B. K. Tanjungpinang (ed.)). BPS Kota Tanjungpinang. Tanjungpinang.
- Castelar, J. V. S., Da Cunha, M., Simioni, P. F., Castilho, M. F., Lira-Martins, D., Giles, A. L., Costa, W. S., Alexandrino, C. R., & Callado, C. H. (2023). Functional traits and water-transport strategies of woody species in an insular environment in a tropical forest. *American Journal of Botany*, 110(9), 1–15. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16214>
- Condon, L. E., Atchley, A. L., & Maxwell, R. M. (2020). Evapotranspiration depletes groundwater under warming over the contiguous United States. *Nature Communications*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14688-0>
- Cut, A. (2013). Metode Analisis Kebutuhan Air dalam Mengembangkan Sumberdaya Air. *Lentera*, 13(3), 1–8.
- Daud, A., Indriyati, C., & Hasanah, S. Y. (2021). Analisis Evapotranspirasi Menggunakan Metode Penman-Monteith pada Vertical Garden. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(1), 19–26. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i1.65>
- Dutra, D. J., Elmira, M. A. T., & Ribeiro, S. M. C. (2022). Association between forest resources and water availability: temporal analysis of the Serra Azul stream sub-basin. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 94(3), 1–15. <https://doi.org/10.1590/0001-376520220201289>
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., Noordwijk, M. van, Creed, I. F., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D. V., Tobella, A. B., Ilstedt, U., Teuling, A. J., Gebrehiwot, S. G., Sands, D. C., Muys, B., Verbist, B., ... Sullivan, C. A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>
- Fahmi, N., Tjahjono, B., & Rusdiana, O. (2023). Dampak Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Daya Dukung Air. *Globē*, 25(2), 121–130.

- Firjatullah, M., Soeryamasoeoka, S. B., & Irwansyah, M. A. (2022). Penggunaan Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Analisis Perubahan Koefisien Pengaliran DAS Melawi. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 10(1), 1–10.
- Harisman, K., Frasetya, B., Sudrajat, A., Birnadi, S., & Sholeha, M. (2019). Penanaman Pohon Sebagai Upaya Menjaga Cadangan Air Tanah dan Mencegah Bahaya Erosi di Kecamatan Cibiru. *Al-Khidmat : Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 34–39. <https://doi.org/10.15575/jak.v2i1.5344>
- Karimi, D., Bahrami, J., Mobaraki, J., Missimer, T. M., & Taheri, K. (2022). Groundwater Sustainability Assessment Based on Socio-Economic and Environmental Variables: a Simple Dynamic Indicator-Based Approach. In *Hydrogeology Journal*, 30(7). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02512-6>
- Kementerian PU. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi* (R. J. Kodoatie (ed.); Kriteria P). Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa. Jakarta.
- Lyle, Z. J., VanBriesen, J. M., & Samaras, C. (2023). Drinking Water Utility-Level Understanding of Climate Change Effects to System Reliability. *ACS ES and T Water*, 3(8), 2395–2406. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00091>
- Morris, C. E., Conen, F., Alex Huffman, J., Phillips, V., Pöschl, U., & Sands, D. C. (2014). Bioprecipitation: A feedback cycle linking Earth history, ecosystem dynamics and land use through biological ice nucleators in the atmosphere. *Global Change Biology*, 20(2), 341–351. <https://doi.org/10.1111/gcb.12447>
- Moudi, M., Gai, Q., Yuan, H., Guiqing, L., Basirialmahjough, M., Motamedi, A., & Galoie, M. (2023). A novel objective for improving the sustainability of water supply system regarding hydrological response. *PLoS ONE*, 18(11), e0294578. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294578>
- Murniningtyas, A. S. A. E. (2018). *Tujuan Berkelanjutan Pembangunan di Indonesia: Konsep, Target dan Strategi Implementasi*. In S. A. Nugroho (Ed.), *Forum Penelitian Agro Ekonomi* (2nd ed.). Unpad Press. Bandung.
- Oktaviani, R. (2023). *Analisis Perencanaan Saluran Irigasi Gunung Tinggi Langkat*. Universitas Medan Area. Medan.
- Panjaitan, D. (2012). Kajian Evapotranspirasi Potensial Standar pada Daerah Irigasi Muara Jalai Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4(1), 49–54.
- Parahita, F., Baskoro, D. P. T., & Darmawan, D. (2022). Analisis Daya Dukung Sumber Daya Air Untuk Meningkatkan Ketersediaan Air Di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Air*, 18(2), 97–108. <https://doi.org/10.32679/jsda.v18i2.721>
- Prastya, I. Y., & Putri, N. A. D. (2017). Pengelolaan Sumber Daya Air di Daerah Kepulauan (Studi di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau). *Jurnal Ilmu Administrasi Negara (JUAN)*, 5(2), 48–53.
- Ramadhani, E., Suprayogi, S., & Hadi, M. P. (2021). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan Menggunakan Multidata Iklim Satelit di Sub DAS Samin. *Media Komunikasi Geografi*, 22(1), 31–50. <https://doi.org/10.23887/mkg.v22i1.30589>
- Sands, D. C., Langhans, V. E., Scharen, A. L., & Smet, G. de. (1982). The association between bacteria and rain and possible resultant meteorological implications. *Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 86(2), 148–152.
- Savitri, E., & Nurhayati. (2015). Penentuan Skala Prioritas pada Rehabilitasi Jaringan Irigasi Di Kabupaten Bengkayang (Studi Kasus Daerah Irigasi Ketiat B). *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 1–23.
- Suherman, H., & Firmansyah, A. (2017). Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke. *Jurnal Konstruksi*, 8(2), 79–95. <https://doi.org/10.24853/jk.8.2.79-95>
- Taufik, D. A. R. (2024). *Buletin Klimatologi Provinsi Kepulauan Riau*. Edisi 43, 1–32.
- Tejalaksana, A., Purwandari, L., Kartikasari, R., Harwati, F., Prakoso, D. T., Tambun, J. H., C., Y. L., Sugiarti, D., Indriastuti, T., Siswanto, & Widiyatama, B. (2015). *Buku Petunjuk Teknis Penanaman Spesies Pohon Penyerap Polutan Udara* (1. Aksa Tejalaksana 2. Dian Sugiarti 3. Bayu Widiyatama (ed.)). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- UN. (2015, July). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030>
- Wang, M., Xu, X., Zheng, L., Xu, X., & Zhang, Y. (2023). Analysis of the Relationship between Economic Development and Water Resources–Ecological Management Capacity in China Based on Nighttime Lighting Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1818. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031818>
- Widiyanto, A. (2010). Hutan Sebagai Pengatur Tata Air dan Pencegah Erosi Tanah: Pengelolaan dan Tantangannya. *Albasia*, 7(1), 54–65.
- Wilnaldo, A., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2020). Perbandingan Metode Perhitungan Evapotranspirasi Potensial di Paloh Kabupaten Sambas Kalimantan Barat. *Prisma Fisika*, 8(3), 165–171. <https://doi.org/10.26418/pf.v8i3.43618>
- Wirawan, J., Idkham, M., & Chairani, S. (2013). Analisis Evapotranspirasi dengan Menggunakan Metode Thornthwaite, Blaney Criddle, Hargreaves, dan Radiasi. *Rona Teknik Pertanian: Jurnal Ilmiah dan Penerapan Keteknikan Pertanian*, 6(2), 451–457. <https://doi.org/10.17969/rtp.v6i2.20429>