

Analisis Kerentanan Sistem Irigasi dengan Indeks Kelentingan di Daerah Irigasi Wilayah Daerah Aliran Sungai Brantas

Analysis Vulnerability Irrigation System Using Resilience Index in Irrigation Areas of Brantas Watershed

Wahyuni Setyo Lestari^{1*}, Didik Suprayogo², Sugeng Prijono²

¹Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, Malang 65145, Indonesia

²Jurusan Pengelolaan Tanah dan Air, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, Malang 65145, Indonesia

*Email: wahyunisetylestari@gmail.com

Tanggal submisi: 8 Januari 2016; Tanggal penerimaan: 1 November 2018

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kerentanan Daerah Irigasi (D.I.) akibat perubahan iklim dengan tolok ukur Indeks Kelentingan pada 4 D.I. wilayah DAS Brantas (Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto). Delapan puluh dua Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA) pada lokasi penelitian telah diidentifikasi dan ditetapkan 68 sampel sebagai target survey. Indeks kelentingan dianalisis dari data sekunder melalui kebutuhan air irigasi dan ketersediaan air irigasi. Persamaan Duckstein dan Plate diaplikasikan untuk menghitung indeks kelentingan, sedangkan regresi berganda digunakan untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi indeks kelentingan pada sistem irigasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa D.I. Molek, Jatikulon, Menturus dan Konto termasuk D.I. yang terkena dampak perubahan iklim dengan skala kerentanan yang berbeda-beda. Indeks kelentingan sebesar 100% pada D.I. Molek, 80% pada D.I. Jatikulon; 50% pada D.I. Menturus; dan 33% pada D.I. Konto. Perubahan iklim diprediksi menyebabkan penurunan luas tanam, yaitu pada kondisi El Niño sebesar 48% pada D.I. Konto, 34% pada D.I. Menturus, 28% pada D.I. Jatikulon, dan 15% pada D.I. Molek. Sedangkan pada kondisi La – Nina, tidak terjadi peningkatan luas tanam di semua D.I. yang diteliti, bahkan terjadi penurunan luas tanam sebesar 28% pada D.I. Konto dan 6% pada D.I. Menturus. Ancaman keberlanjutan sistem irigasi yang paling dominan adalah pada aspek lingkungan, disusul secara berurutan oleh aspek fisik, sosial dan ekonomi. Hasil penelitian berimplikasi terhadap pembaharuan kebijakan pengelolaan irigasi, yaitu pada pola operasi sistem irigasi, dengan menjadikan indeks kelentingan (I_k) sebagai tolok ukur dalam pengelolaan sistem irigasi selain faktor – K .

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai Brantas; perubahan iklim; indeks kelentingan; kerentanan sistem irigasi

ABSTRACT

The aim of study was to explore the vulnerability of an irrigation system due to climate change by using a resilience index in irrigation areas (D.I.) of Brantas watershed (Molek, Jatikulon, Menturus, and Konto). There were eighty-two water-user farmers' associations (HIPPA), sixty eight of them were selected as survey targets. The Duckstein and Plate formula was applied to calculate the resilience index of an irrigation area, while the multinomial regression was used to identify the dominant factors of resilience index. This study proved that Molek, Jatikulon, Menturus and Konto irrigation areas (D.I.) were impacted by climate change with different scales of resilience. The resilience index was 100% for Molek Irrigation area, 80% for Jatikulon irrigation area, 50% for

Menturus irrigation area, and 33% for Konto irrigation area. Climate change was predicted to cause a decrease of harvested area, in such a way that in the condition of El Niño around 48% in Konto Irrigation Area, 34% in the Menturus Irrigation Area, 28% at the Jatikulon Irrigation Area, and 15% in the Molek Irrigation areas. Nevertheless, in the La-Nina condition, there was no increase of harvested area in the entire irrigation area studied, even, there was a 28% decrease of harvested area in Konto irrigation area, and 6% in Menturus irrigation area. The most powerful threat toward an irrigation system's sustainability was the environment, followed by physical, social, and economic aspects respectively. The results of this study implicate to the improvement of irrigation management policy, namely to the operational pattern of irrigation system, which uses a resilience index (I_k) as basic measure of irrigation system management out of the K-factor.

Keywords: Climate change; resilience index; vulnerability of irrigation system, Brantas watershed

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang diindikasikan peningkatan variabilitas iklim dari waktu ke waktu akan berpengaruh terhadap kerentanan sumber daya air. Ketersediaan air akan berkurang, sedangkan di sisi kebutuhan mengalami peningkatan sehingga keandalan menurun (Moradi dkk., 2007; Jain dan Bhunya, 2008; Nam dan Choi, 2014). Pada sektor pertanian, kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan produktivitas (Peng dkk., 2004; Las, 2008; Surmaini dkk., 2008; Surmaini dkk., 2011; Syafputri, 2014). Penurunan produktivitas juga terjadi pada lahan pertanian beririgasi (Fussel dan Klein, 2006; Paydar dan Qureshi, 2012; Gu dkk., 2013; Nam dan Choi, 2014).

Saat ini, kendali pengelolaan sistem irigasi hanya berdasarkan nilai perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air irigasi (faktor K), tanpa mempertimbangkan meningkatnya variabilitas iklim. Sedangkan meningkatnya variabilitas iklim menyebabkan ketersediaan dan kebutuhan air tidak dapat diprediksi secara pasti (McChesney dkk., 1981; Jackson dkk., 2011), sehingga perencanaan tidak dapat terlaksana optimal (Suprpto, 2007; dan Vano dkk., 2010). Karena terjadi kekurangan air pada waktu-waktu tertentu dan produksi menurun (Setiobudi dan Fagi, 2009). Kondisi ini dapat mengancam keberlanjutan sistem irigasi.

Indeks kelentingan (I_k) merupakan salah satu tolok ukur dalam kerangka sistem pengelolaan sumberdaya air (Duckstein dan Plate, 1987), yang dapat digunakan sebagai batasan dalam operasional pengelolaan sistem irigasi. Karena indeks kelentingan dapat mencerminkan seberapa besar daya lenting (kemungkinan perbaikan/*resilience*) sistem irigasi pada suatu daerah irigasi untuk kembali lagi ke kondisi semula setelah mengalami gangguan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kerentanan daerah irigasi akibat perubahan iklim dengan tolok ukur indeks kelentingan pada 4 (empat) daerah irigasi wilayah DAS Brantas di Provinsi Jawa Timur.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian termasuk Daerah Irigasi (D.I.) yang terkena dampak perubahan iklim. Hal ini diidentifikasi berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, antara lain Surmaini dkk. (2000), Azis (2011), dan Sasongko dkk. (2014). Azis (2011) melaporkan adanya penyimpangan pola tanam terhadap Rencana Tata Tanam Global (RTTG) pada D.I. Molek sebesar 13,81% akibat adanya pergeseran musim. Surmaini dkk. (2000) memprediksi adanya penurunan luas tanam sebesar 36 Ha dari 619 Ha (5%) pada D.I. Jatikulon dan 1.143 Ha dari 3.392 Ha (33%) pada D.I. Menturus. Sasongko dkk. (2014) melaporkan penurunan debit inflow pada waduk selorejo, yang mempengaruhi pasokan air di daerah hilirnya (termasuk sebagian wilayah D.I. Konto). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Kunto.

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Indeks kelentingan dianalisis dari data sekunder melalui kebutuhan air irigasi (menggunakan software Cropwat 8.0) dan ketersediaan air irigasi (dengan analisis frekuensi metode Weibull), sehingga didapatkan indeks kelentingan air irigasi, menggunakan persamaan Duckstein dan Plate, 1987 (Persamaan 1-3).

$$I_a = \frac{F_a}{N_k} \quad (1)$$

$$I_k = \frac{J_k}{N_k - F_a} \quad (2)$$

$$I_k = \frac{J_k}{(N_k(1-I_a))} \quad (3)$$

dengan:

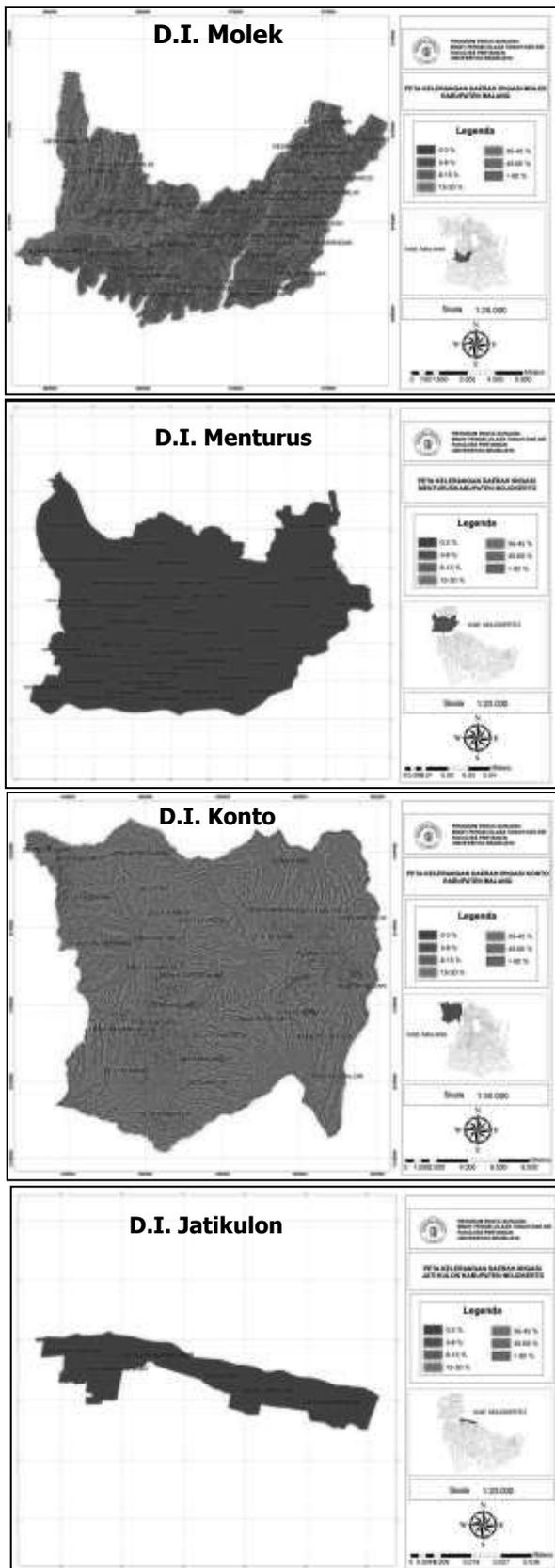
I_a = indeks keandalan

I_k = indeks kelentingan

F_a = jumlah kejadian yang dapat diandalkan

J_k = jumlah kelompok kejadian yang tidak dapat diandalkan

N_k = total kejadian (dalam hal ini mewakili periode waktu)



Gambar 1. Peta lokasi penelitian yaitu D.I. Molek, Konto, Menturus, dan Jatikulon

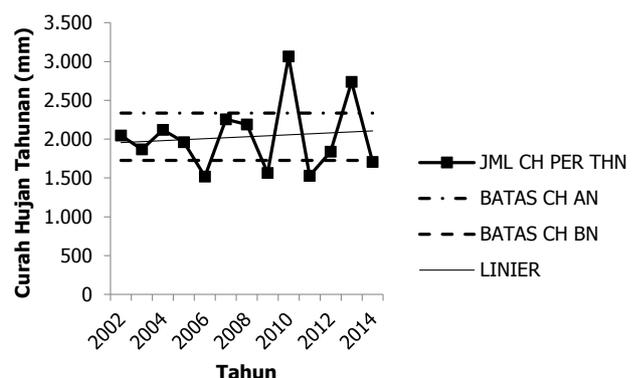
Sedangkan data primer digunakan untuk menganalisis faktor dominan yang mempengaruhi indeks kelentingan pada sistem irigasi, menggunakan regresi berganda.

$$\text{Kelentingan} = -70,808 + 7,188 a + 6,233 b + 4,556 c + 22,545 d + e \quad (4)$$

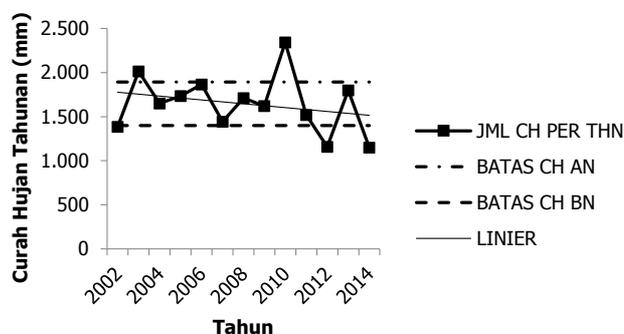
Data primer merupakan hasil survey terhadap Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA) pada empat D.I. target. Jumlah total HIPPA pada keempat D.I. adalah 82, kemudian sejumlah 68 sampel HIPPA diambil sebagai target survey. Penentuan jumlah sampel didasarkan pada pendekatan normal terhadap distribusi hipergeometrik (Morris, n.d). Instrumen pengambilan data menggunakan daftar pertanyaan (kuesioner) dan wawancara secara mendalam (*interdept interview*) yang dilakukan pada bulan November 2014 s/d bulan Juni 2015, dengan teknik sampling stratified (*stratified sampling*) terhadap responden yaitu anggota HIPPA (pengurus HIPPA atau juru air swadaya/*kuwowo*).

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga tahapan utama, yaitu: (1) terjadinya perubahan iklim dianalisis melalui analisis fluktuasi curah hujan dan intensitas kejadian cuaca ekstrem (hujan ekstrem), menggunakan data hujan periode tahun 2002 sampai dengan 2014; (2) kerentanan D.I. akibat perubahan iklim dianalisis dengan indeks kelentingan (I_k) sebagai batasan dalam pengelolaan sistem irigasi; (3) faktor dominan yang mempengaruhi indeks kelentingan di lokasi penelitian dianalisis dengan analisis regresi berganda metode *stepwise*.

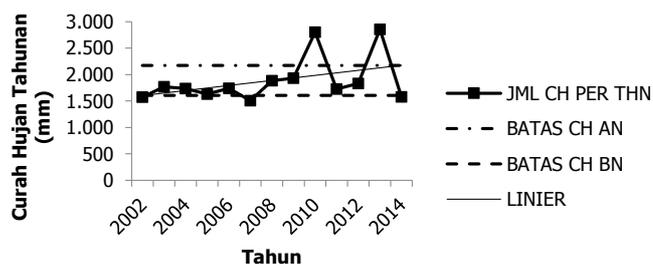
Untuk analisis tahap kedua dijelaskan bahwa penetapan indeks kelentingan (I_k) didasarkan pada kejadian aliran pasok dan permintaan (bukan pemberian) dalam kurun waktu yang ditetapkan (Duckstein dan Plate, 1987; Suprpto, 2007). Aliran pasok (ketersediaan air irigasi) dianalisis dari data debit rata-rata bulanan periode tahun 2002 – 2014 melalui analisis frekuensi metode Weibull (Hidayat dan Setiawan, 2007) sehingga menghasilkan debit andalan untuk keperluan air irigasi



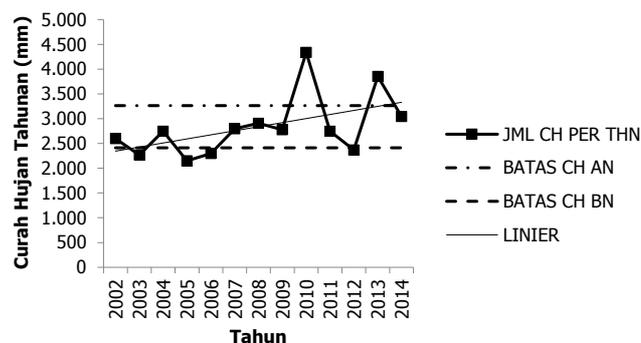
Gambar 2. Analisis fluktuasi curah hujan tahun 2002 – 2014 pada D.I. Molek



Gambar 3. Analisis fluktuasi curah hujan tahun 2002 – 2014 pada D.I. Jatikulon



Gambar 4. Analisis fluktuasi curah hujan tahun 2002 – 2014 pada D.I. Menturus



Gambar 5. Analisis fluktuasi curah hujan tahun 2002 – 2014 pada D.I. Konto

sebesar 80% (Q_{80}) (Soemarto, 1987). Sedangkan kebutuhan air irigasi dianalisis menggunakan aplikasi program Cropwat 8.0 versi windows yang dikembangkan oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*) dari data

curah hujan periode tahun 2002 s/d 2014 dan data iklim bulanan (temperatur udara maksimum dan minimum, kelembaban relatif, lama penyinaran dan kecepatan angin) periode tahun 2007 s/d 2014 (stasiun pengukur iklim di wilayah penelitian baru berfungsi tahun 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Iklim

Ancaman bahaya (*hazard*) iklim, saat ini lebih nyata disebabkan oleh variabilitas iklim antar – tahunan (*inter-annual*) dan curah hujan ekstrem (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Variabilitas iklim dapat didekati melalui analisis fluktuasi curah hujan dengan mengetahui adanya keragaman sifat hujan yang terjadi pada kurun waktu tertentu (Iriany, 2013). Variabilitas iklim antar-tahunan terutama yang berkaitan dengan fenomena El Niño (pengaruh iklim dari Samudra Pasifik) biasanya terjadi pada musim kemarau dan menimbulkan dampak penurunan curah hujan (terjadi hujan bawah normal), sebaliknya fenomena La – Nina umumnya terjadi pada musim hujan dan menimbulkan peningkatan curah hujan di atas curah hujan normal (IPCC, 2001; Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

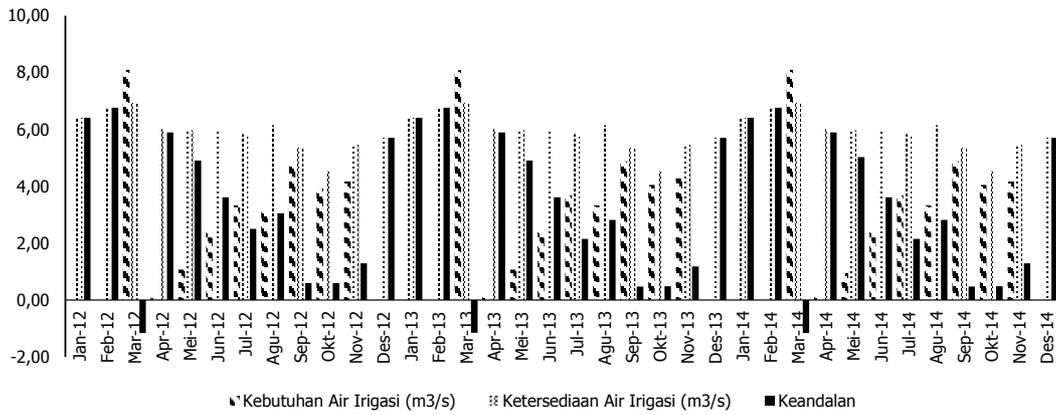
Hasil analisis (Gambar 2 s.d. 5) menunjukkan bahwa di wilayah D.I. Molek, Jatikulon, Menturus dan Konto terjadi perubahan iklim, dengan indikasi adanya keragaman sifat hujan (sifat hujan Atas Normal, Normal dan Bawah Normal) dan terjadi kecenderungan curah hujan meningkat drastis ataupun menurun drastis dari tahun ke tahun (periode tahun 2002 – 2014). Kecenderungan peningkatan curah hujan dari tahun ke tahun terjadi di wilayah D.I. Molek, Menturus dan Konto, sedangkan kecenderungan penurunan curah hujan terjadi di wilayah D.I. Jatikulon.

Selain itu, data curah hujan harian di masing-masing stasiun hujan lokasi penelitian menunjukkan terjadi hujan ekstrim di semua wilayah D.I. yang diteliti pada periode tahun 2002 – 2014. Hal ini juga merupakan indikasi terjadinya perubahan iklim. Menurut BAPPENAS (2014), perubahan iklim ditengarai

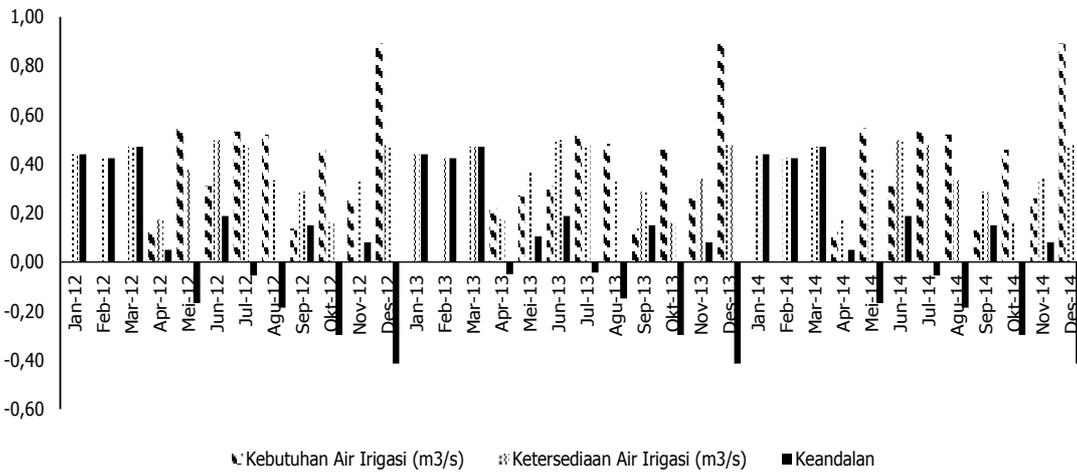
Tabel. 1. Perhitungan indeks kelentingan (I_k) pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto

Variabel	D.I. Molek	D.I. Jatikulon	D.I. Menturus	D.I. Konto
Jumlah kejadian total (N_k)	36	36	36	36
Jumlah kejadian andal (F_a)	33	21	24	18
Jumlah kejadian tidak andal (T_a)	3	15	12	18
Jumlah kelompok kejadian yang tidak dapat diandalkan (J_k)	3	12	6	6
Indeks kelentingan (I_k)*	100%	80%	50%	33%

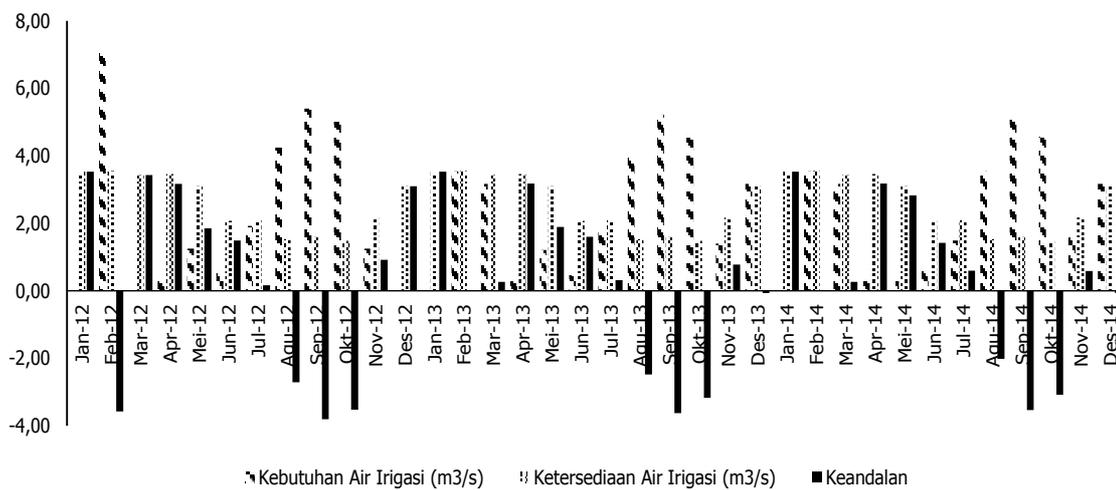
* $I_k = (J_k/T_a) \times 100\%$



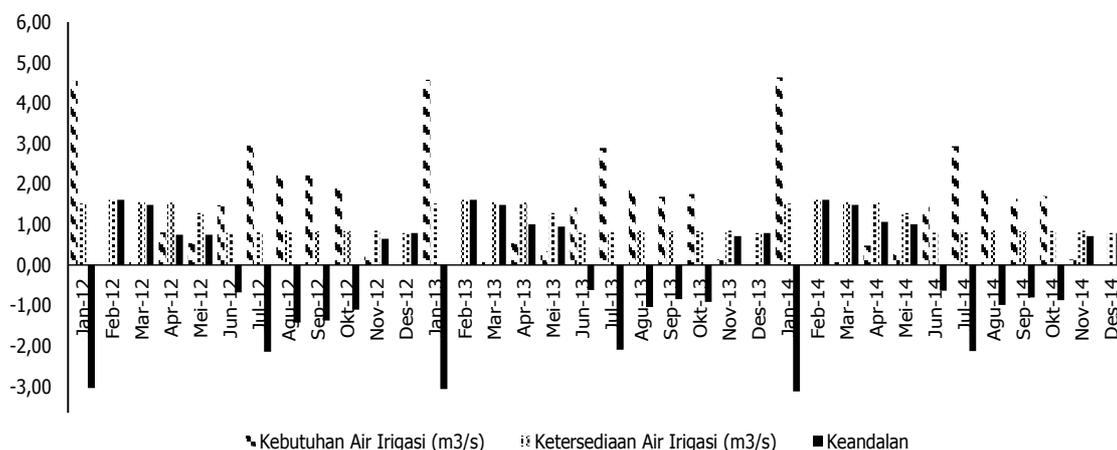
Gambar 6. Diagram residu aliran pada D.I. Molek



Gambar 7. Diagram residu aliran pada D.I. Jatikulon



Gambar 8. Diagram residu aliran pada D.I. Menturus



Gambar 9. Diagram residu aliran pada D.I. Konto

berpotensi meningkatkan frekuensi kejadian cuaca dan iklim ekstrem, yaitu dengan semakin meningkatnya intensitas kejadian El Niño, berasosiasi dengan semakin kuatnya intensitas kejadian cuaca dan iklim ekstrem (BAPPENAS, 2013). Hujan ekstrim atau hujan sangat lebat (intensitas > 100 mm/24 jam) merupakan tanda kejadian cuaca dan iklim ekstrim (BMKG, 2010).

Keragaman Kerentanan Daerah Irigasi akibat Perubahan Iklim

Keragaman kerentanan D.I. akibat perubahan iklim dianalisis melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) analisis daya lenting sistem irigasi, didapatkan nilai indeks kelentingan (I_k) di D.I. Molek, Jatikulon, Menturus dan Konto; (2) analisis daya lenting sistem irigasi sesuai kategori sifat hujan (AN, N dan BN), didapatkan I_k pada kondisi terjadi perubahan iklim; dan (3) analisis daya lenting sistem irigasi guna adaptasi perubahan iklim, dapat diketahui kerentanan masing-masing D.I. akibat perubahan iklim.

Nilai indeks kelentingan (I_k) pada sistem irigasi

Hasil analisis ketersediaan air irigasi (Q_{80}) dan kebutuhan air irigasi (Q_b) pada D.I. Molek, Jatikulon,

Menturus dan Konto diplotkan dalam satu diagram batang yang menghasilkan nilai keandalan air irigasi (residu antara ketersediaan dan kebutuhan air irigasi). Berdasarkan diagram residu aliran pada masing-masing D.I. (Gambar 6 s.d. Gambar 9) akan diperoleh nilai: jumlah kejadian total (N_k); jumlah kejadian andal (F_a); jumlah kejadian tidak andal (T_a); dan jumlah kelompok kejadian tidak andal (J_k), sedangkan nilai indeks kelentingan (I_k) dihitung dengan persamaan Duckstein dan Plate (1987) dan Suprpto (2010) terlihat pada Persamaan 5.

$$I_k = \frac{J_k}{T_a} \text{ atau } I_k = \frac{J_k}{N_k - F_a} \tag{5}$$

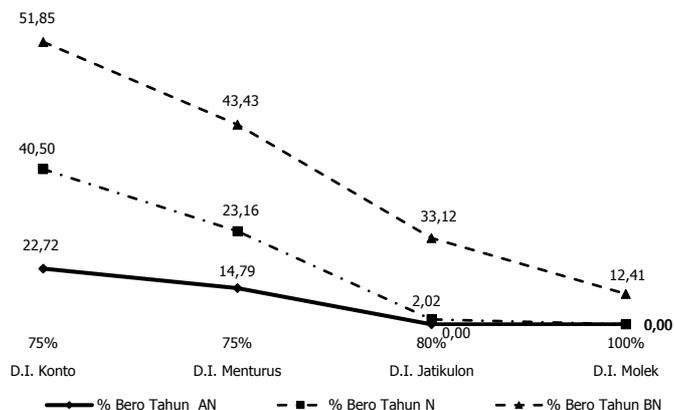
Hasil analisis indeks kelentingan (I_k) (Tabel 1.) menunjukkan bahwa D.I. Molek memiliki I_k tertinggi, yaitu sebesar 100%; selanjutnya D.I. Jatikulon 80%; D.I. Menturus 50% dan paling kecil adalah D.I. Konto 33%.

Indeks kelentingan (I_k) pada kondisi perubahan iklim

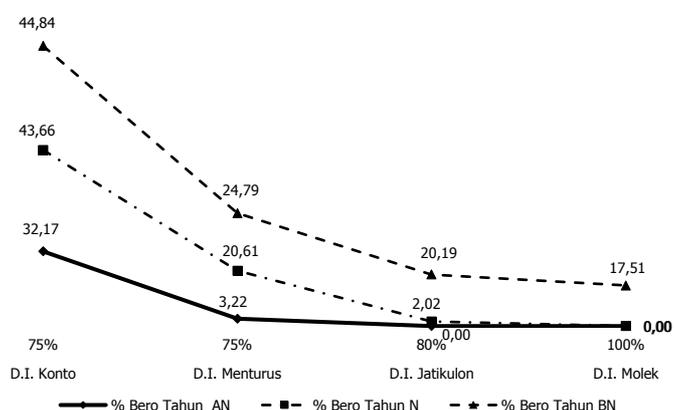
Hasil analisis daya lenting pada kondisi perubahan iklim (Tabel 2) menunjukkan terjadi kecenderungan daya

Tabel. 2. Indeks Kelentingan (I_k) sesuai kategori sifat hujan pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto

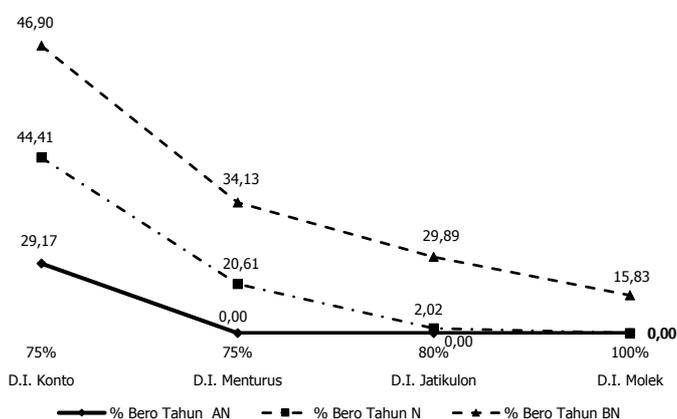
Kategori sifat hujan	Molek		Jatikulon		Menturus		Konto	
	Jml data (tahun)	I_k (%)						
Tahun 2002 - 2014	13	100	13	80	13	50	13	33
Normal (N)	7	100	8	50	8	40	7	33
Atas normal (AN)	2	100	2	100	2	64	2	50
Bawah normal (BN)	4	67	3	11	3	40	4	33



Gambar 10. Grafik hubungan daya lenting dan persentase pengurangan luas tanam pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto terhadap pola tanam tahun 2012



Gambar 11. Grafik hubungan daya lenting dan persentase pengurangan luas tanam pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto terhadap pola tanam tahun 2013



Gambar 12. Grafik hubungan daya lenting dan persentase pengurangan luas tanam pada D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto terhadap pola tanam tahun 2014

lenting tertinggi pada tahun sifat hujan atas normal, dan terendah pada tahun sifat hujan bawah normal. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perubahan iklim (dianalisis berdasarkan kategori sifat hujan) menghasilkan nilai indeks kelentingan (daya lenting) yang beragam pada tiap kategori sifat hujan.

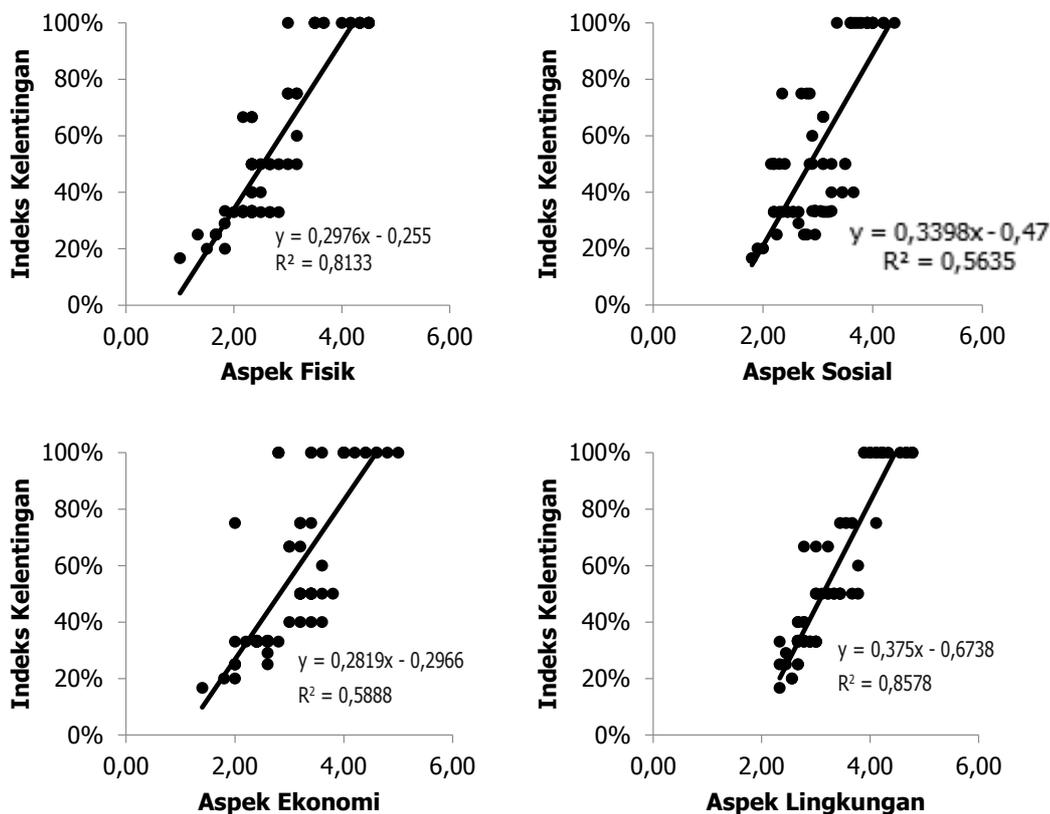
Kerentanan Daerah Irigasi akibat Perubahan Iklim

Kerentanan D.I. akibat perubahan iklim dianalisis melalui indeks kelentingan di masing-masing D.I. setelah dilakukan pengaturan luas tanam guna adaptasi perubahan iklim. Pengaturan luas tanam dilakukan dengan mengurangi luas tanam pada bulan-bulan yang mengalami kekurangan air, sehingga dapat dicapai indeks kelentingan diatas 80%. Menurut Suprpto (2007), jika dicapai indeks kelentingan $\geq 80\%$ maka kelestarian sumberdaya air dapat tercapai, yang artinya bahwa sistem irigasi akan cepat kembali normal dari keadaan yang berpotensi mengancam keamanan fasilitas dan produksi (Hashimoto dkk., 1982; Duckstein dan plate, 1987).

Pengaturan luas tanam dilakukan di semua D.I. yang diteliti dengan persentase pengurangan luas tanam yang berbeda-beda. Pada D.I. Molek dan Jatikulon dapat dicapai indeks kelentingan $\geq 80\%$, sedangkan pada D.I. Menturus dan Konto hanya dapat dicapai indeks kelentingan 75% setelah dilakukan pengaturan luas tanam. Hasil analisis (Gambar 10 s.d Gambar 12) menunjukkan bahwa semakin rendah daya lenting, (seperti pada D.I. Konto, yang mempunyai daya lenting 33%) membutuhkan persentase pengurangan luas tanam yang relatif besar (terhadap pola tanam tahun 2014: 29,71% pada tahun AN; 44,41% pada tahun N, dan 46,90% pada tahun BN) dibandingkan dengan D.I. yang mempunyai daya lenting lebih tinggi (seperti D.I. Jatikulon, dengan daya lenting 80%) yang hanya membutuhkan persentase pengurangan luas tanam relatif kecil (terhadap pola tanam tahun 2014: 0% pada tahun AN; 2,02% pada tahun N, dan 29,89% pada tahun BN). Sehingga dapat diartikan bahwa semakin rendah daya lenting, maka semakin rentan terhadap perubahan iklim, dengan semakin besarnya persentase pengurangan luas tanam yang dilakukan guna adaptasi perubahan iklim.

Faktor Dominan yang Mempengaruhi Daya Lenting pada Sistem Irigasi

Analisis faktor dominan dilakukan terhadap empat lokasi penelitian secara bersama (gabungan) menggunakan regresi berganda metode stepwise. Hasil analisis (Tabel 3) menunjukkan bahwa di keempat



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Indeks Kelentingan dengan Aspek fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan pada sistem irigasi di wilayah D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto

wilayah D.I. yang diteliti (D.I. Molek, D.I. Jatikulon, D.I. Menturus dan D.I. Konto) ancaman keberlanjutan sistem irigasi yang paling dominan adalah pada aspek lingkungan, disusul secara berurutan oleh aspek fisik, sosial dan ekonomi, dengan Persamaan 6.

$$Kelentingan = -70,808 + 7,188 a + 6,233 b + 4,556 c + 22,545 d + e \quad (6)$$

Tabel 3. Analisis regresi berganda terhadap lokasi penelitian di D.I. Molek, Jatikulon, Menturus, dan Konto secara gabungan

	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-70,808	6,817		-10,386	,000
Fisik (a)	7,188	3,037	,218	2,367	,021
Sosial (b)	6,233	2,566	,138	2,429	,018
Ekonomi (c)	4,556	2,198	,124	2,073	,042
Lingkungan(d)	22,545	3,207	,556	7,030	,000
F hitung	160,246				
Sig. F	0,000				
R ²	0,904				

Secara grafik, hubungan antara indeks kelentingan dengan aspek fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan (Gambar 13) di semua lokasi yang diteliti (D.I. Molek, D.I. Jatikulon, D.I. Menturus, dan D.I. Konto) menunjukkan pengaruh positif terhadap indeks kelentingan.

Lebih jauh dari hasil analisis diketahui bahwa aspek lingkungan paling lemah dan menjadi ancaman terhadap keberlanjutan sistem irigasi karena adanya peningkatan gangguan lingkungan dan perubahan iklim meliputi kejadian, frekuensi, tingkat keparahan dan dampaknya. Hasil wawancara dengan responden menyatakan bahwa hampir di semua wilayah D.I. yang diteliti terjadi penurunan hasil pertanian yang diikuti dengan penurunan kualitas hasil pertanian, serta terjadi ledakan hama dan penyakit tanaman. Kejadian kekeringan pada saat musim kemarau dan banjir pada saat musim hujan, paling parah terjadi pada wilayah D.I. Konto karena kondisi alamnya yang sangat rentan terhadap gangguan lingkungan dan perubahan iklim. Hal ini menyebabkan kemunduran sistem sumber air yang dinyatakan dengan penurunan keandalan sistem irigasi (residu antara debit tersedia dan debit yang dibutuhkan untuk irigasi). Penurunan keandalan sistem

irigasi terjadi saat tahun atas normal (AN) terhadap tahun normal (N) dan bawah normal (BN), bahkan dimungkinkan pada saat kondisi AN terjadi banjir (air berlebih) yang akan merusak infrastruktur irigasi. Gangguan ini menyebabkan menurunnya kondisi fisik infrastruktur irigasi baik jumlah maupun fungsinya. Hampir di seluruh wilayah D.I. yang diteliti mengalami penurunan fungsi jaringan tersier dan kuarter sehingga banyak terjadi kehilangan air sebelum sampai pada lahan sawah milik petani. Penurunan kondisi jaringan irigasi ini secara nyata menjadi ancaman terhadap keberlanjutan sistem irigasi secara fisik (dari aspek fisik).

Sedangkan permasalahan sosial didominasi oleh kurang berfungsinya organisasi Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) (di Jawa Timur disebut dengan HIPPA/Himpunan Petani Pemakai Air) dan hampir semua tugas dilakukan oleh *kuwowo* desa (perangkat desa yang mengurus masalah pengairan). Hal ini terutama terjadi di wilayah D.I. Molek, kecukupan air di wilayah D.I. Molek menyebabkan fungsi organisasi formal seperti HIPPA menjadi kurang solid. Hasil penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa faktor

sosio-kultural, yaitu partisipasi GHIPPA/HIPPA adalah yang paling signifikan menentukan kinerja pengelolaan irigasi pada D.I. Molek (Asri dkk., 2014).

Pada aspek ekonomi, permasalahan terjadi karena ketidaksepadanan biaya operasi dan pemeliharaan (O & P) jaringan irigasi, terutama terjadi di wilayah D.I. Konto yang sering terjadi kerusakan infrastruktur irigasi akibat bencana alam (seperti banjir). Masyarakat petani sering memperbaiki sendiri kerusakan infrastruktur irigasi secara swadaya (paling sering terjadi kerusakan/ jebolnya tanggul dan pintu pengambilan karena banjir) agar proses usaha tani masih dapat berlangsung. Perbaikan yang dilakukan bersifat sementara, yaitu dengan menyusun glangsi (karung yang diisi pasir) pada tanggul dan pintu pengambilan yang jebol. Seharusnya hal ini tidak menjadi masalah apabila dana IPAIR (Iuran Pengelolaan Air Irigasi) dari petani yang dikelola oleh HIPPA dapat digunakan sesuai aturan, namun kenyataan di lapangan hampir di seluruh HIPPA yang diteliti belum dapat mengoptimalkan penggunaan dana IPAIR dari anggotanya, sebagian besar dana IPAIR diperuntukkan untuk insentif petugas pembagi air pada HIPPA tersebut.

Tabel.4. Rekomendasi pembaharuan kebijakan pengelolaan irigasi sesuai hasil penelitian

Kebijakan Saat Ini	Rekomendasi Pembaharuan Kebijakan sesuai Hasil Penelitian
Keberlanjutan sistem irigasi dilaksanakan dengan dukungan keandalan air irigasi dan prasarana irigasi yang baik, guna menunjang peningkatan pendapatan petani. PP No. 77 Tahun 2001; Pasal 6	Selain hal – hal yang telah disebutkan dalam Pasal 6 - PP 77/2001 (keandalan air irigasi dan prasarana irigasi untuk meningkatkan pendapatan petani), keberlanjutan sistem irigasi sangat dipengaruhi kondisi sosial dan lingkungan yang mendukung, mengingat sistem irigasi juga merupakan sistem sosio-kultural yang bersifat dinamis tergantung pada kondisi lingkungannya.
Penyediaan air irigasi adalah penentuan banyaknya air persatuan waktu dan saat pemberian air yang dapat dipergunakan untuk menunjang pertanian. PP No. 77 Tahun 2001; Pasal 1 ayat 10 Dusahakan optimalisasi penyediaan air irigasi dalam satu daerah irigasi maupun antar daerah irigasi. PP No. 77 Tahun 2001; Pasal 17 ayat 2	Usaha optimalisasi penyediaan air irigasi harus memperhatikan adanya peningkatan variabilitas iklim, sehingga dalam pelaksanaannya nilai air irigasi yang tersedia (debit tersedia) perlu dibedakan berdasarkan kondisi iklim, yaitu: - Tahun Hujan Normal (N) - Tahun Hujan Atas Normal (AN) - Tahun Hujan Bawah Normal (BN)
Konsep dasar rencana tahunan kegiatan operasi jaringan irigasi saat ini adalah berdasarkan faktor – K (perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air irigasi), dengan beberapa cara pemberian air irigasi: a. Faktor – K > 75%, maka pemberian air secara terus – menerus (<i>continuous flow</i>) ke petak – petak tersier melalui pintu sadap tersier. b. Faktor – K = 50% – 70%, maka pemberian air secara rotasi. Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015; Bagian Lampiran I	Dengan semakin meningkatnya variabilitas iklim, rencana tahunan kegiatan operasi jaringan irigasi tidak cukup hanya berdasarkan faktor – K saja. Indeks kelentingan (I_k) terbukti dapat digunakan sebagai indikator dalam perencanaan tahunan pembagian dan pemberian air irigasi selain faktor – K, karena nilai Indeks kelentingan dapat memberikan jaminan waktu kembalinya aras air pada kondisi normal. Kriteria pemberian air berdasarkan faktor – K dan Indeks kelentingan (I_k): a. Faktor – K > 75% dan $I_k \geq 80\%$, maka pemberian air secara terus – menerus (<i>continuous flow</i>) ke petak – petak tersier melalui pintu sadap tersier. b. Faktor – K = 50% – 70% dan $I_k < 80\%$, maka pemberian air secara giliran.

Implikasi Perubahan Iklim terhadap Pembaharuan Kebijakan Pengelolaan Irigasi

Hasil penelitian membuktikan bahwa indeks kelentingan (I_k) dapat dijadikan sebagai tolok ukur dalam pengelolaan sistem irigasi selain faktor $-K$, hal ini berimplikasi pada pembaharuan kebijakan pengelolaan irigasi, yaitu pada pola operasi sistem irigasi. Beberapa hal menyangkut pembaharuan kebijakan pengelolaan irigasi sesuai hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 4.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian membuktikan bahwa D.I. Molek, Jatikulon, Menturus dan Konto termasuk D.I. yang terkena dampak perubahan iklim dengan skala kerentanan yang berbeda-beda. Melalui analisis indeks kelentingan (I_k) dapat diketahui kemampuan masing-masing D.I. untuk kemungkinan melakukan perbaikan (*resilience*) setelah terkena dampak perubahan iklim adalah sebesar 100% pada D.I. Molek; 80% pada D.I. Jatikulon; 50% pada D.I. Menturus; dan 33% pada D.I. Konto.

Perubahan iklim diprediksi menyebabkan penurunan luas tanam, yaitu pada kondisi El - Nino (sifat hujan BN) terjadi penurunan luas tanam sebesar 3.229 Ha dari 6.747 Ha (48%) pada D.I. Konto (3 kali tanam dalam setahun), 3.225 Ha dari 9.423 Ha (34%) pada D.I. Menturus (3 kali tanam dalam setahun), 343 Ha dari 1.238 Ha (28%) pada D.I. Jatikulon (2 kali tanam dalam setahun), dan 1.815 Ha dari 11.904 Ha (15%) pada D.I. Molek (3 kali tanam dalam setahun). Sedangkan pada kondisi La - Nina, tidak terjadi peningkatan luas tanam di semua D.I. yang diteliti, bahkan terjadi penurunan luas tanam sebesar 1.892 Ha (28%) pada D.I. Konto dan 575 Ha (6%) pada D.I. Menturus.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ancaman keberlanjutan sistem irigasi yang paling dominan adalah pada aspek lingkungan, disusul secara berurutan oleh aspek fisik, sosial dan ekonomi. Implikasi hasil penelitian terhadap pembaharuan kebijakan pengelolaan irigasi adalah pada pola operasi sistem irigasi, yaitu dengan menjadikan indeks kelentingan (I_k) sebagai tolok ukur dalam pengelolaan sistem irigasi selain faktor $-K$.

Saran

Perlu dilakukan pemetaan pada lahan pertanian beririgasi yang dapat menunjukkan kawasan daerah irigasi yang mempunyai indeks kelentingan tinggi ($I_k \geq 80\%$) dan rendah ($I_k < 80\%$) sehingga dapat diambil suatu kebijakan manajemen sistem irigasi yang tepat

untuk dapat meningkatkan indeks kelentingan pada daerah irigasi guna mencapai pengelolaan sumberdaya air yang berkelanjutan. Hasil penelitian ini cukup membuktikan bahwa indeks kelentingan (daya lenting) dapat dijadikan sebagai tolok ukur dalam pengelolaan sistem irigasi, yaitu dengan kemampuannya untuk dapat menganalisis keragaman kerentanan daerah irigasi terhadap perubahan iklim, melalui batasan optimal indeks kelentingan $\geq 80\%$, sehingga sangat dimungkinkan untuk menjaga keberlanjutan sistem irigasi. Namun demikian, hasil ini masih dalam tahapan konsep yang masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada daerah irigasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi*.
- Anonim, (2001). *Peraturan Pemerintah Nomor 77 tahun 2001 tentang Irigasi*.
- Asri, A., Kusuma, Z., dan Suprayogo, D., (2014). Kajian Faktor Penentu Sosio-Kultural dan Kinerja Sistem Irigasi (Kasus Audit Irigasi Daerah Irigasi (D.I.) Molek, Kepanjen, Kabupaten Malang), *Habitat*. 25: 41 - 48.
- Azis, S., (2011). *Metode Rencana Tata Tanam Global Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim (Studi Kasus Daerah Irigasi Molek Kabupaten Malang)*, Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2010). *Analisis Cuaca Ekstrem Wilayah DKI Jakarta Tanggal 28 Desember 2010*. Jakarta, Indonesia.
- BAPPENAS (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional), (2014). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta, Indonesia.
- BAPPENAS (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional), (2013). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim - Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia*. Jakarta, Indonesia.
- Duckstein, L., dan Plate, E.J., (1987). *Engineering Reliability and Risk in Water Resources*. Martinus Nijhoff. Dordrecht.
- Fussel, H.M., dan Klein, R.J.T., (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climate Change* 75, 301-329.
- Gu, J.J., Guo, P., dan Huang, G.H., (2013). Inexact Stochastic dynamic programming method and application to water resources management in Shandong China under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 27, 1207-1219.
- Hashimoto, T., Stedinger, J.R., dan Loucks, D.P., (1982). "Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water

- resources system performance evaluation" *Water Resource Research*. 18 (1). 14 - 20.
- Hidayat, S., dan Setiawan, E., (2007). Perencanaan Penyediaan dan Penggunaan Air Irigasi pada Sub – Sistem Jangkok – Babak DI SWS Lombok, *E Jurnal Fakultas Teknik Unram*. 8 (1): 65 – 73. Retrieved Oktober 10, 2014, from: <http://ejournal.ftunram.ac.id/FullPaper/Syamsul%20Hidayat-perencanaan%20penyediaan%20air%20irigasi.pdf>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Chambridge, UK: Chambridge University Press.
- Iriany, A., (2013). *Kajian Agroekoteknologi untuk Peningkatan Produktivitas Kentang sebagai Upaya Adaptasi terhadap Perubahan Iklim*. Disertasi Program Pascasarjana Program Studi Ilmu – Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Jackson, T.M, Munir, A., Hanjra, S., Khan, dan Hafeez, M.M., (2011). Building a climate resilient farm: A risk based approach for understanding water, energy and emissions in irrigated agriculture, *Agricultural Systems*. 104 (2011). 729 - 745.
- Jain, S.K., dan Bhunya, P.K., (2008). Reliability, resilience and vulnerability of a multipurpose storage reservoir. *Hydrology Science*. 53 (2), 434–447.
- Kementerian Lingkungan Hidup, (2012). *Kajian Risiko dan Adaptasi Perubahan Iklim Tarakan, Sumatera Selatan dan Malang Raya – Ringkasan untuk Pembuat Kebijakan*. Jakarta, Indonesia.
- Las, I., (2008). Menyiasati Fenomena Anomali Iklim Bagi Pemantapan Produksi Padi Nasional pada Era Revolusi Hijau Lestari, *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 1: 83 – 104.
- McChesney, I.G., Sharp, B.M.H., dan Hayward, J.A., (1981). Energy in New Zealand agriculture: current use and future trends. *Energy in Agriculture* 1, 141–153.
- Moradi, J.M., Haddad, O.B., Karney, B.W., dan Marino, M.A., (2007). Reservoir operation in assigning optimal multi-crop irrigation areas. *Agriculture Water Management*. 90,149–159.
- Morris, E. (Undated). Sampling from small populations. <http://uregina.ca/~morrisev/Sociology/Sampling%20from%20small%20populations.htm>. (Accessed 20 Nov 2014).
- Nam, W.H., dan Choi, J.Y., (2014). Development of an irrigation vulnerability assessment model in agricultural reservoirs utilizing probability theory and reliability analysis. *Agricultural Water Management*. 142, 115–126.
- Paydar, Z., dan Qureshi, M.E., (2012). Irrigation water management in uncertain conditions – application of modern portfolio theory. *Agriculture Water Management*, 115,47–54.
- Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S., dan Cassman, K.G., (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. 101: 9971 – 9975.
- Sasongko, H., Soetopo, W., dan Limantara, L.M., (2014). *Evaluasi Pola Operasi Waduk Selorejo Akibat Perubahan Iklim di Kabupaten Malang Jawa Timur*, Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Setiobudi, E., dan Fagi, A.M., (2009). *Pengelolaan air padi sawah irigasi: antisipasi kelangkaan air*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Soemarto, C.D, (1987). *Hidrologi Teknik*. Edisi 1. Usaha Nasional, Surabaya.
- Suprpto, M., (2010). Konsep pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan di daerah irigasi Notog, *Dinamika Teknik Sipil*. 10: 208 – 211.
- Suprpto, M., (2007). Pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan dengan tolok ukur operasional indeks kelentingan, *Gema Teknik*. 10: 133 – 139.
- Surmaini, E., Runtunuwu, E., dan Las, I., (2011). Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim, *Jurnal Litbang Pertanian*. 30: 1 – 7.
- Surmaini, E., Rakman, dan Boer, R., (2008). Dampak perubahan iklim terhadap produksi padi: studi kasus pada daerah dengan tiga ketinggian berbeda. *Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Surmaini, E., Pujilestari, N., dan Las, I., (2000). Potensi ketersediaan air irigasi untuk peningkatan indeks pertanaman pada kondisi anomali iklim di jawa timur, *Jurnal Agromet*. 15: 43 – 55.
- Syafputri, E, (2014). El Niño pengaruhi produksi padi Jawa Timur. *Antara News.com*: <http://www.antaraneews.com/berita/442259/el-nino-pengaruhi-produksi-padi-jawa-timur>.(Accessed 23 September 2014)
- Vano, J.A., Scott, M.J., Voisin, N., Stockle, C.O., Hamlet, A.F., Mickelson, K.E.B., Elsner, M.M., dan Lettenmaier, D.P., (2010). Climate change impacts on water management and irrigated Agriculture in the Yakima River Basin, Washington, USA. *Climate Change* 102, 287–317.