

## DEBIT ANDALAN MODEL NRECA PADA DAS AYUNG MENDUKUNG PENGELOLAAN SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI

Putu Indah Dianti Putri<sup>1</sup>, I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa<sup>2</sup>, Irma Suryanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Nasional, Jl. Bedugul No.39, Denpasar

Email: indahdianti@undiknas.ac.id

**ABSTRAK:** Muara sungai Ayung kerap mengalami sedimentasi yang menyebabkan terjadinya banjir pada daerah hulu. Pemahaman yang baik tentang debit andalan sangat penting dalam pengelolaan sedimentasi di muara sungai, karena dapat membantu mengatur aliran air sungai yang optimal, mengidentifikasi debit air pada musim hujan dan kemarau, mencegah erosi dan sedimentasi berlebihan, serta mempertahankan keberlanjutan ekosistem di muara sungai. Model NRECA adalah salah satu metode yang digunakan dalam memperkirakan debit andalan dari model simulasi hujan-limpasan. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan besaran debit andalan pada DAS Ayung yang dapat digunakan dalam pengelolaan muara sungai khususnya mencegah terjadinya ketidaklancaran pembuangan debit banjir menuju laut. Ketersediaan air yang ditunjukkan dengan debit andalan pada DAS Ayung pada kondisi musim basah ( $Q_{20\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 32,09 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 7,58 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Juni. Kondisi musim kering ( $Q_{80\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 10,76 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 0,68 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Juni. Sedangkan kondisi normal ( $Q_{50\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 22,84 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 1,74 m<sup>3</sup>/dt pada bulan Agustus.

**Kata kunci:** NRECA, debit andalan, DAS Ayung, sedimentasi

### ***DEPENDABLE DISCHARGE OF THE NRECA MODEL IN THE AYUNG WATERSHED SUPPORTS SEDIMENTATION MANAGEMENT IN THE RIVER ESTUARY***

**ABSTRACT:** The estuary of the Ayung River often experiences sedimentation, which causes flooding in the upstream area. A good understanding of the mainstay discharge is essential in managing sedimentation in river mouths because it can help regulate optimal river water flow, identify water discharges during the rainy and dry seasons, prevent erosion and excessive sedimentation, and maintain the sustainability of ecosystems in river mouths. The NRECA model is one of the methods to estimate dependable discharge from a rain-runoff simulation model. This study aims to obtain a dependable discharge amount in the Ayung Watershed that can be used in managing river estuaries, mainly to prevent the occurrence of irregularities in the discharge of flood discharge to the sea. Water availability, as indicated by the reliable discharge in the Ayung Watershed during the wet season ( $Q_{20\%}$ ), obtained a maximum discharge of 32,09 m<sup>3</sup>/s occurs in January and a minimum discharge of 7,58 m<sup>3</sup>/s occurs in June. Dry season conditions ( $Q_{80\%}$ ) obtained a maximum discharge of 10,76 m<sup>3</sup>/s occurs in January and a minimum discharge of 0,68 m<sup>3</sup>/s occurs in June. Meanwhile, normal conditions ( $Q_{50\%}$ ), a maximum discharge of 22,84 m<sup>3</sup>/s occurs in January and a minimum discharge of 1,74 m<sup>3</sup>/s occurs in August.

**Keywords:** NRECA, dependable discharge, Ayung watershed, sedimentation

## PENDAHULUAN

Muara sungai merupakan bagian penting dalam siklus hidrologi dan ekosistem sungai (Deng et al., 2020). Secara geografis, muara sungai terletak di akhir aliran sungai, di mana air tawar yang mengalir dari hulu sungai bercampur dengan air laut atau air asin (Mhashhash et al., 2018). Perubahan morfologi, aliran air, dan transportasi sedimen di muara sungai memiliki implikasi penting terhadap kualitas air, ketersediaan air tawar, keberlanjutan ekosistem, dan pemanfaatan wilayah sekitarnya (Risandi et al., 2021; Xu et al., 2018). Namun, muara sungai seringkali menghadapi masalah sedimentasi yang signifikan, yang dapat mengganggu fungsi ekosistem dan pemanfaatan manusia (Anh et al., 2021; Azhikodan & Yokoyama, 2021). Sedimentasi terjadi ketika material seperti pasir, lumpur, dan kerikil yang terbawa oleh aliran sungai mengendap di muara sungai, mengubah morfologi dan karakteristik aliran air di wilayah tersebut (Karamma et al., 2020).

DAS (Daerah Aliran Sungai) Ayung, yang terletak di Pulau Bali, merupakan salah satu daerah aliran sungai yang penting. Sungai Ayung memiliki peran vital dalam mendukung kehidupan masyarakat sekitarnya, termasuk dalam sektor pertanian, pariwisata, dan pemenuhan kebutuhan air (Triadi et al., 2013). Sedimen seperti pasir, lumpur, dan kerikil yang terbawa oleh aliran sungai mengendap di muara sungai, mengubah morfologi dan mengurangi kedalaman perairan (Lanuru & Yusuf et al., 2018; Irwansyah et al., 2023). Fenomena sedimentasi dalam jangka panjang dapat menyebabkan terganggunya penyaluran debit banjir menuju laut yang dapat menyebabkan meluapnya air di daerah hulu, mengganggu ekosistem perairan, mengurangi kualitas air, dan menghambat kegiatan manusia di wilayah muara (Eryani & Yujana, 2018; Fugate & Jose, 2019; Setyani, 2020).

Untuk mengelola sedimentasi di muara sungai DAS Ayung, salah satu pendekatan atau metode adalah dengan mengidentifikasi debit andalan (*dependable discharge*). Debit

andalan adalah jumlah air yang dapat diandalkan dan memadai untuk memenuhi kebutuhan air di muara sungai serta menjaga ekosistem perairan yang seimbang (Hendrasto et al., 2018; Bagus Subrata et al., 2020). Pemahaman yang baik tentang debit andalan sangat penting dalam pengelolaan sedimentasi, karena dapat membantu mengatur aliran air sungai yang optimal, mengidentifikasi debit air pada musim hujan dan kemarau, mencegah erosi dan sedimentasi berlebihan, serta mempertahankan keberlanjutan ekosistem di muara sungai (Suryanti et al., 2022; Permana et al., 2022; Willy et al., 2020).

Dalam hal ini, model NRECA adalah salah satu metode yang digunakan untuk memperkirakan debit andalan dari model simulasi hujan-limpasan. Debit andalan yang dihasilkan dapat memberikan pertimbangan terhadap pengelolaan muara sedimentasi pada muara Sungai Ayung. Model NRECA cukup banyak digunakan di daerah dengan curah hujan rendah, seperti Indonesia bagian timur (Permana & Nawawi, 2022; Suryadi et al., 2020). Penelitian mengenai perhitungan debit andalan dan penentuan parameter model NRECA pernah dilakukan di DAS Temef NTT (Krisnayanti et al., 2022), DAS Welang Jawa Timur (Anindya et al., 2022), DAS Bagong Jawa Timur (Saputri & Saves, 2023), DAS Citarum Jawa Barat (Hatmoko et al., 2020). Perhitungan besaran debit andalan DAS Ayung telah dilakukan sebelumnya menggunakan model FJ. Mock (Triadi et al., 2013).

Meskipun Metode NRECA telah digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya untuk mengkaji ketersediaan atau potensi air pada DAS Ayung, kajian terkait dengan pengelolaan sedimentasi pada muara sungai masih terbatas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran debit andalan pada DAS Ayung yang dapat digunakan dalam pengelolaan muara sungai khususnya mencegah terjadinya ketidaklancaran pembuangan debit banjir menuju laut.

## METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ayung. Sungai Ayung yang bermuara di Selat Badung termasuk ke dalam sungai tipe perenial, yaitu sungai yang memiliki debit aliran dasar (*baseflow*) sepanjang tahun sehingga dapat mengalirkan debit pada saat musim hujan dan musim kemarau. Daerah Aliran Sungai Ayung merupakan daerah aliran sungai terluas dan panjang sungai terpanjang di Pulau Bali. Luas daerah aliran sungai 300,84 km<sup>2</sup> dan panjang sungai utama yaitu 69,36 km.

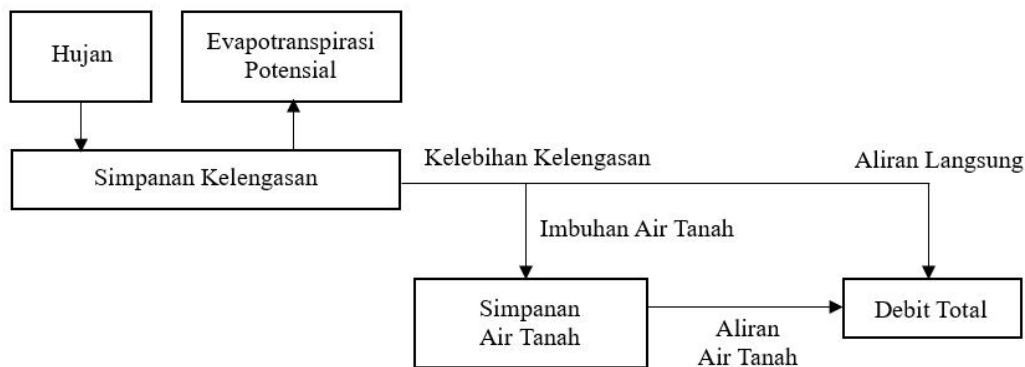
**Pengumpulan Data**

Data yang digunakan adalah data sekunder. Jenis dan sumber data meliputi: 1) data curah hujan harian selama 10 tahun (2009-2018) pada Stasiun Bedugul, Pengotan, Tegalalang, Mambal, dan Sanglah yang diperoleh dari BWS Bali Penida; 2) data meteorologi selama 10 tahun (2009-2018) pada Stasiun Penatih yang berlokasi di Denpasar Timur Bali meliputi temperatur (suhu) udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari yang diperoleh dari BWS Bali Penida; 3) data

pengukuran debit harian pada pos Bendung Oongan (2009-2018) yang diperoleh dari BBWS Bali Penida; 4) peta DAS Ayung yang diperoleh dari BWS Bali Penida.

**Model Hujan-Limpasan Metode NRECA**

Metode *Natural Rural Electrical Cooperation Agency* (NRECA) digunakan sebagai model pengalihragaman hujan menjadi limpasan (Ramadhani, 2017) . Struktur model NRECA membagi aliran bulanan menjadi dua simpanan yaitu simpanan kelengasan tanah (*soil moisture storage*) dan simpanan air tanah (*ground water storage*) (Gampo et al., 2023) . Perubahan simpanan yang dihasilkan adalah selisih antara simpanan akhir dan awal. Simpanan kelengasan tanah dipengaruhi oleh besarnya curah hujan dan penguapan (evapotranspirasi), kelebihan kelengasan kemudian menjadi aliran langsung dan imbuhan atau resapan air tanah. Sementara simpanan air tanah dipengaruhi oleh aliran air tanah yang keluar dan imbuhan air tanah yang masuk. Skema model hujan-limpasan digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema model hujan-limpasan metode NRECA

Parameter penentu model hujan-limpasan metode NRECA meliputi 1) indeks kapasitas simpanan kelengasan tanah (Nominal); 2) PSUB (Persentase *run off*) merupakan persentase limpasan yang meninggalkan daerah aliran sungai melalui limpasan permukaan; 3) GWF (*Ground Water Flow*) merupakan persentase simpanan air tanah yang dapat mengalir ke sungai menjadi aliran dasar; 4) SMS (*Soil Moisture Storage*) merupakan simpanan kelengasan tanah yang ditentukan dari selisih simpanan akhir dan simpanan awal; 5) GWS (*Ground Water Storage*) merupakan simpanan air tanah (Hidayat et al., 2021), Nurviana et al., 2022,

Trilita et al., 2021 , Widyaningsih et al., 2021).

**Pendugaan Evapotranspirasi Metode Penman-Monteith**

Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan metode Penman-Monteith merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan jumlah air yang hilang melalui penguapan (evaporasi) dari permukaan tanah dan transpirasi tanaman di bawah kondisi ideal (Abeywardana et al., 2022) . Metode ini merupakan pengembangan dari metode Penman yang dipadukan dengan tahanan aerodinamik dan

permukaan tajuk tanaman. Metode ini dapat memberikan perkiraan besaran potensi evapotranspirasi potensial pada area yang luas dan memiliki data yang lebih lengkap. Metode Penman-Monteith mempertimbangkan berbagai faktor meteorologis yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari (Ariyanto et al., 2019).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34 U_2)} \quad (1)$$

$ET_0$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

$R_n$  = radiasi gelombang matahari netto (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$T$  = temperatur (suhu) udara rata-rata (°C)

$U_2$  = kecepatan angin di ketinggian 2m (m/s)

$e_s$  = tekanan uap jenuh (kPa)

$e_a$  = tekanan uap aktual (kPa)

$\Delta$  = kemiringan kurva tekanan uap air (kPa/°C)

$\gamma$  = konstanta psikrometrik (kPa/°C)

### Debit Andalan

Debit andalan adalah debit sungai yang diperkirakan tersedia sepanjang tahun pada suatu DAS. Debit andalan digunakan untuk keperluan tertentu meliputi kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku, industri, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan kebutuhan pemeliharaan sungai. Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai peluang atau probabilitas kejadian menurut persamaan Weibull dimana data debit diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil sebagai berikut (Saputri & Saves, 2023; Permana et al., 2022):

$$P(\%) = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \quad (2)$$

$P$  = nilai peluang atau probabilitas (%)

$m$  = nomor urut dari data debit

$n$  = jumlah data debit

### Analisis Kesesuaian Metode

Kalibrasi dilakukan terhadap model dalam analisis kesesuaian metode. Kalibrasi model hujan-limasan dilakukan dengan menentukan kombinasi antara parameter-parameter terkait. Analisis dilakukan dengan membandingkan dan melihat kesesuaian hasil debit model NRECA dengan debit

hasil pengukuran (AWLR). Pengujian yang dilakukan meliputi:

### Uji Efisiensi Nash-Sutcliffe (NSE)

Uji efisiensi Nash-Sutcliffe (NSE) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur sejauh mana debit hasil model NRECA cocok dengan data debit pengukuran. Uji ini memberikan informasi tentang kualitas kesesuaian antara data pengukuran dengan data yang dihasilkan oleh model. NSE menghasilkan skor efisiensi antara  $-\infty$  hingga 1, di mana nilai 1 menunjukkan kesesuaian sempurna antara data pengamatan dan prediksi model, sedangkan nilai lebih rendah mengindikasikan tingkat ketidaksesuaian yang lebih besar (Widyaningsih et al., 2021; Indah et al., 2022).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_m)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (3)$$

$NSE$  = koefisien Nash-Sutcliffe

$n$  = jumlah data debit

$Q_m$  = nilai debit hasil model (m<sup>3</sup>/dt)

$Q_{obs}$  = nilai debit pengukuran (m<sup>3</sup>/dt)

$\bar{Q}_{obs}$  = rata-rata nilai debit pengukuran (m<sup>3</sup>/dt)

### Koefisien korelasi

Koefisien korelasi adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur sejauh mana hubungan linier antara debit hasil model NRECA dengan data debit pengukuran. Dalam konteks membandingkan hasil pengukuran dengan hasil model, koefisien korelasi dapat digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik hasil model cocok dengan data pengukuran dan sejauh mana model dapat memprediksi dengan akurat. Bentuk persamaan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi Pearson (Anindya et al., 2022; Masruroh et al., 2022) yaitu:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (4)$$

$r$  = koefisien korelasi Pearson

$x$  = rata-rata dari debit hasil model

$y$  = rata-rata dari debit pengukuran

$n$  = jumlah data debit

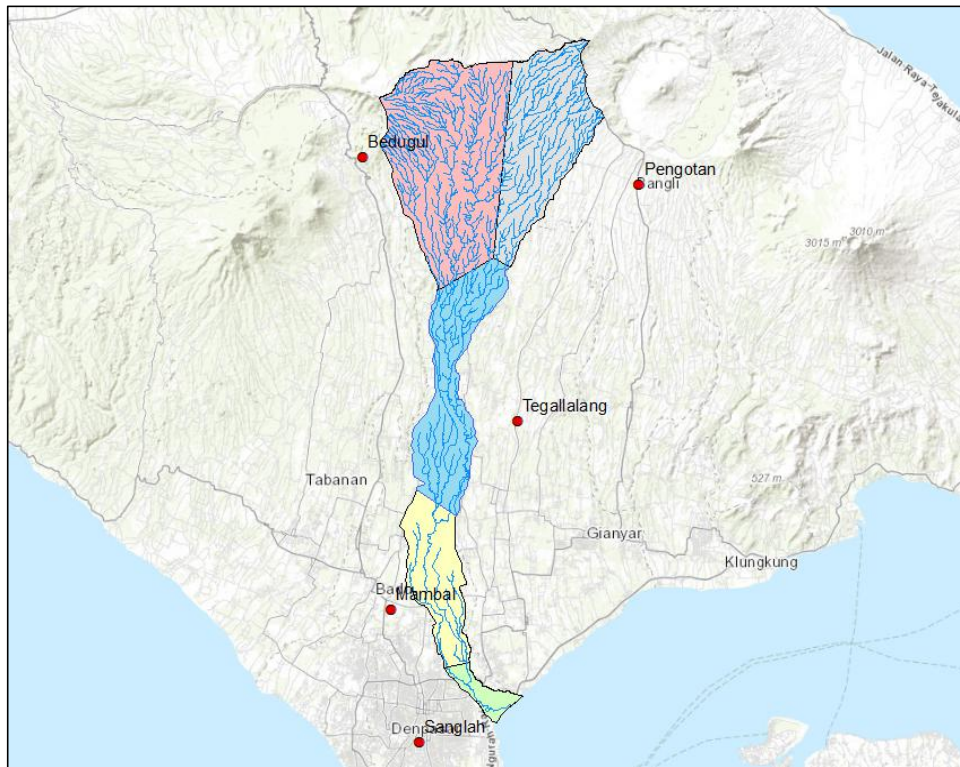
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Curah Hujan Kawasan

Analisis hujan kawasan (rata-rata) menggunakan metode Poligon Thiessen. Metode ini digunakan dalam memperkirakan bobot setiap stasiun yang mewakili area luasan di sekitarnya. Metode ini dipilih untuk mengimbangi tidak meratanya penyebaran besaran curah hujan di daerah yang ditinjau. Metode ini dilakukan dengan cara menghubungkan setiap stasiun hujan dengan garis lurus membentuk segitiga. Sisi setiap poligon adalah batas daerah yang diharapkan dipengaruhi oleh hujan untuk stasiun tersebut. Gambar poligon thiessen dan luas pengaruh pada masing-masing stasiun hujan ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Pengaruh hujan pada DAS Ayung

Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km <sup>2</sup> )	Bobot Thiessen (%)
Bedugul	119,08	39,27
Pengotan	74,72	24,64
Tegallalang	61,00	20,12
Mambal	39,74	13,10
Sanglah	8,72	2,88
Jumlah	303,26	100,00



Gambar 2. Peta poligon thiessen DAS Ayung

Stasiun hujan yang paling memberikan pengaruh pada DAS Ayung adalah stasiun hujan Bedugul yang memiliki luas pengaruh sebesar 119,08 km<sup>2</sup> atau 39,27%. Stasiun hujan yang berpengaruh nomor dua yaitu Stasiun Pengotan yang memiliki luas pengaruh sebesar 74,72 km<sup>2</sup> atau 24,64%. Sisanya dipengaruhi oleh Stasiun Tegallalang sebesar 20,12%, Stasiun Mambal sebesar 13,10% dan Stasiun Sanglah 2,88%.

**Evapotranspirasi Potensial**

Evapotranspirasi potensial (ET<sub>p</sub>) adalah keadaan di saat penguapan dari suatu permukaan pada setiap kompleks perubahan air menjadi uap air dalam keadaan jenuh akan uap air atau kelembaban mencapai nilai 100%. Analisis evapotranspirasi potensial menggunakan data klimatologi antara lain: 1) suhu udara (°C), 2) kelembaban udara (%), 3) kecepatan angin (km/jam), dan 4) lama penyinaran matahari (jam). Data meteorologi yang digunakan merupakan rata-rata bulanan selama 10 tahun (2009-2018) pada Stasiun Penatih. Metode yang digunakan yaitu metode Penman-Monteith.

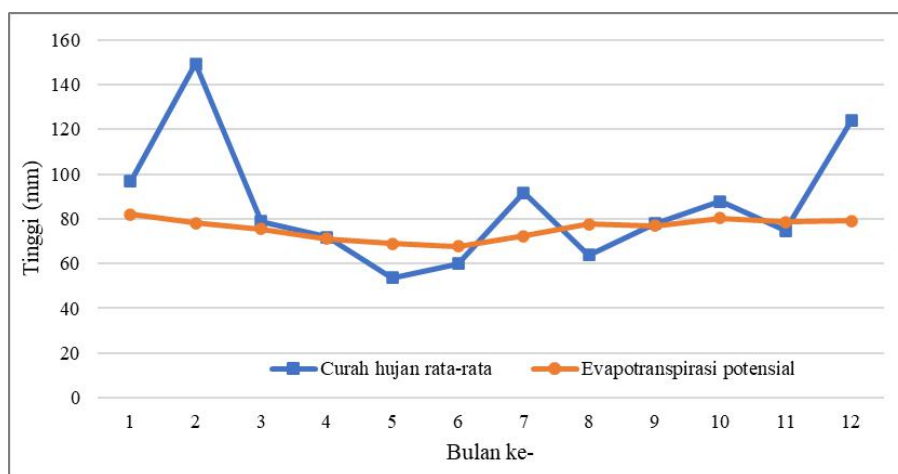
Berikut adalah perhitungan evapotranspirasi potensial metode Penman-Montetith dan rekapitulasi data klimatologi yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan evapotranspirasi potensial

Bulan	Data Klimatologi Rata-rata Bulanan				Evapotranspirasi Potensial (mm/bulan)
	Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Kecepatan angin (km/jam)	Penyinaran matahari (jam)	
Januari	27,71	81,84	15,00	5,04	82,10
Februari	27,55	82,42	11,89	5,98	78,22
Maret	27,74	81,50	9,57	6,65	75,52
April	27,77	81,96	9,24	7,30	71,00
Mei	27,45	82,13	11,40	7,43	68,79
Juni	26,84	81,47	13,13	6,02	67,77
Juli	26,25	80,00	14,20	7,27	72,35
Agustus	26,07	79,00	14,42	7,34	77,68
September	26,48	80,14	11,39	7,81	76,83
Oktober	27,58	80,02	10,23	7,92	80,21
November	28,22	80,53	8,71	6,79	78,52
Desember	27,96	81,83	11,89	4,99	79,00

Dari tabel dapat dilihat bahwa temperatur udara rata-rata DAS Ayung berkisar antara 26,07 °C – 28,22 °C, dimana suhu rendah terjadi antara bulan Juni – September dan tertinggi pada bulan November. Kelembaban udara terendah terjadi di bulan Agustus dan kelembaban tertinggi terjadi di bulan Februari. Besar kecepatan angin rata-rata tertinggi pada bulan Januari yaitu sebesar 15,00 km/jam. Penyinaran matahari tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 7,92 jam.

Dari perhitungan didapatkan besaran nilai evapotranspirasi potensial untuk masing-masing bulan dalam satuan mm. Evapotranspirasi potensial tertinggi terjadi di bulan Januari sebesar 82,10 mm/bulan dan yang terendah di bulan Juni sebesar 67,77 mm/bulan. Grafik perbandingan antara evapotranspirasi potensial dengan curah hujan rata-rata masing-masing bulannya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan curah hujan rata-rata dan evapotranspirasi potensial

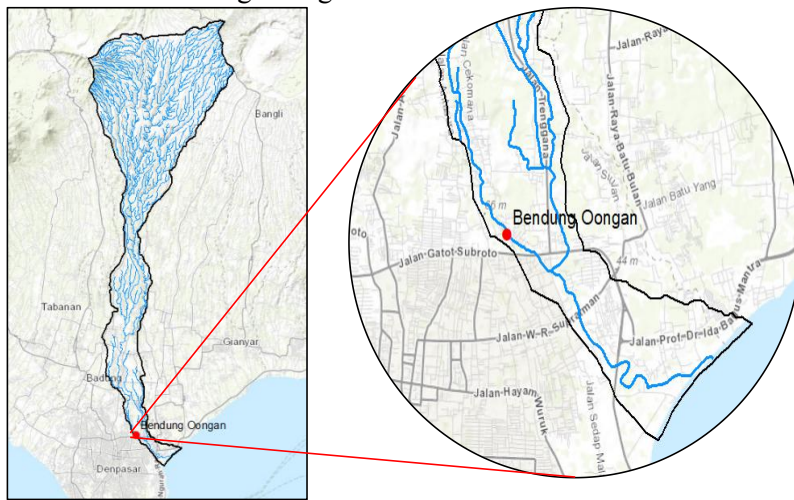
**Kalibrasi Debit Hasil Model NRECA**  
Model hujan-limpasan dianalisis menggunakan metode NRECA. Struktur

model NRECA menghasilkan aliran bulanan yang terbagi dalam dua limpasan yaitu limpasan langsung dan limpasan aliran dasar.

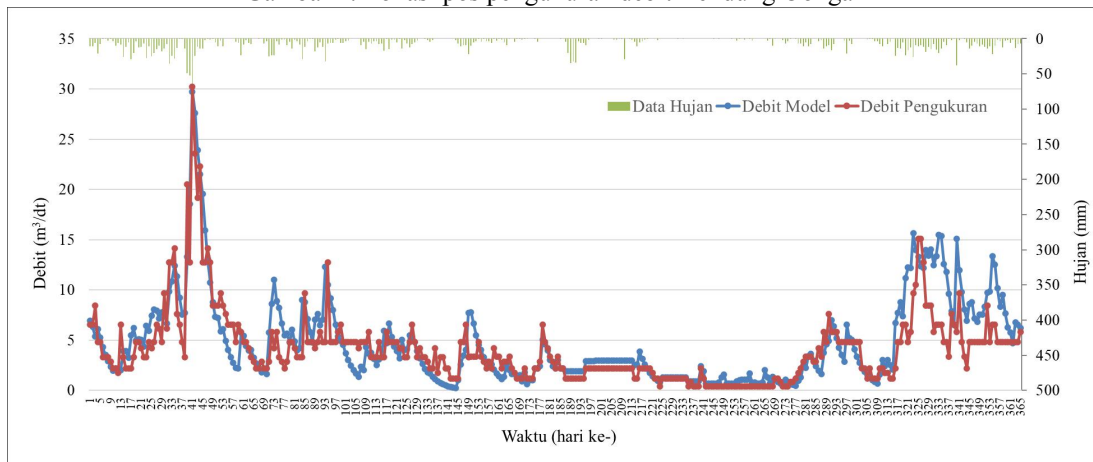
Simpanan terbagi dua yaitu simpanan kelengasan tanah (*soil moisture storage*) dan simpanan air tanah (*ground water storage*). Kalibrasi parameter NRECA dilakukan untuk menemukan parameter yang paling cocok agar hasil perhitungan mendekati pengukuran atau pengamatan di lapangan. Masukan (*input*) utama ke dalam model merupakan data curah hujan dan debit pengukuran, maka tahun kalibrasi yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan data debit pengukuran.

yang terletak di DAS Ayung seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4. Kalibrasi model perhitungan NRECA menggunakan data bangkitan hujan dengan data pengukuran debit pengukuran dilakukan dalam waktu satu tahun yaitu tahun 2017. Selanjutnya setelah mendapatkan nilai parameter kalibrasi yang sesuai, dilakukan perhitungan debit limpasan untuk 10 tahun (2009-2018). Berikut adalah grafik perbandingan debit hasil pengukuran dengan debit prediksi model NRECA di pos pengukuran debit Bendung Oongan yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Data debit pengukuran dalam penelitian ini tersedia pada Pos Debit Bendung Oongan



Gambar 4. Lokasi pos pengukuran debit Bendung Oongan



Gambar 5. Perbandingan debit hasil pengukuran dengan debit prediksi model NRECA

**Penentuan Parameter Model Hujan-Limpasan NRECA**

Parameter penting yang berpengaruh pada model hujan-limpasan tersebut antara lain: 1) indeks kapasitas simpanan kelengasan tanah (Nominal); 2) PSUB (Persentase *run off*) merupakan persentase limpasan yang meninggalkan daerah aliran sungai melalui

limpasan permukaan; 3) GWF (*Ground Water Flow*) merupakan persentase simpanan air tanah yang dapat mengalir ke sungai menjadi aliran dasar; 4) SMS (*Soil Moisture Storage*) merupakan simpanan kelengasan tanah yang ditentukan dari selisih simpanan akhir dan simpanan awal; 5) GWS (*Ground Water Storage*) merupakan

simpanan air tanah. Parameter kalibrasi model NRECA yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 3.

Parameter kalibrasi PSUB (persentase *run off*) didapatkan nilai sebesar 0,90. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah permukaan memiliki daerah dengan akuifer permeabilitas yang besar sehingga tanah lulus air. Sedangkan untuk parameter kalibrasi GWF (koefisien karakteristik air tanah) didapatkan nilai sebesar 0,20. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa karakteristik daerah yang memiliki aliran menerus yang dapat diandalkan. Nilai GWF yang rendah menunjukkan bahwa aliran dasar yang berasal dari tampungan air tanah secara perlahan dapat keluar, sehingga volume simpanan secara bertahap berkurang.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan model NRECA dengan debit pengukuran tahun 2017, analisis kesesuaian metode didapatkan yaitu 1) NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*) sebesar 0,74 (kategori memenuhi) dan 2) koefisien korelasi sebesar 0,84 (korelasi sangat kuat). Dari hasil analisis kesesuaian metode tersebut, hasil kalibrasi

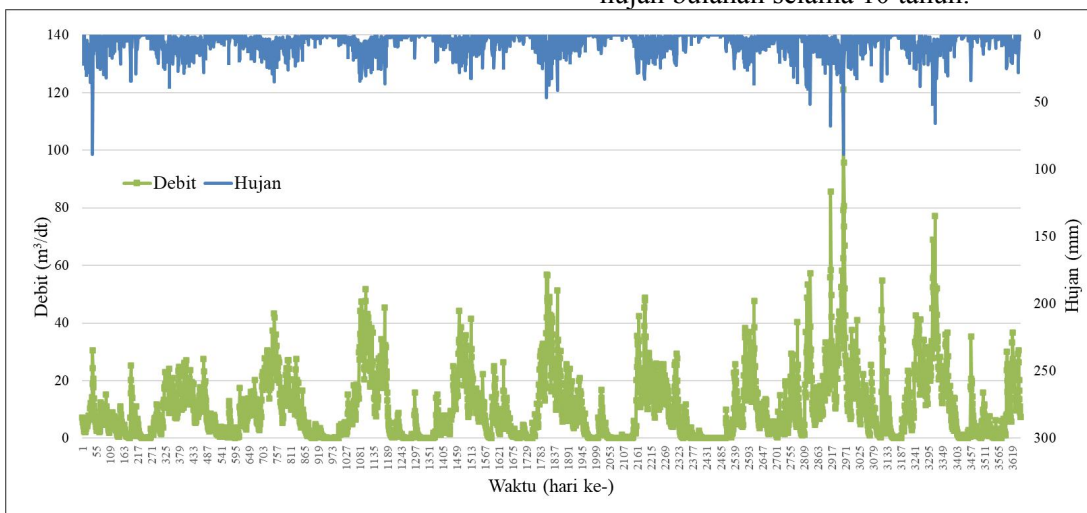
dapat digunakan untuk memodelkan hujan-limpasan dalam periode 10 tahun (2009-2018).

Tabel 3. Parameter kalibrasi model NRECA

	Parameter	Nilai
Nominal	Indeks kapasitas tampungan kelengasan	2.114,60
	PSUB	
PSUB	Persentase aliran permukaan yang masuk ke simpanan air tanah	0,90
GWF	Persentase aliran yang berasal dari air tanah	0,20
SMS	Selisih simpanan akhir dan simpanan awal	1.000
GWS	Simpanan air tanah	10
kc	Koefisien tanaman	0,60

**Model Hujan-Limpasan Metode NRECA**

Berbagai parameter yang dihasilkan dari kalibrasi model NRECA tersebut selanjutnya digunakan untuk memodelkan hujan-limpasan dalam periode 10 tahun (2009-2018) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Perhitungan model pengalih-ragaman hujan menjadi limpasan dengan metode NRECA menghasilkan model debit bulanan. Pola debit model NRECA yang didapatkan cukup sesuai dengan pola curah hujan bulanan selama 10 tahun.



Gambar 6. Model hujan-limpasan NRECA Das Ayung 2009-2018

**Debit Andalan Metode NRECA**

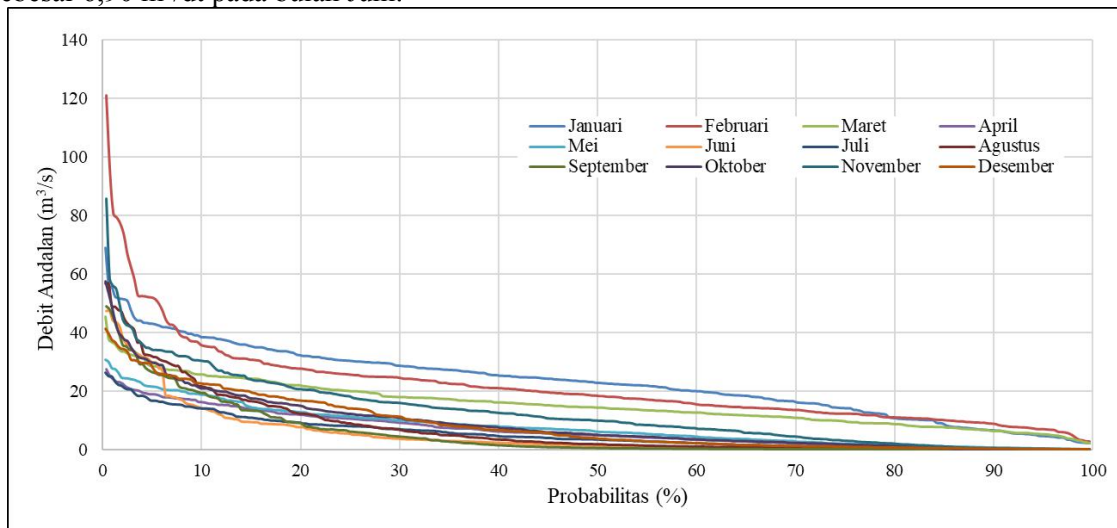
Debit yang didapatkan dari hasil model hujan-limpasan metode NRECA dibuatkan kurva durasi debit atau *Flow Duration Curve* (FDC) yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara debit ( $m^3/dt$ ) dan probabilitas (%). Perhitungan *Flow Duration Curve* menggunakan persamaan Weibull, dimana debit diurutkan mulai yang terbesar

sampai yang terkecil, kemudian dilakukan perhitungan tingkat keandalan debit yang dapat terjadi sehingga didapatkan peluang atau probabilitas kejadian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. *Flow Duration Curve* menunjukkan variasi ketersediaan debit air dalam periode waktu satu tahun (Januari s.d Desember). *Flow Duration Curve* disajikan pada Gambar 7.

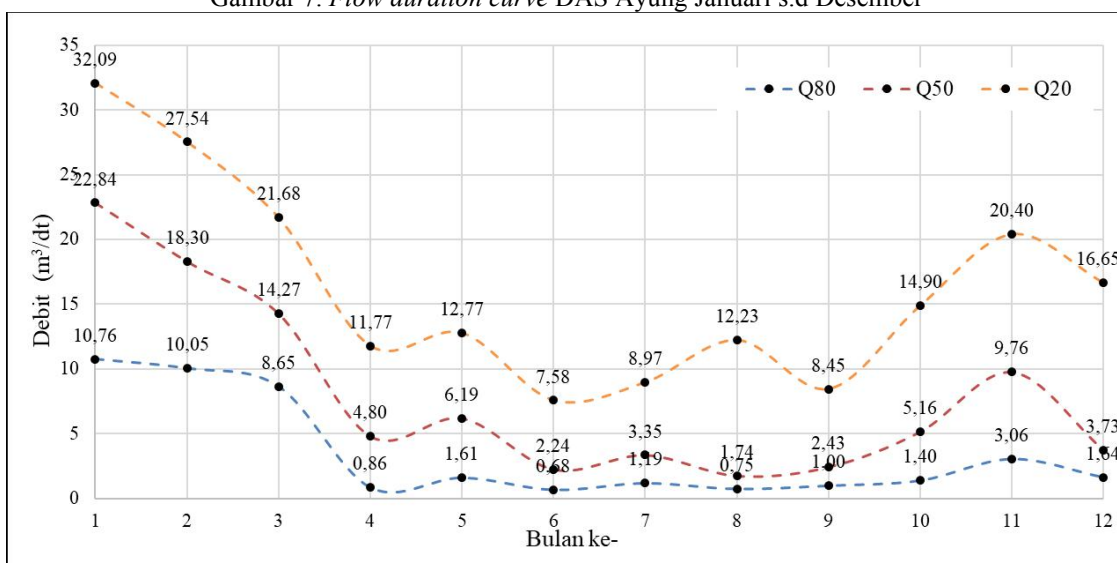


Berdasarkan *flow duration curve* tersebut, selanjutnya dapat ditentukan debit andalan dengan variasi probabilitas diantaranya 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% dan 90%. Debit andalan terbagi dalam tiga kondisi meliputi kondisi musim basah ( $Q_{20\%}$ ), kondisi musim kering ( $Q_{80\%}$ ) dan kondisi normal ( $Q_{50\%}$ ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Probabilitas debit andalan bulan Januari sampai dengan Desember ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil analisis menunjukkan bahwa trend debit di DAS Ayung tidak fluktuatif, dimana selisih besaran debit kondisi basah dan kondisi kering paling besar mencapai 21,32  $m^3/dt$  pada bulan Januari dan selisih paling kecil sebesar 6,90  $m^3/dt$  pada bulan Juni.

Ketersediaan air yang ditunjukkan dengan debit andalan pada DAS Ayung pada kondisi musim basah ( $Q_{20\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 32,09  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 7,58  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Juni. kondisi musim kering ( $Q_{80\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 10,76  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 0,68  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Juni. Sedangkan kondisi normal ( $Q_{50\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar 22,84  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 1,74  $m^3/dt$  terjadi pada bulan Agustus.



Gambar 7. *Flow duration curve* DAS Ayung Januari s.d Desember



Gambar 8. Debit andalan  $Q_{20\%}$ ,  $Q_{50\%}$  dan  $Q_{80\%}$  metode NRECA DAS Ayung

Tabel 4. Probabilitas debit andalan Januari s.d Desember

Prob. (%)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
10	38,44	35,35	25,54	16,03	18,78	13,93	14,06	21,40	19,19	20,94	30,01	22,43
20	32,09	27,54	21,68	11,77	12,77	7,58	8,97	12,23	8,45	14,90	20,40	16,65
30	28,63	24,36	17,87	9,06	9,97	3,55	6,88	6,60	4,31	10,87	15,70	11,13
40	25,31	20,92	16,05	6,09	7,99	2,23	4,50	3,34	1,36	7,54	12,37	6,59
50	22,84	18,30	14,27	4,80	6,19	2,24	3,35	1,74	2,43	5,16	9,76	3,73
60	19,99	15,43	12,57	3,26	4,53	0,59	2,06	0,94	0,17	3,68	7,04	2,11
70	16,41	13,48	10,80	2,01	2,98	0,30	0,97	0,40	0,05	2,42	4,35	1,18
80	10,76	10,05	8,65	0,86	1,61	0,68	1,19	0,75	1,00	1,40	3,06	1,64
90	6,62	8,81	6,31	0,18	0,87	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,34	0,24

**Pengelolaan Sedimentasi Muara Sungai Ayung**

Analisis debit andalan yang telah dilakukan dapat memberikan informasi terkait besaran debit pada kondisi musim basah, kondisi musim kering dan kondisi normal. Berdasarkan hasil analisis debit andalan didapatkan kondisi musim basah terjadi pada bulan Desember s.d Maret (selama 4 bulan) dan kondisi musim kering terjadi pada bulan

April s.d November (selama 8 bulan). Penentuan kondisi musim tersebut berdasarkan debit kondisi normal sepanjang tahun atau selama 12 bulan. Kondisi pada musim basah ditetapkan dimana rata-rata debitnya berada di atas rata-rata debit kondisi normal dan sebaliknya, kondisi pada musim kering ditetapkan dimana rata-rata debitnya berada di bawah rata-rata debit kondisi normal.



Gambar 9. Sedimentasi pada muara sungai Ayung

Sedimentasi yang terjadi pada muara sungai Ayung terdokumentasikan pada citra satelit google earth pada berbagai waktu kondisi musim yang berbeda. Pada data bulan Oktober 2014, Agustus 2019 dan Mei 2023, dimana pada kondisi tersebut terdapat persamaan yaitu kondisi musim kering (April s.d November), secara visual terlihat adanya penumpukan sedimen pada mulut

muara sungai yang dapat mengurangi luas penampang basahnya. Kondisi musim kering yang membawa aliran air sungai menuju laut dengan debit kecil akan menyebabkan adanya penumpukan sedimen pada mulut muara sungai, dikarenakan volume aliran sungai belum mampu menggelontorkan sedimen menuju laut sehingga tertahan pada mulut sungai. Pada data bulan Desember

2021, kondisi tersebut termasuk dalam kondisi musim basah, penumpukan sedimen pada muara sungai yang terjadi tidak terlalu besar. Hal tersebut disebabkan debit aliran sungai menuju laut cukup besar sehingga mampu menggelontorkan sedimen yang tertahan pada mulut sungai.

Sedimentasi di muara sungai, jika tidak dikelola dan ditangani dengan baik menyebabkan ketidaklancaran debit banjir dari sungai menuju ke laut serta menjadi penyebab banjir di daerah hulunya. Debit andalan menjadi salah satu parameter yang berpengaruh pada proses sedimentasi di muara sungai Ayung. Parameter lain yang juga dapat berpengaruh diantaranya pasang surut air laut, arus, gelombang dan angkutan sedimen menyusur pantai. Penelitian ini dapat menjadi input dalam menganalisis kejadian sedimentasi yang lebih komprehensif dimana memperhitungkan parameter-parameter terkait lainnya salah satunya bentuk pemodelan numerik hidrodinamika dan transpor sedimen.

#### SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan besaran debit andalan pada kondisi musim basah, kondisi musim kering dan kondisi normal dapat menjadi salah satu parameter dalam perhitungan dan pemodelan numerik hidrodinamika dan transpor sedimen pada muara sungai Ayung sebagai bentuk langkah awal dalam pengelolaan sedimentasi muara sungai. Ketersediaan air yang ditunjukkan dengan debit andalan pada DAS Ayung pada kondisi musim basah ( $Q_{20\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar  $32,09 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar  $7,58 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Juni. Kondisi musim kering ( $Q_{80\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar  $10,76 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar  $0,68 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Juni. Sedangkan kondisi normal ( $Q_{50\%}$ ) didapatkan debit maksimum sebesar  $22,84 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar  $1,74 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada bulan Agustus.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai (BWS) Bali Penida yang telah menyediakan data yang diperlukan untuk penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abeysiriwardana, H.D., Muttill, N., dan Rathnayake, U. 2022. A Comparative Study of Potential Evapotranspiration Estimation by Three Methods with FAO Penman–Monteith Method Across Sri Lanka. *Hydrology*, 9(11).
- Anh, V. T., Trung, P. B., Nguyen, K.A., Liou, Y.A., dan Phan, M. T. 2021. Human Impacts on Estuarine Erosion-Deposition in Southern Central Vietnam: Observation and Hydrodynamic Simulation. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15).
- Anindya, D. P., Suhartono, E., dan Fidari, J. S. 2022. Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit dengan FJ. Mock dan NRECA di DAS Welang Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2). p. 286-299.
- Ariyanto, D.P., Komariah, Sumani, dan Setiawan, I. 2019. Actual Evapotranspiration Model Based on The Irrigation Volume of The Maize Fields on Alfisols. *Sains Tanah*, 16(1). p. 24–35.
- Azhikodan, G. dan Yokoyama, K. 2021. Erosion and Sedimentation Pattern of Fine Sediments and Its Physical Characteristics in a Macrotidal Estuary. *Science of the Total Environment*, 753.
- Deng, J., Yao, Q., dan Wu, J. 2020. Estuarine Morphology and Depositional Processes in Front of Lateral River-Dominated Outlets in a Tide-Dominated Estuary: A Case Study of the Lingding Bay, South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 196.
- Eryani, I. G. A. P. dan Yujana, C. A. 2018. Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Daya Air di Muara Sungai Ayung Provinsi Bali Berbasis Kearifan Lokal. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 12 Batam*.
- Fugate, D. dan Jose, F. 2019. Forces in an Estuary Tides, Freshwater, and Friction. *Oceanography*, 32(1). p. 231–236.

- Gampo, E., Soeryamassoeka, S. dan Kartini. 2023. The Use of Tropical Rainfall Measuring Mission Rainfall Data as Input Data for Water Availability Analysis with Rainfall-Runoff Models in the Melawi Sub-Basin. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2). p. 2621–8428.
- Hatmoko, W., Levina, dan Diaz, B. 2020. Comparison of Rainfall-Runoff Models for Climate Change Projection-Case Study of Citarum River Basin, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 423. 1.
- Hendrasto, F., Hutasoit, L. M., Kusuma, M. S. B. dan Sapiie, B. 2018. Penerapan Model NRECA Pada Daerah Resapan Lapangan Panasbumi Wayang Windu, Jawa Barat. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 28(1). p. 61-74.
- Hidayat, D. P. A., Darsono, S. L. W. dan Farid, M. 2021. Modelling of Potential Recharge Zone Using Geographical Information System Based on Indonesia Regulation and Water Balance Model. *International Journal of Geomate*, 20(79). p.147–154.
- Irwansyah, Isma, F., Isma, M. F., Sufahani, S. F. dan Akbar, H. 2023. Effect of Stream River and Tidal on The Suspended Sediment Concentration of Kuala Langsa Estuary, Aceh, Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesia Journal of Marine Sciences*, 4(2). p. 69–79.
- Karamma, R., Pallu, M. S., Thaha, M. A., dan Hatta, M. P. 2020. Hydrodynamic Condition of Tides and Wave Diffraction in the Estuary of Jeneberang River. *Intek: Jurnal Penelitian*, 7(1). p. 32-38.
- Krisnayanti, D.S., Chandra, C., Udiana, I. M., Bunganaen, W., dan Damayanti, A.C. 2022. Penentuan Parameter Model NRECA Untuk Debit Pada DAS Temef. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), p. 145-152.
- Lanuru, M. dan Yusuf, S. 2018. Bed Sediment Distribution in The River Estuary and Coastal Sea of Malili (South Sulawesi, Indonesia). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 4(2). p. 59-62.
- Masruroh, S., Suhartanto, E., dan Harisuseno, D. 2022. Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit Dengan FJ. Mock Dan NRECA di Sub DAS Amprong Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2). p. 314-325.
- Mhashhash, A., Bockelmann-Evans, B. dan Pan, S. 2018. Effect of Hydrodynamics Factors on Sediment Flocculation Processes in Estuaries. *Journal of Soils and Sediments*, 18(10). p. 3094–3103.
- Nurviana, S. C. K., Suhartono, E. dan Harisuseno, D. 2022. Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit dengan FJ. Mock dan NRECA di DAS Ganding Kabupaten Magetan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(1). p. 22-34.
- Permana, S. dan Nawawi, I. M. 2022. Kalibrasi Model Aliran di DAS Ciwulan-Sukaraja Diterapkan pada Daerah Aliran Sungai Cimawate Tasikmalaya. *Jurnal Konstruksi*, 20(2). p. 259-270.
- Permana, S. dan Susetyaningsih, A. 2022. Model NRECA Untuk Prediksi Ketersediaan Air di Daerah Irigasi Citanduy Kota Tasikmalaya. *Teras Jurnal*, 12(1). p. 154-164.
- Putri, P. I. D., Suputra, P.A. dan Nuraga, I. K. 2022. Study of Irrigation Performance Index in Saba Irrigation Area. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering*, 1(1). p. 15–26.
- Ramadhani, F. 2017. Dependable Flow and Flood Control Performance of Logung Dam, Central Java Province, Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 3(2). p. 73-81.
- Risandi, J., Pranowo, W. S., Kuswardani, A. R. T. D., Husrin, S., Solihuddin, T. dan Akhwady, R. 2021. Wave Driven Setup Across the North Coast Region of West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 925. 1.
- Saputri, E. G. F. R., dan Saves, F. 2023. Analisis Debit Andalan Metode NRECA Untuk Kebutuhan Air Irigasi dan Neraca Air Waduk Bagong Trenggalek. *Jurnal Sondir*, 7(1). p. 50–61.

- Setyani, F. D. 2020. Sediment Transport Study in Estuary of Weriagar River, Kabupaten Teluk Bintuni, West Papua. *Jurnal Teknologia*, 3(1). p. 63-71.
- Subrata, I. B., Hartana, dan Setiawan, E. 2020. Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Model Rain Run NRECA dan Tanki di DAS Babak. *Jurnal Teknik Pengairan*, 11(2). p. 73–82.
- Suryadi, C., Putri, M. M., Georgen, R. J. 2020. Analisis Perbandingan Temporal Debit Andalan Maksimum dan Minimum (Studi Kasus: Das Cikapundung). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1). p. 11-16.
- Suryanti, I., Putri, P. I. D. dan Jayantari, M. W. 2022. Penilaian Kinerja dan Penyusunan AKNOP Embung di Provinsi Bali. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 5(1). p. 1-9.
- Triadi, I. N. S., Mudhina, M. dan Handayani, K. W. 2013. Pengelolaan Sumber Daya Air Tukad Ayung Sebagai Upaya Ketersediaan Air. *Jurnal Logic*, 13(2). p. 114-120.
- Trilita, M. N., Suryandari, W. dan Handajani, N. 2021. Water Availability Study Using NRECA Model (Embung Sei Fatimah North Kalimantan Case Study). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1125(1).
- Widyaningsih, K. W., Harisuseno, D. dan Soetopo, W. 2021. Perbandingan Metode FJ. Mock dan NRECA Untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit Pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1). p. 52-62.
- Willy, Riyanto, B. A., Yudianto, D. dan Wicaksono, A. 2020. Application of TRMM Data to The Analysis of Water Availability and Flood Discharge in Duriangkang Dam. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 6(1). p. 79-88.
- Xu, Z., Ma, J., Wang, H., Hu, Y., Yang, G. dan Deng, W. 2018. River Discharge and Saltwater Intrusion Level Study of Yangtze River Estuary, China. *Water (Switzerland)*, 10(6).