



PENDEKATAN SUPPLY-DEMAND UNTUK IDENTIFIKASI INDEKS KEKRITISAN AIR DI PULAU JAWA, INDONESIA

SUPPLY-DEMAND APPROACHES FOR WATER SCARCITY INDEX IDENTIFICATION IN JAVA ISLAND, INDONESIA

I Putu Santikayasa¹, Dimas Okhy Wiranta²

^{1,2}Departemen Geofisika dan Meteorologi (GFM), Fakultas Matematika dan IPA, IPB University
Jalan Meranti Wing 19 Level 4 Gedung FMIPA Kampus IPB, Babakan, Kec. Dramaga, Bogor, Jawa Barat,
Indonesia

*Correspondence email: ipsantika@apps.ipb.ac.id

Diterima: 17 Agustus 2021; Direvisi: 17 Desember 2021; Disetujui: 18 April 2022

ABSTRACT

Water supply and demand are the most discussed issue in the world including in Indonesia. Java with the largest population and center for industrial and agricultural activities in Indonesia faces problems in water availability and water demand. This condition illustrates the potential of Java to experience water scarcity. This study analyzes water status in Java using the water balance approach and Water Scarcity Index. The analysis was carried out to evaluate changes in the annual water balance during a period of the 10-year average (1981-1990, 1991-2000, and 2001-2010). The rainfall data from CHIRPS and air temperature from CRU were used to calculate water availability. Water demand is calculated for the domestic, industrial, agricultural, and environmental sectors based on Indonesia water use standards. The results indicate that the average water availability in Java varies in each period. The highest water availability occurred in 1981-1990 (160 billion m³/year), while the lowest was in 1991-2000 (149 billion m³/year). The water availability decreased from 1981 to 2010, on a per capita basis. The water scarcity index also changes every period. The area experiencing a water deficit as described by their water scarcity index as a very critical class. Moreover, DKI Jakarta and East Java Provinces are in very critical condition with more than 50% area. Based on the study results, evaluation of water balance and water scarcity index can be used to describe the water status in a certain area as the reference for decision-makers in determining programs in water resources management.

Keyword: *Water status, water balance, water resources management, water scarcity, spatial analysis*

ABSTRAK

Ketersediaan dan kebutuhan air merupakan isu yang paling banyak dibahas di dunia termasuk di Indonesia. Pulau Jawa merupakan salah satu pulau dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia, sekaligus sebagai pusat kegiatan industri dan pertanian juga menghadapi masalah tidak hanya pada ketersediaan air tetapi juga dalam kebutuhan air. Kondisi ini menggambarkan potensi Pulau Jawa mengalami kelangkaan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status air di Pulau Jawa menggunakan pendekatan neraca air dan water scarcity index (WSI). Analisis dilakukan untuk mengevaluasi perubahan neraca air tahunan Pulau Jawa dalam setiap periode rata-rata 10 tahunan (1981-1990, 1991-2000, dan 2001-2010). Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari CHIRPS dan suhu udara dari CRU untuk menghitung ketersediaan air. Kebutuhan air dihitung untuk sektor domestik, industri, pertanian, dan lingkungan dari standar penggunaan air Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan ketersediaan air rata-rata Pulau Jawa jumlahnya berbeda-beda setiap periodenya. Ketersediaan air tertinggi terjadi pada periode 1981-1990 (160 miliar m³/tahun), sedangkan terendah pada periode 1991-2000 (149 miliar m³/tahun). Dilihat secara perkapita, ketersediaan air Pulau Jawa mengalami penurunan (1981-2010). Selain kondisi defisit air yang mengalami perubahan setiap periodenya, kondisi tingkat kekritisan air wilayah juga ikut berubah setiap periodenya. Kabupaten/kota yang mengalami defisit air menggambarkan tingkat kekritisan berada dalam kelas sangat kritis. Sebagian besar (> 50%) wilayah Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Timur berada dalam kondisi sangat kritis. Berdasarkan hasil penelitian, evaluasi neraca air dan indeks kekritisan air dapat digunakan untuk menggambarkan status air di suatu wilayah yang mampu menjadi referensi pengambil kebijakan dalam menentukan prioritas program dalam pengelolaan sumberdaya air.

Kata Kunci: *Status air, neraca air, pengelolaan sumber daya air, tingkat kritis air, analisis spasial*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup termasuk manusia dalam memenuhi kegiatan dalam berbagai sektor seperti domestik, industri, pertanian dan sektor lainnya. Namun demikian, permasalahan ketersediaan, kuantitas, dan kualitas air merupakan tantangan dalam pengelolaan air (Falkenmark, 2001; Priyana, 2016)

Ketersediaan air merupakan tantangan yang dihadapi di berbagai wilayah di seluruh dunia termasuk di Indonesia. Ketersediaan air dipengaruhi oleh faktor-faktor alami dan antropogenik, termasuk didalamnya variabilitas dan perubahan iklim (Amalia & Sugiri, 2014; Muliranti & Hadi, 2013; Widodo, 2013). Hal ini menjadi tantangan global yang sangat penting karena kebutuhan air diproyeksikan akan meningkat seiring meningkatnya populasi, dan kegiatan ekonomi.

Di Indonesia, secara nasional, ketersediaan air rata-rata mencapai 3.906 milyar m³/tahun yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan lebih dari 250 juta penduduk (ADB, 2016; Radhika et al., 2017). Potensi air Indonesia mencapai 8.800 m³/kapita/tahun, masih di atas rata-rata potensi air dunia yang hanya 8.000 m³/kapita/tahun (Nugroho, 2007; Samekto & Winata, 2010). Namun demikian, potensi air yang sangat besar di Indonesia akan menjadi tantangan di masa yang akan datang dengan semakin meningkatnya kebutuhan air yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.

Salah satu pulau di Indonesia yang diprediksi akan mengalami krisis air adalah Pulau Jawa (Amalia & Sugiri, 2014; Santikayasa et al., 2014). Hasil sensus penduduk pada tahun 2010, jumlah penduduk di Pulau Jawa sekitar 136 juta jiwa dan mengalami peningkatan menjadi 151,6 juta jiwa pada tahun 2020 (BPS 2020). Pulau Jawa merupakan pulau dengan kegiatan ekonomi dan pusat industri serta kegiatan pertanian yang tinggi dibandingkan dengan pulau lain di Indonesia. Dengan demikian, kondisi sumber daya air di Pulau Jawa sangat penting dan bahkan sudah mencapai kondisi kritis (Husein, 2016; Rejekiingrum, 2014)

Melihat kondisi tersebut, analisis ketersediaan air dan status kekritisannya di Pulau Jawa perlu dievaluasi. Evaluasi tingkat kekritisannya suatu wilayah dapat dilakukan dalam beberapa pendekatan yaitu analisis neraca air dan pendekatan indeks kekritisannya air atau *water scarcity index (WSI)* (Esterlita SR & Suprayogi, 2019; Hidayat et al., 2019; Rejekiingrum, 2014; Wijayanti et al., 2015) Pendekatan neraca air menggunakan

selisih antara *input* air dengan penggunaan air di suatu wilayah sedangkan WSI merupakan metode identifikasi dengan membandingkan antara kebutuhan air (*water demand*) dengan ketersediaan air (*water availability*). WSI ini dihitung dalam persen yang kemudian dikelompokkan menjadi empat kelompok untuk memudahkan proses identifikasi. Dalam metode neraca air, jumlah ketersediaan air dihitung dari *input* air yang berasal dari curah hujan sedangkan *output* air merupakan air yang digunakan dalam berbagai sektor baik domestik, industri maupun pertanian. Demikian juga dengan perubahan status kekritisannya air menggunakan WSI dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan status air yang terjadi baik secara periode waktu (temporal) maupun keruangan (spasial). Analisis baik secara temporal maupun spasial mampu menunjukkan kondisi status air wilayah sehinggaantisipasi terhadap kemungkinan yang terjadi di masa yang akan datang dapat diketahui sebelumnya sehingga dapat digunakan untuk memperoleh solusi yang diperlukan.

Penelitian tentang WSI sudah dilakukan pada berbagai wilayah di Indonesia. Analisis WSI untuk pulau kecil (Kusumartono & Rizal, 2019) dan wilayah pada skala kabupaten seperti Pacitan (Widiyanti & Dittmann, 2014) dan Lembata (Masduqi et al., 2020) memberikan hasil bahwa WSI mampu memberikan gambaran status sumberdaya air wilayah. Namun demikian analisis spasial yang mampu memberikan gambaran tentang status air untuk wilayah Indonesia khususnya pulau sebagai satu unit analisis perlu dilakukan untuk memberikan gambaran kondisi sumberdaya air dan perubahan yang terjadi selama periode tertentu yang mampu menjadi referensi dalam pengambilan kebijakan untuk pengelolaan sumberdaya air wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status air di pulau Jawa baik secara spasial maupun temporal memakai pendekatan Indeks Kekritisannya Air atau WSI. Analisis spasial dilakukan menggunakan aplikasi sistem informasi geografi (SIG) sedangkan analisis temporal dilakukan pada rentang waktu periode 10 tahunan (1981-1990, 1991-2000, dan 2001-2010).

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan curah hujan dan suhu sebagai data untuk analisis ketersediaan air. Data curah hujan dengan resolusi temporal bulanan diperoleh dari *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data version 2.0* (CHIRPS - v2.0) dengan resolusi 0,05 x 0,05 derajat dalam

periode tahun 1981-2010. Data suhu udara bulanan diperoleh dari *Climate Research Unit 4.02* (CRU 4.02) dengan resolusi 0,50 x 0,50 derajat dengan periode tahun 1981-2010. Sedangkan data untuk analisis kebutuhan air diperoleh dari data jumlah penduduk menurut kabupaten di Pulau Jawa Tahun 2010, data jumlah industri menurut kabupaten di Pulau Jawa Tahun 2017, dan data luas lahan sawah (irigasi dan non irigasi) menurut kabupaten di Pulau Jawa Tahun 2010. Data tersebut digunakan untuk perhitungan kebutuhan air pada masing-masing sektor. Kemudian kebutuhan air pada tahun yang lain diperoleh dari informasi laju perubahan jumlah penduduk, industri dan lahan sawah menggunakan pendekatan model *geometric* (Anggreini, 2020; Rahayu et al., 2016)

Prosedur Analisis Data

Analisis curah hujan wilayah

Data curah hujan CHIRPS diproyeksi menggunakan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dan dilakukan *resample* untuk menghasilkan resolusi yang lebih tinggi menggunakan *tools resample* dalam ArcGIS. Luaran hasil proses *resample* kemudian dilakukan proses pemotongan (*cropping*) untuk mendapatkan data khusus untuk wilayah Pulau Jawa menggunakan *tools python* di ArcGIS (*ArcPy*). Data tersebut kemudian dihitung rata-rata per 10 tahunan sehingga menghasilkan rata-rata curah bulanan untuk periode 1981-1990, 1991-2000, dan 2001-2010. Selanjutnya dianalisis memakai *tools zonal statistic* untuk menentukan curah hujan setiap wilayah menggunakan ArcGIS.

Analisis evapotranspirasi wilayah

Data suhu udara yang berasal dari CRU dianalisis dengan memanfaatkan aplikasi *GrADS* untuk menghitung suhu udara bulanan rata-rata per periode (1981-1990, 1991-2000, dan 2001-2010). Selanjutnya data tersebut dianalisis menggunakan ArcGIS untuk mendapatkan nilai rata-rata suhu tiap kabupaten. Suhu udara wilayah tersebut kemudian digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial wilayah menggunakan pendekatan Thornthwaite-Mather (1948).

Penentuan ketersediaan air wilayah (Qs)

Ketersediaan air dihitung dalam resolusi temporal tahunan menggunakan pendekatan neraca air berdasarkan data curah hujan dan evapotranspirasi (Prastowo, 2016; Taufik et al., 2019). Ketersediaan air tahunan dihitung berdasarkan jumlah bulan-bulan yang mengalami surplus air yaitu selisih antara curah hujan dengan evapotranspirasi bernilai positif ($P > EP$).

Analisis kebutuhan air wilayah (Qd)

Kebutuhan air wilayah dihitung berdasarkan kebutuhan air pada empat sektor yaitu domestik, industri, pertanian dan lingkungan berdasarkan Persamaan 1.

$$Q_d = Q_{dd} + Q_{di} + Q_{da} + Q_{de} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- Qd* : total kebutuhan air (m³/tahun)
- Qdd* : kebutuhan air untuk domestik (m³/tahun)
- Qdi* : kebutuhan air untuk industri (m³/tahun)
- Qda* : kebutuhan air pertanian (m³/tahun)
- Qde* : kebutuhan air lingkungan (m³/tahun)

Kebutuhan air domestik (Qdd)

Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan pada jumlah penduduk di masing-masing kabupaten dan standar baku kebutuhan air individu per hari berdasarkan masing-masing kategori kota (**Tabel 1**).

Tabel 1 Kebutuhan air individu berdasarkan kategori kota

No	Kategori Kota	Jumlah penduduk (x1000 jiwa)	Kebutuhan air (Liter/Orang Hari)
1.	Semi urban	3 - 20	60 - 90
2.	Kota kecil	20 - 100	90 - 110
3.	Kota sedang	100- 500	100 - 125
4.	Kota Besar	500 - 1000	120 - 150
5.	Metropolitan	> 1000	150 - 200

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2015)

Perhitungan kebutuhan air domestik berdasarkan Persamaan 2.

$$Q_{dd}(i) = P_w(i) \times W_d \times T(i) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- Qdd (i)* : kebutuhan air wilayah pada tahun ke i (m³/tahun)
- Pw (i)* : jumlah penduduk tahun ke i
- W(d)* : kebutuhan setiap orang (m³/hari)
- T* : jumlah waktu (hari)

Kebutuhan air industri (Qdi)

Kebutuhan air industri dihitung berdasarkan jumlah dan kategori industri yang ada di masing-masing kabupaten. Berdasarkan data Standar Nasional Indonesia (SNI) No 6728.1:2015, penggunaan air industri, banyaknya pemakaian air untuk industri besar berkisar 151-350 m³/hari, industri sedang berkisar 51- 50 m³/hari, dan industri kecil berkisar 5-50 m³/hari (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Kebutuhan air

industri adalah total dari kebutuhan air per jenis/golongan industri. Kebutuhan air industri di masing-masing wilayah kemudian dihitung berdasarkan jenis industri di wilayah tersebut dengan menggunakan Persamaan 3.

$$Q_{(ind)i} = P_{(ind)i} \times qo_i \times t \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- $Q(ind)$: kebutuhan air industri (m³/tahun)
- i : jenis industri
- $P(ind)$: jumlah industri (unit);
- qo : standar konsumsi air industri (m³/unit/hari)
- t : jumlah hari (hari)

Kebutuhan air pertanian (Q_{ptn})

Kebutuhan air pertanian dihitung dari total kebutuhan air untuk memproduksi tanaman padi dan palawija yang optimal dalam suatu luasan tertentu. Perhitungan kebutuhan air pertanian disesuaikan dengan sistem pola tanam wilayah. Sistem pola tanam untuk lahan sawah irigasi diasumsikan menggunakan tiga kali tanam yaitu padi-padi-padi, sedangkan sistem pola tanam untuk lahan sawah non-irigasi adalah padi-palawija-bera. Rata-rata jumlah air yang dibutuhkan untuk memproduksi padi yang optimal adalah 180-300 mm/bulan, sedangkan untuk tanaman palawija secara umum memerlukan air sekitar 100-200 mm/bulan (Heryani et al., 2017). Berdasarkan kebutuhan air tersebut, total kebutuhan air untuk pertanian tiap tahun dihitung berdasarkan Persamaan 4.

$$Q_{(ptn)i} = A_i \times qo \times t \times s \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- $Q(ptn)$: kebutuhan air pertanian (m³/tahun)
- i : jenis lahan sawah
- A : luas lahan sawah (m²)
- qo : standar kebutuhan air tanaman (mm/hari)
- t : umur tanaman (hari)
- s : sistem pola tanam

Kebutuhan air lingkungan (Q_{ling})

Kebutuhan air lingkungan merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk menjaga lingkungan agar tetap sehat dan lestari, termasuk untuk memenuhi semua proses-proses alami lingkungan dengan menggunakan nilai sebesar 25% dari air yang tersedia sebagai pendekatan untuk menghitung kebutuhan air untuk lingkungan (Sullivan, 2002). Nilai tersebut yang digunakan dalam penelitian ini.

Penentuan status dan tingkat kekritisan air

Status dan tingkat kekritisan air dihitung memakai dua pendekatan yaitu neraca air dan WSI. Neraca air merupakan selisih dari jumlah ketersediaan air dikurangi dengan kebutuhan air. Status air dinyatakan “surplus” jika nilai ketersediaan air lebih tinggi dari kebutuhan air sedangkan status “defisit” menyatakan ketersediaan air lebih kecil dibandingkan kebutuhan air. Sedangkan pendekatan kedua menggunakan nilai Indeks WSI (Widayani, 2011; Zeng et al., 2013). WSI merupakan perbandingan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air (Persamaan 5). Nilai perbandingan ini kemudian dikategorikan untuk menentukan kelas kekritisan berdasarkan **Tabel 2**.

$$WSI = \frac{Wn}{Ws} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- WSI : indeks kekritisan air (%);
- Wn : total kebutuhan air (m³/tahun) dan
- Ws : total ketersediaan air (m³/tahun)

Tabel 2 Kelas kekritisan air

No	Indeks kekritisan (%)	Kelas kekritisan
1	< 50%	Belum kritis
2	50 -75	Mendekati kritis
3	75 -100	Kritis
4	> 100	Sangat kritis

Hasil evaluasi status air dan WSI dianalisis pada periode rata-rata tahunan pada level kabupaten. Hasil tersebut divisualisasikan menggunakan aplikasi *ArcGIS* dalam bentuk peta.

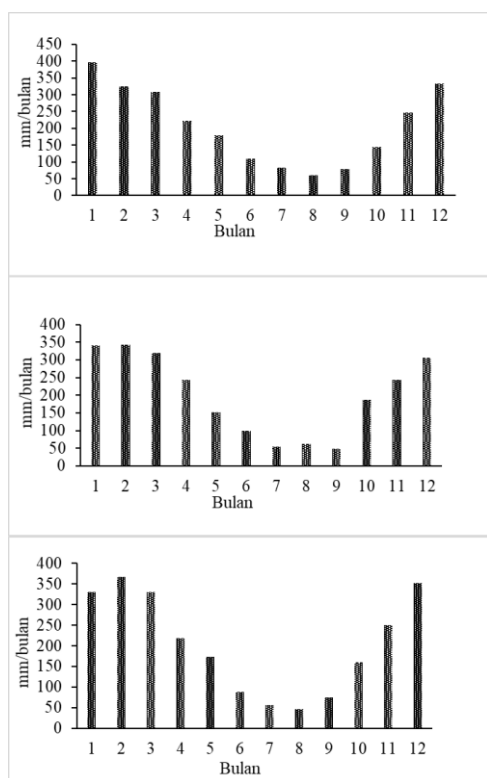
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan Air

Ketersediaan air dievaluasi berdasarkan nilai curah hujan dan evapotranspirasi pada skala kabupaten secara tahunan. Secara umum, rata-rata curah hujan di Pulau Jawa sebesar 2.487 mm/tahun, 2.397 mm/tahun dan 2.448 mm/tahun pada tiga periode yaitu periode 1981-1990, periode 1991-2000 dan periode 2001-2010, secara berurutan (**Gambar 1**). Nilai curah hujan pada periode 1991-2000 paling rendah dibandingkan dengan periode lainnya. Hal ini disebabkan oleh kondisi variabilitas iklim karena pada tahun 1997 terjadi el-nino kuat yang berdampak pada curah hujan di wilayah Indonesia. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan pengaruh el-nino mampu menyebabkan penurunan curah hujan di

wilayah Indonesia (Nabilah et al., 2017; Sitompul & Nurjani, 2013).

Hasil analisis perhitungan nilai evapotranspirasi menggunakan metode *Thornthwaite-Mather* (1948) menunjukkan bahwa pola evapotranspirasi menyerupai pola suhu. Hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa pola evapotranspirasi di Indonesia menyerupai pola suhu di masing-masing wilayah (Manik et al., 2012; Susanti et al., 2018). Rataan evapotranspirasi Pulau Jawa secara berurutan adalah sebesar 1610 mm/tahun, 1670 mm/tahun, dan 1657 mm/tahun selama periode 1981-1990, 1991-2000 dan 2001-2010.



Gambar 1 Rataan curah hujan di Pulau Jawa periode tahun 1981-1990 (atas), 1991-2000 (tengah) dan 2001-2010 (bawah)

Berdasarkan kedua informasi tersebut diperoleh nilai ketersediaan air Pulau Jawa menyerupai pola curah hujan karena nilai evapotranspirasi tidak memiliki variasi yang signifikan antar periode. Ketersediaan air rendah pada bulan-bulan yang curah hujan rendah dan ketersediaan air meningkat pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi. Ketersediaan air Pulau Jawa yang tertinggi terjadi pada periode 1981-1990 yang mencapai 160 milyar m³/tahun, sedangkan yang terendah pada periode 1991-2000 yaitu sebesar 150 milyar m³/tahun dengan pola distribusi wilayah seperti pada **Tabel 3**.

Berdasarkan hasil analisis ketersediaan air, Provinsi Jawa Barat memiliki ketersediaan air rata-rata tertinggi dibandingkan dengan provinsi lainnya di Pulau Jawa, sedangkan Provinsi DKI Jakarta memiliki ketersediaan air rata-rata yang terendah dibandingkan provinsi lainnya. Selain faktor curah hujan, ketersediaan air rata-rata juga dipengaruhi oleh luasan wilayahnya. Ketersediaan air rata-rata provinsi secara umum berfluktuatif antar periode. Sebagian besar ketersediaan air rata-rata terendah terjadi pada periode 1991-2000, kecuali Provinsi DKI Jakarta yang mengalami peningkatan kecil sebesar 5 juta m³.

Tabel 3 Ketersediaan air rata-rata tahunan

Wilayah	Ketersediaan air rata-rata (x10 ⁹ m ³ /tahun)		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Jawa Barat	55,8	55,2	57,5
Jawa Timur	40,1	33,5	34,5
Jawa Tengah	49,2	45,7	48,6
DKI Jakarta	0,4	0,4	0,4
Banten	12,7	12,6	13,2
DI Yogyakarta	2,7	2,4	2,6
Total	160,8	150,0	156,8

Sumber: hasil perhitungan

Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik dipengaruhi oleh jumlah penduduk suatu wilayah. Secara umum, jumlah penduduk di setiap wilayah terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan kebutuhan air domestik menjadi semakin meningkat pada tahun berikutnya dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa kebutuhan air domestik rata-rata Pulau Jawa mencapai 8,69 milyar m³/tahun pada periode 2001-2010 dengan peningkatan sekitar 38% dari periode 1981-1990 yaitu sebesar 2,44 milyar m³/tahun.

Tabel 4 Kebutuhan air domestik

Provinsi	Kebutuhan air domestik rata-rata (x10 ⁹ m ³ /tahun)		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Jawa Barat	1,72	2,23	2,78
Jawa Timur	1,90	2,17	2,38
Jawa Tengah	1,62	1,90	2,04
DKI Jakarta	0,53	0,60	0,64
Banten	0,34	0,45	0,67
DI Yogyakarta	0,15	0,16	0,19
Total	6,26	7,50	8,69

Sumber: hasil perhitungan

Analisis kebutuhan air wilayah menunjukkan adanya peningkatan kebutuhan air domestik rata-rata dari periode 1981-1990 hingga periode 2001-2010 meliputi Provinsi Jawa Barat meningkat sekitar 62% (1.06 milyar m³), Provinsi Jawa Timur meningkat sekitar 24% (471 juta m³), Provinsi Jawa Tengah meningkat sekitar 25% (417 juta m³), Provinsi DKI Jakarta meningkat sekitar 21% (114 juta m³), Provinsi Banten meningkat sekitar 96% (327 juta m³) dan terakhir provinsi DI Yogyakarta meningkat sekitar 29% (42 juta m³) (**Tabel 4**). Peningkatan kebutuhan air domestik tersebut sangat dipengaruhi oleh adanya laju peningkatan jumlah penduduk yang berbeda di masing-masing wilayah.

Kebutuhan air Industri

Masing-masing kabupaten memiliki jumlah dan kategori industri yang berbeda. Hal ini menyebabkan kebutuhan air untuk industri pada masing-masing wilayah berbeda. Kebutuhan air industri rata-rata kabupaten mengalami peningkatan pada setiap periode. Akumulasi kebutuhan air provinsi mengalami peningkatan pada setiap periode. Peningkatan kebutuhan air industri rata-rata dari periode 1981-1990 hingga periode 2001-2010 meliputi Provinsi Jawa Barat meningkat sebesar 50% (1,65 milyar m³), Provinsi Jawa Timur meningkat sebesar 48% (2,24 milyar m³), Provinsi Jawa Tengah meningkat sebesar 47% (2,26 milyar m³), Provinsi DKI Jakarta meningkat sebesar 52% (239 juta m³), Provinsi Banten meningkat sebesar 54% (335 juta m³), serta Provinsi DI Yogyakarta yang meningkat sebesar 46% (245 juta m³). Apabila dilihat secara keseluruhan, kebutuhan air industri rata-rata untuk Pulau Jawa mengalami peningkatan sebesar 48% (7 milyar m³) dari periode 1981-2010 hingga periode 2001-2010. Peningkatan kebutuhan air ini sejalan dengan peningkatan jumlah industri yang ada di masing-masing kabupaten (**Tabel 5**).

Tabel 5 Kebutuhan air Industri

Provinsi	Kebutuhan air industri rata-rata (x10 ⁹ m ³ /tahun)		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Jawa Barat	3,29	4,27	4,95
Jawa Timur	4,67	5,98	6,92
Jawa Tengah	4,81	6,13	7,08
DKI Jakarta	0,46	0,60	0,70
Banten	0,66	0,87	1,02
DIY	0,52	0,67	0,77
Total	14,42	18,52	21,43

Sumber: hasil perhitungan

Kebutuhan air Pertanian

Kebutuhan air pertanian merupakan total kebutuhan air untuk lahan sawah irigasi dan non irigasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sektor pertanian merupakan sektor yang paling besar dalam hal penggunaan air dibandingkan dengan sektor domestik dan industri. Kebutuhan air pertanian dipengaruhi oleh pola tanam yang ada di wilayah tersebut. Dalam penelitian ini, padi yang ditanam di sawah irigasi diasumsikan dapat ditanam 3 kali dalam setahun, sedangkan pada sawah non irigasi diasumsikan ditanam padi 1 kali dan palawija 1 kali dalam setahun. Penurunan luas lahan menyebabkan kebutuhan air pertanian rata-rata setiap provinsi mengalami penurunan dari periode 1981-1990 hingga periode 2001-2010. Perubahan lahan sawah menjadi fungsi lahan lain yang cukup tinggi menjadi salah satu penyebab terjadinya penurunan luas lahan sawah dan kebutuhan air untuk pertanian. Besarnya penurunan kebutuhan air pertanian rata-rata meliputi Provinsi Jawa Barat mengalami penurunan sebesar 4% (740 juta m³), Provinsi Jawa Timur mengalami penurunan sebesar 4% (757 juta m³), Provinsi Jawa Tengah mengalami penurunan sebesar 3% (573 juta m³), Provinsi DKI Jakarta mengalami penurunan sebesar 74% (105 juta m³), Provinsi Banten mengalami penurunan sebesar 7% (212 juta m³), serta Provinsi DI Yogyakarta mengalami penurunan sebesar 11% (121 juta m³). Apabila dilihat secara keseluruhan, kebutuhan air untuk pertanian di Pulau Jawa mengalami penurunan rata-rata sebesar 4% atau sekitar 2,5 miliar m³ (**Tabel 6**).

Tabel 6 Kebutuhan air pertanian tiap provinsi

Provinsi	Kebutuhan air pertanian rata-rata (x10 ⁶ m ³ /tahun)		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Jawa Barat	16.70	16.16	15.96
Jawa Timur	19.94	19.68	19.18
Jawa Tengah	16.47	16.29	15.90
DKI Jakarta	0.14	0.07	0.04
Banten	3.12	3.02	2.91
DIY	1.11	1.04	0.99
Total	57.49	56.29	54.98

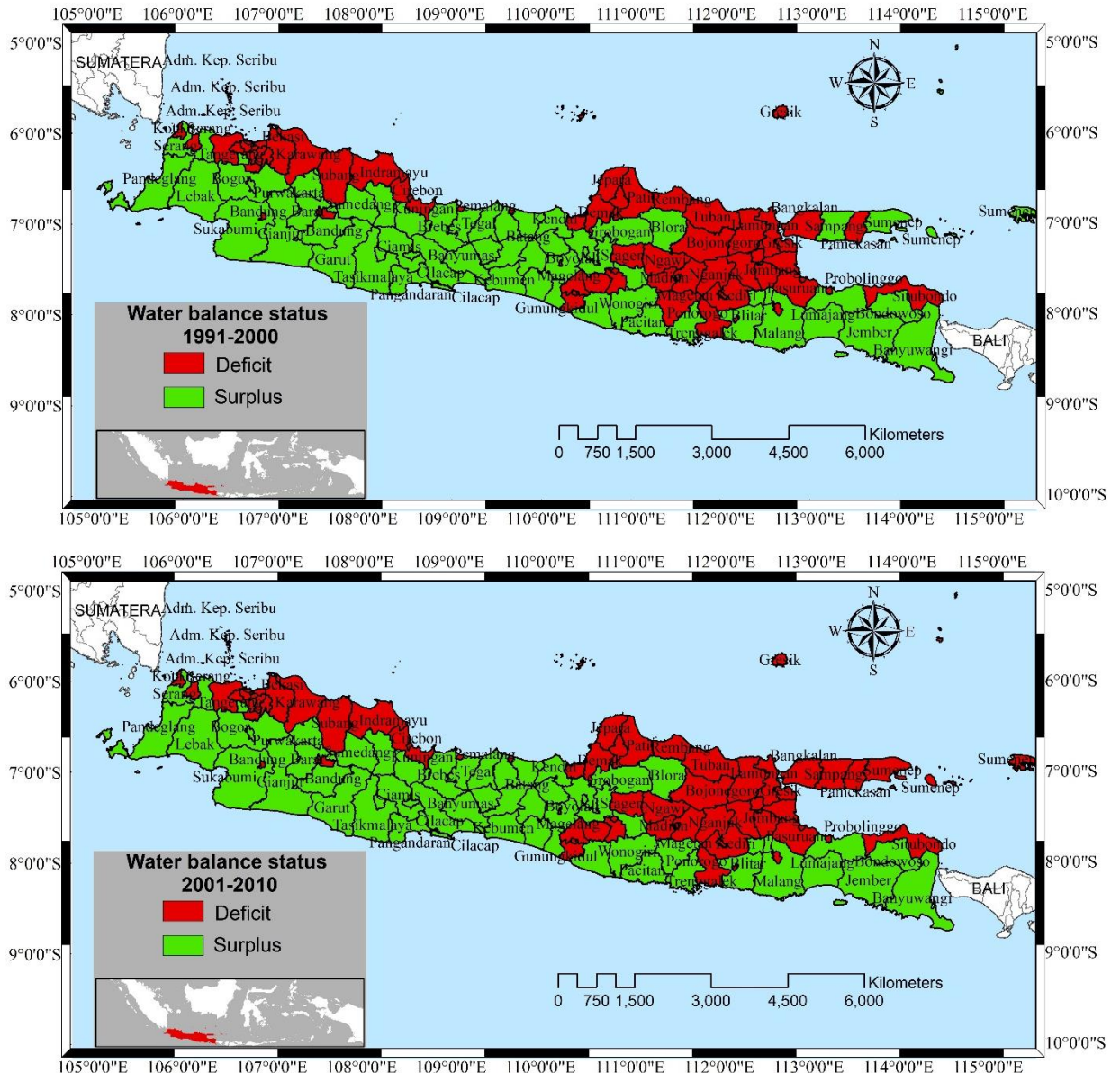
Sumber: hasil perhitungan

Kebutuhan air Lingkungan

Kebutuhan air lingkungan merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk menjaga lingkungan agar tetap sehat dan lestari, termasuk untuk memenuhi semua proses-proses alami lingkungan. Proses-proses alami tersebut seperti kebutuhan air ekosistem alami dalam melakukan fungsi hidrologis seperti pemurnian air, kontrol banjir, penyediaan habitat dan pengisian air tanah.

terjadi di 56 kabupaten/kota. Selanjutnya pada periode 2001-2010 kondisi defisit air meningkat menjadi 64 kabupaten/kota, dan yang mengalami surplus menjadi 55 kabupaten/kota. Peningkatan defisit air yang signifikan pada periode 1991-2000 disebabkan karena kondisi curah hujan yang rendah pada periode tersebut. Hasil ini didukung

oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terjadi penurunan curah hujan di Indonesia selama periode 1991-2000 karena dampak terjadinya elnino kuat pada periode tersebut (Naylor et al., 2001; Sitompul & Nurjani, 2013).



Gambar 2 Peta sebaran status neraca air pada periode 1981-1990 (atas), 1991-2000 (tengah) dan 2001-2010 (bawah) tiap kabupaten di Pulau Jawa

Hasil analisis neraca air pada masing-masing kota/kabupaten di Pulau Jawa menunjukkan bahwa Provinsi DKI Jakarta mengalami defisit air terjadi pada semua kabupaten/kota yang telah terjadi sejak periode 1981-2010. Kondisi tersebut disebabkan karena tingginya kebutuhan air di DKI

Jakarta sebagai dampak dari tingginya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi khususnya industri di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Sementara itu pada Provinsi Jawa Timur, jumlah kabupaten/kota yang mengalami defisit air pada periode 1981-1990 yaitu 16 kabupaten/kota.

Kondisi tersebut mengalami peningkatan menjadi 26 dan 27 kabupaten/kota pada periode 1991-2000 dan 2001-2010. Kondisi pada ketiga periode tersebut menggambarkan bahwa Provinsi Jawa Timur memiliki tantangan termasuk juga pada periode dimasa yang akan datang akibat perubahan pola dari ketersediaan adan kebutuhan air.

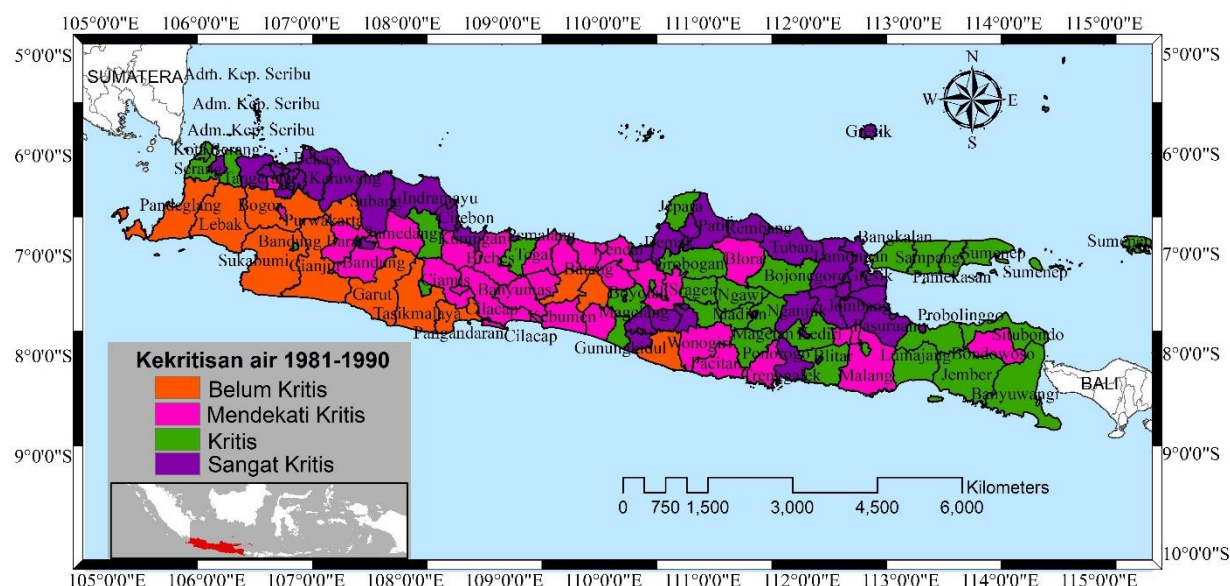
Defisit air juga terjadi pada beberapa kabupaten/kota pada provinsi lainnya seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, Banten, dan DI Yogyakarta. Namun, persentase wilayah yang mengalami defisit lebih kecil dibandingkan dengan DKI Jakarta dan Jawa Timur. Pada Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, Banten, dan DI Yogyakarta jumlah kabupaten/kota yang mengalami defisit air pada periode 1981-1990 yaitu 10, 11, 3, dan 3 kabupaten/kota secara berurutan. Kondisi tersebut cenderung meningkat pada periode 1991-2000 dan 2001-2010, walaupun tidak secara signifikan yaitu menjadi 11, 13, 4, dan 3 kabupaten/kota secara berurutan.

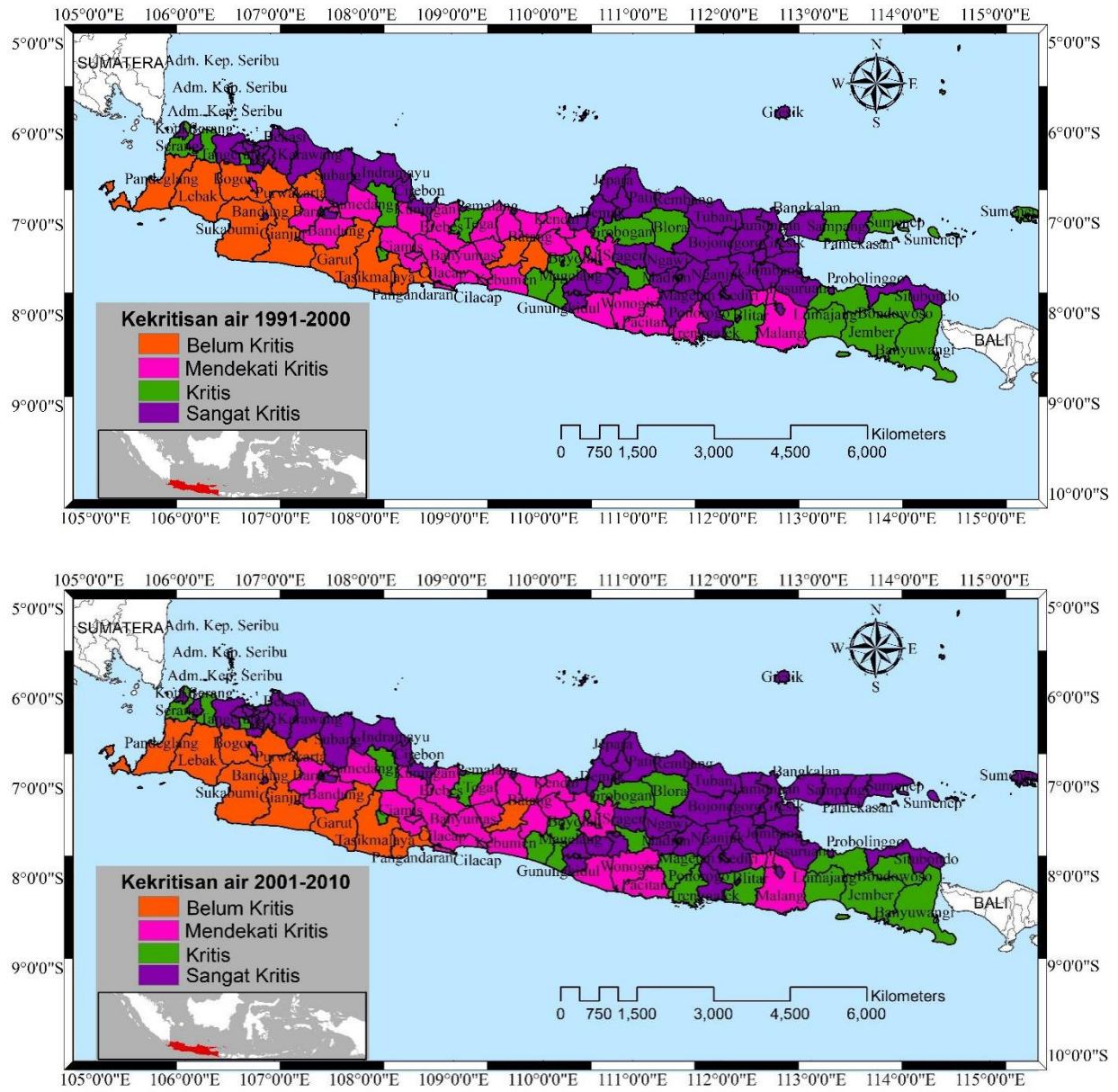
Indeks Kekritisan air

Tingkat kekritisan air yang diidentifikasi menggunakan nilai WSI wilayah Pulau Jawa pada masing-masing periode mengalami perubahan, hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan dan kebutuhan air pada masing-masing wilayah. Pada periode 1981-1990, tingkat kekritisan air dengan kelas "belum kritis" sebanyak 12 kabupaten/kota, kelas "mendekati kritis" sebanyak 28 kabupaten/kota, kelas "kritis" sebanyak 30 kabupaten/kota, dan kelas "sangat kritis" sebanyak 49 kabupaten/kota.

Pada periode 1991-2000, tingkat kekritisan air dengan kelas belum kritis, mendekati kritis, kritis, dan sangat kritis mengalami perubahan menjadi 11, 25, 20, dan 63 kabupaten/kota, secara berurutan. Demikian juga halnya pada periode 2001-2010, tingkat kekritisan air dengan kelas belum kritis, mendekati kritis, kritis, dan sangat kritis mengalami perubahan menjadi 10, 25, 20, dan 64 kabupaten/kota secara berurutan. Evaluasi terhadap tingkat kekritisan air menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah kabupaten/kota di Pulau Jawa yang berada pada kondisi "sangat kritis".

Berdasarkan persentase kabupaten/kota, nilai WSI dengan kelas "sangat kritis" banyak terjadi pada kabupaten/kota yang berada di wilayah Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Timur, hal yang sama seperti analisis menggunakan pendekatan neraca air dengan status wilayah kabupaten/kota yang mengalami defisit air ditunjukkan oleh nilai WSI berada dalam kategori "sangat kritis". Tingkat kekritisan air di Provinsi DKI Jakarta berada pada kategori "sangat kritis" dan kondisi ini terjadi pada semua periode analisis. Demikian juga halnya dengan Provinsi Jawa Timur yang juga memiliki tingkat kekritisan air juga didominasi dengan kelas "sangat kritis" dan kondisi ini mengalami peningkatan pada periode berikut dibandingkan periode sebelumnya. Selain dua provinsi tersebut, kabupaten/kota pada provinsi lainnya juga memiliki tingkat kekritisan dengan kelas sangat kritis, namun persentase wilayahnya masih lebih kecil dibandingkan kedua provinsi tersebut dan perubahan status air yang terjadi pada periode berikutnya tidak signifikan (**Gambar 3**).





Gambar 3 Peta sebaran tingkat kekritisan air berdasarkan nilai water scarcity index (WSI) pada periode 1981 – 1990 (atas), 1991 – 2000 (tengah) dan 2001 – 2010 (bawah) tiap kabupaten di Pulau Jawa

KESIMPULAN

Ketersediaan air rata-rata Pulau Jawa jumlahnya berbeda-beda setiap periodenya. Ketersediaan air tertinggi terjadi pada periode 1981-1990 (160 miliar m³/tahun), sedangkan terendah terjadi pada periode 1991-2000 (149 miliar m³/tahun). Apabila dilihat secara perkapita, ketersediaan air Pulau Jawa mengalami penurunan (1981-2010). Sementara itu kebutuhan air Pulau Jawa terus mengalami peningkatan setiap periodenya. Kebutuhan air terbesar berada pada sektor pertanian, sedangkan yang terendah berada pada sektor domestik. Secara total, ketersediaan air Pulau Jawa masih mencukupi tingkat kebutuhan air Pulau Jawa. Apabila dilihat dari status neraca air

wilayah, terjadi peningkatan jumlah kabupaten/kota yang mengalami defisit setiap periodenya. Peningkatan terbesar terjadi pada jumlah kabupaten/kota yang mengalami defisit air pada periode 1991-2000 yaitu menjadi 63 kabupaten/kota dari yang sebelumnya hanya 49 kabupaten/kota.

Kondisi tersebut dipengaruhi oleh jumlah ketersediaan air yang rendah diikuti dengan peningkatan kebutuhan air pada periode tersebut. Apabila dilihat secara persentase wilayah, Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Timur memiliki jumlah kabupaten/kota yang paling banyak mengalami defisit air setiap periodenya dibandingkan dengan provinsi lainnya. Selain kondisi defisit air yang

mengalami perubahan setiap periodenya, kondisi tingkat kekritisn air wilayah juga ikut berubah setiap periodenya. Kabupaten/kota yang mengalami defisit air menggambarkan tingkat kekritisannya berada dalam kelas sangat kritis. Jika dilihat dari persentase kabupaten/kota, sebagian besar (> 50%) wilayah Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Timur berada dalam kondisi sangat kritis. Berdasarkan analisis dapat diambil kesimpulan bahwa status air suatu wilayah dapat dievaluasi menggunakan analisis neraca air dan WSI. Hasil analisis ini dapat menjadi referensi bagi pengambil kebijakan untuk menentukan wilayah-wilayah prioritas dalam pengelolaan sumberdaya air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada *Climate Hazards - Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS)*, *Climatic Research Unit (CRU)*, Badan Pusat Statistik (BPS), Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk dukungan data selama penelitian dan Laboratorium Hidrometeorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB University untuk dukungan khususnya penyediaan tempat selama penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan saran dan mendukung proses pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia. (2016). *Indonesia Country Water Assessment* (Issue RPT167988). <https://www.adb.org/documents/indonesia-country-water-assessment>
- Amalia, B. I., & Sugiri, A. (2014). Ketersediaan air bersih dan perubahan iklim: Studi krisis air di Kedungkarang Kabupaten Demak. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 3(2), 295–302.
- Anggreini, D. (2020). *Penerapan Model Populasi Kontinu Pada Perhitungan Proyeksi Penduduk Di Indonesia (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur)*. E-Jurnal Matematika.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Standar Nasional Indonesia (SNI) 6728 tentang *Penyusunan neraca spasial sumber daya alam – Bagian 1: Sumber daya air*
- Esterlita SR, I., & Suprayogi, S. (2019). Kajian Indeks Kekritisn Air Secara Meteorologis Di DAS Gandu, Kabupaten Jepara. *Jurnal Bumi Indonesia*, 8(3).
- Falkenmark, M. (2001). The greatest water problem: the inability to link environmental security, water security and food security. *International Journal of Water Resources Development*, 17(4), 539–554.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258–267.
- Heryani, N., Balitklimat, B., Balitbangtan, K., Kartiwa, B., Balitklimat, B., Hamdani, A., Balitklimat, B., Rahayu, B., Balitklimat, B., & others. (2017). *Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Irigasi pada Lahan Sawah: Studi Kasus di Provinsi Sulawesi Selatan*.
- Hidayat, A. M., Mulyo, A. P., Azani, A. A., Aofany, D., Nadiansyah, R., & Rejeki, H. A. (2019). Evaluasi Ketersediaan Sumber Daya Air Berbasis Metode Neraca Air Thornthwaite Mather Untuk Pendugaan Surplus Dan Defisit Air Di Pulau Jawa. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3, 35–46.
- Husein, A. (2016). Identifikasi Wilayah Krisis Air Bersih Berdasarkan Analisa Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Di Kabupaten Banyuwangi. *CAKRAWALA*, 10(1), 1–12.
- Kusumartono, F. X. H., & Rizal, A. (2019). An integrated assessment of vulnerability to water scarcity measurement in small islands of Indonesia. *World News of Natural Sciences*, 24.
- Manik, T. K., Rosadi, R. B., & Karyanto, A. (2012). Evaluasi metode Penman-Monteith dalam menduga laju evapotranspirasi standar (ET₀) di dataran rendah Propinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikn Pertanian*, 26(2).
- Masduqi, A., Nugroho, A. R., & Wilujeng, S. A. (2020). Solution to Water Scarcity in the Eastern Indonesia: A Case Study of Lembata Regency. *International Journal*, 19(71), 69–76.
- Muliranti, S., & Hadi, M. P. (2013). Kajian ketersediaan air meteorologis untuk pemenuhan kebutuhan air domestik di Provinsi Jawa Tengah dan DIY. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(2).
- Nabilah, F., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2017). Analisis pengaruh fenomena el nino dan la nina terhadap curah hujan tahun 1998-2016 menggunakan indikator oni (Oceanic Nino Index)(Studi Kasus: Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 402–412.
- Naylor, R. L., Falcon, W. P., Rochberg, D., & Wada, N. (2001). Using El Niño / Southern Oscillation Climate Data To Predict Rice Production In Indonesia. *Climatic Change*, 255–265.
- Nugroho, S. P. (2007). Evaluasi Keseimbangan Air di Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2).
- Prastowo, D. R. (2016). Penggunaan Model Cropwat untuk Menduga Evapotranspirasi Standar dan

- Penyusunan Neraca Air Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di Dua Lokasi Berbeda. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 5(1).
- Priyana, Y. (2016). Masalah Sumber Daya Air Sungai di Pulau Jawa. *Forum Geografi*, 8(2), 64–73.
- Radhika, R., Firmansyah, R., & Hatmoko, W. (2017). *Computation of surface water availability in Indonesia based on satellite data*.
- Rahayu, Y., Muludi, K., & Hijriani, A. (2016). Pemetaan Penyebaran dan Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Model Geometrik di Wilayah Bandar Lampung Berbasis Web-GIS. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 2(2), 95.
- Rejekiningrum, P. (2014). Identifikasi kekritisn air untuk perencanaan penggunaan air agar tercapai ketahanan air di DAS Bengawan Solo. *Seminar Nasional FMIPA-UT*, 23, 170–184.
- Samekto, C., & Winata, E. S. (2010). Potensi sumber daya air di Indonesia. *Seminar Nasional: Aplikasi Teknologi Penyediaan Air Bersih Untuk Kabupaten/Kota Di Indonesia*, 1–20.
- Santikayasa, I. P., Babel, M. S., Shrestha, S., Jourdain, D., & Clemente, R. S. (2014). Evaluation of water use sustainability under future climate and irrigation management scenarios in Citarum River Basin, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 21(2).
<https://doi.org/10.1080/13504509.2014.884023>
- Sitompul, Z., & Nurjani, E. (2013). Pengaruh el nino southern oscillation (ENSO) terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Indonesia. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(1).
- Sullivan, C. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development*, 30(7), 1195–1210.
- Susanti, I., Putri, F. A., Siswanto, B., Kaloka, S., & Tursilowati, L. (2018). Dinamika Evapotranspirasi Akibat Perubahan Iklim (Evapotranspiration Dynamic In Climate Change). *Berita Dirgantara*, 19(2).
- Taufik, I., Purwanto, M. Y. J., Pramudya, B., & Saptomo, S. K. (2019). Analisis Neraca Air Permukaan DAS Ciliman. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 452–464.
- Widayani, P. (2011). Penyusunan Basis Data Spasial Sumberdaya Air Melalui Partisipasi Masyarakat (Studi Kasus Di Desa Kepuharjo Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Geografi Gea*, 11(1).
- Widiyanti, W., & Dittmann, A. (2014). Climate change and water scarcity adaptation strategies in the area of Pacitan, Java Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 693–702.
- Widodo, T. (2013). Kajian ketersediaan air tanah terkait pemanfaatan lahan di kabupaten Blitar. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 9(2), 122–133.
- Wijayanti, P., Noviani, R., & Tjahjono, G. A. (2015). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Imbangan Air Secara Meteorologis dengan Menggunakan Metode Thornthwaite Mather Untuk Analisiskekritisn Air Di Karst Wonogiri. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 13(1).
- Zeng, Z., Liu, J., & Savenije, H. H. G. (2013). A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality. *Ecological Indicators*, 34, 441–449.
- Santikayasa, I. P., Babel, M. S., Shrestha, S., Jourdain, D., & Clemente, R. S. (2014). Evaluation of water use sustainability under future climate and irrigation management scenarios in Citarum River Basin, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 21(2).
<https://doi.org/10.1080/13504509.2014.884023>