

SIMULASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KETERSEDIAAN AIR TANAMAN TEBU DI WILAYAH MALANG

Simulation of Impact of Climate Change on Water Supply Availability for Sugarcane in Malang Region

Firmanda Rizky Haditiya, Sugeng Priyono*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl Veteran No 1, Malang 65145

*penulis korespondensi: spj-fp@ub.ac.id

Abstract

This study was held based on climate change impact as a present and future environmental issues on sustainable agriculture especially it's impact on crop water availability. This study aimed to determine the impact of climate change on the water availability of sugarcane that was simulated using climate change scenarios based on global climatic analysis. Climate change was simulated for future scenarios using combination of temperature increase (2°, 4°, and 6° C) and rainfall change (Δ CH -10, Δ CH -5, Δ CH +5, Δ CH +10%) from actual condition. This study took place at Wajak, Sumbermanjing, and Gedangan sub-districts, chosen by sugarcane plantation area with different soil conditions, especially soil texture. The result showed water demand increased 5-15% with the increasing of temperature, thus could impacting crop water availability especially during dry months period which could not fulfill crop water needs. The highest potential reduction was in Gedangan site which reached 5,1% in the C9 scenario (temperature + 6° C and rainfall -10%). The high quality in holding water could not assure the low potential reduction because it also depends on climatic conditions.

Keywords : *climate change, sugarcane, water availability, water needs*

Pendahuluan

Komponen iklim seperti suhu dan curah hujan memiliki peran penting karena berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan air yang diperlukan sebagai bahan pembentuk tubuh tanaman, kekurangan air pada tanaman menyebabkan pertumbuhan terhambat sehingga produksi tidak optimal (Chowdhury *et al.*, 2013; Nita *et al.*, 2014). Isu perubahan pada kedua komponen iklim tersebut dapat menjadi penyebab berkurangnya air tersedia dalam tanah karena korelasi yang kuat dengan jumlah air hilang melalui evapotranspirasi (Priyono, 2017). Perubahan pola curah hujan juga menyebabkan fluktuasi suplai air dalam tanah sehingga tanaman mengalami cekaman bahkan saat memasuki fase kritis yang umumnya memerlukan banyak air. Salah satu komoditas pertanian penting karena perannya

sebagai bahan baku utama penghasil gula adalah tebu. Kawasan pertanaman tebu di Indonesia berpusat di Provinsi Jawa Timur sehingga sampai saat ini masih menjadi kontributor terbesar dengan menyumbang 50% dari total produksi nasional (Badan Pusat Statistik, 2017). Di Indonesia, satu kali masa tanam tebu akan menemui periode bulan basah dan bulan kering sehingga pada fase tertentu kebutuhan air tidak dapat terimbangi oleh ketersediaan air dalam tanah yang semakin menurun. Kondisi tersebut disinyalir menjadi salah satu sebab turunnya presentase rendemen tebu, meskipun tebu juga memerlukan periode bulan kering untuk mencapai fase kemasakan (Cardozo, 2012; Rochimah *et al.*, 2015). Kabupaten Malang sebagai salah satu sentra produksi tebu di Indonesia (Kabupaten Malang Dalam Angka, 2012; Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015) harus bersiap menghadapi

isu perubahan iklim yang dapat memperburuk kondisi tersebut, agar pertanian tebu ke depan tidak makin jauh dari target “Swasembada Gula Nasional”. Kajian mengenai seberapa besar dampak perubahan iklim terhadap komponen pemenuhan kebutuhan air tanaman tebu perlu diketahui sebagai dasar pertimbangan upaya adaptasi dan mitigasi yang dilakukan. Pemenuhan kebutuhan air ternyata juga sangat berkaitan dengan kemampuan tanah menahan dan menyediakan air bagi tanaman (Chang dan Okimoto, 2010). Salah satu sifat fisik tanah yang berpengaruh terhadap kemampuan tersebut adalah tekstur tanah (Intara *et al.*, 2011). Berdasarkan tingkat kekasarannya, Kabupaten Malang dapat dibedakan menjadi 3 kelas yaitu kelas halus (berliat), sedang (berlempung), dan kasar (berpasir) (Kabupaten Malang Dalam Angka, 2012). Umumnya, tanah bertekstur halus memiliki kemampuan menahan air lebih baik dibanding tanah bertekstur kasar karena presentase pori penahanan air (meso dan mikro) yang lebih tinggi (Intara *et al.*, 2011). Pada penelitian ini,

digunakan metode Thornthwaite-Mather serta model CROPWAT 8.0 untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu, curah hujan dan perbedaan tekstur tanah di Wilayah Malang terhadap neraca air, pemenuhan kebutuhan air tanaman serta potensi penurunan hasil tanaman tebu di Kabupaten Malang. Perubahan iklim disimulasikan menggunakan skenario peningkatan suhu udara dikombinasikan dengan penurunan dan peningkatan curah hujan.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei hingga Agustus 2017. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Wajak, Sumbermanjing, dan Gedangan, Kabupaten Malang berdasarkan kawasan penanaman tebu dan perbedaan tekstur. Data iklim yang digunakan bersumber dari stasiun iklim Lanud AR. Saleh, Karangates dan KP. Sumberasin yang dipilih berdasarkan lokasi penelitian dan kelengkapan data.

Tabel 1. Lokasi penelitian

Lokasi	Luas Tanam	Tekstur	Stasiun Meteorologi
Wajak 8° 07' LS 112° 45' BT	953 ha	Kasar (Berpasir)	Lanud. AR. Saleh 7° 55' LS 112° 42' BT
Sumbermanjing 8° 14' LS 112° 41' BT	1.708 ha	Sedang (Berlempung)	Waduk Karangates 8° 09' LS 112° 29' BT
Gedangan 8° 20' LS 112° 37' BT	1.500 ha	Halus (Berliat)	KP. Sumberasin 8° 14' LS 112° 15' BT

Perhitungan neraca air dilakukan menggunakan metode Thornthwaite-Mather (neraca air wilayah) dan model CROPWAT 8.0 (neraca air lahan). Data masukan neraca air wilayah adalah kapasitas maksimum tanah menahan air, curah hujan, dan evapotranspirasi potensial yang dihitung menggunakan metode Penman-Monteith. Luaran neraca air berupa simpanan air tanah, surplus dan defisit setiap bulan. Sedangkan pada CROPWAT 8.0 diperlukan data masukan data iklim (suhu maksimum, minimum, kelembapan, kecepatan angin, dan lama penyinaran), data tanaman, dan data tanah (kapasitas menahan air, infiltrasi, dan depleksi awal). Kapasitas menahan air dikonversi ke dalam bentuk tebal air (mm m^{-1}). Simulasi

dampak perubahan iklim dilakukan berdasarkan data iklim global untuk tahun 2016, 2046, 2076, dan 2106 menggunakan skenario peningkatan suhu (ΔT) dan perubahan curah hujan (ΔCH). Simpanan air tanah (ST) merupakan luaran neraca air Thornthwaite-Mather. Namun, tidak semua air tersebut dapat diserap karena tanah memiliki batas titik layu permanen untuk menyediakan air bagi tanaman (Chang dan Okimoto, 2010). Air tersedia (AT) apabila $ST > \text{lengas titik layu permanen}$. Analisis pemenuhan kebutuhan air tanaman (ETc) dilakukan dengan membandingkan nilai AT dengan ETc yang dihitung dengan persamaan 1 pada setiap skenario perubahan iklim (Tabel 2).

Tabel 2. Tekstur dan kemampuan menahan air

Lokasi	Kelas Tekstur	Kapasitas Menahan Air (mm m ⁻¹)	
		Kapasitas lapangan	Air tersedia
Wajak	Kasar	297	155
Sumbermanjing	Medium	406	188
Gedangan	Halus	525	171

Tabel 3. Skenario Perubahan Iklim

Kode	Tahun	ΔT (°C)	ΔT (%)
C0	Aktual (1998-2016)	0	0
C1	2046	+2	-10
C2	2046	+2	-5
C3	2046	+2	+5
C4	2046	+2	+10
C5	2076	+4	-10
C6	2076	+4	-5
C7	2076	+4	+5
C8	2076	+4	+10
C9	2106	+6	-10
C10	2106	+6	-5
C11	2106	+6	+5
C12	2106	+6	+10

Jika $AT > ET_c$, maka kebutuhan air tercukupi namun jika $AT < ET_c$ maka tanaman akan kekurangan air pada fase pertumbuhannya. ET_c diartikan sebagai jumlah air yang hilang di setiap fase tumbuh tanaman (K_c) melalui evapotranspirasi (ET_o). ET_c memiliki nilai yang berbeda-beda karena merujuk pada kondisi iklim wilayah.

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots \dots \dots (1)$$

Perhitungan tersebut digunakan secara umum untuk mengestimasi kebutuhan air tanaman pada kondisi manajemen dan lingkungan yang optimal. Namun pada perhitungan evapotranspirasi aktual, dilibatkan koefisien *stress* (K_s) karena tidak selalu berada pada kondisi optimal.

$$ET_a = K_s \times ET_c \dots \dots \dots (2)$$

Dimana K_s merupakan fungsi dari total air tersedia (TAW), air tersedia tanpa menyebabkan *stress* tanaman (RAW) dan

depleksi pada zona perakaran (D_r). K_s bernilai 0-1, apabila K_s bernilai 1 menunjukkan tidak adanya *stress* air sehingga nilai ET_a sama dengan ET_c .

$$K_s = \frac{(-)}{(-)} \dots \dots \dots (3)$$

Respon tanaman pada kondisi kekurangan air ditunjukkan dengan meningkatnya potensi reduksi hasil tanaman (Y_a). Setiap tanaman memiliki faktor reduksi hasil (K_y) yang berbeda (Persamaan 4).

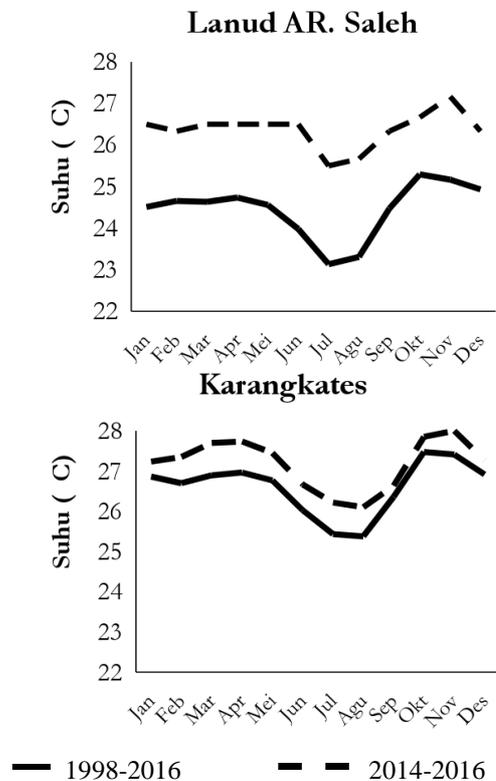
$$(1-) = (1-) \dots \dots \dots (4)$$

Hasil dan Pembahasan

Kecenderungan suhu dan curah hujan di Kabupaten Malang

Kecenderungan suhu yang ditunjukkan pada kedua stasiun klimatologi (Gambar 1) cukup menjelaskan bahwa suhu udara di Kabupaten Malang telah meningkat. Berdasarkan data

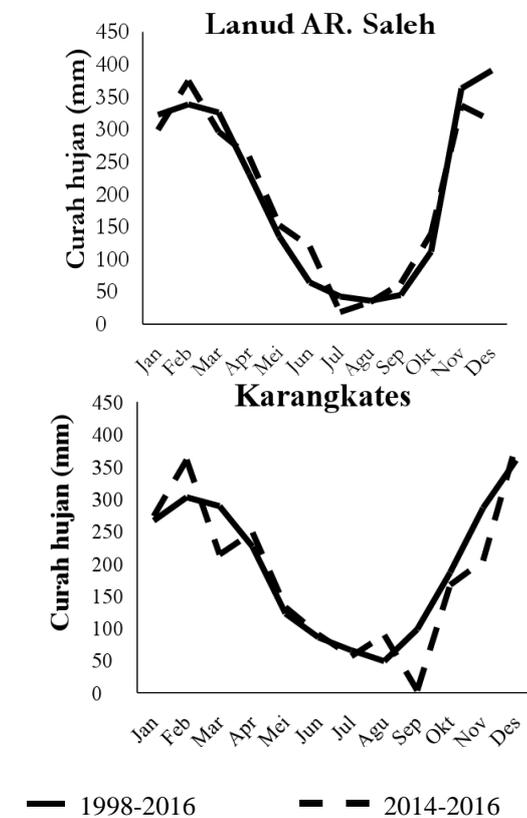
pengamatan beberapa stasiun klimatologi di Kabupaten Malang, rata-rata suhu udara meningkat sebesar 0,3° 2,3° C dalam 3 tahun terakhir dibanding kondisi normal.



Gambar 1. Kecenderungan suhu 3 tahun terakhir

Menurut IPCC (2014) peningkatan suhu udara merupakan imbas dari semakin tingginya konsentrasi GRK di atmosfer terutama dalam periode 30 tahun terakhir, faktanya Indonesia juga termasuk salah satu negara penghasil emisi yang cukup besar sehingga dampak perubahan iklim akan sangat terasa (Maesey, 2010). Peningkatan suhu akan diikuti dengan perubahan curah hujan di setiap wilayah (IPCC, 2014). Berdasarkan pola hujannya, Kabupaten Malang termasuk kedalam wilayah dengan pola hujan Musonial yang dicirikan dengan perbedaan sangat jelas antara musim hujan dan musim kemarau. Secara umum musim dingin atau musim hujan berlangsung pada bulan Nopember hingga Maret, dan musim panas berlangsung pada bulan Mei hingga September, sedangkan bulan Oktober menjadi bulan

transisi (Loo *et al.*, 2015). Fluktuasi hujan yang ditunjukkan pada Gambar 6 hampir sesuai dengan hasil penelitian Radini dan Faqih (2015) yang memproyeksikan bahwa secara umum curah hujan di Indonesia akan mengalami kenaikan saat musim kemarau dan mengalami penurunan saat musim hujan. Secara tahunan, curah hujan cenderung menurun sebesar 0,04 3,1%. Kondisi ini dapat mengancam keberlanjutan pertanian dari aspek penyediaan air sehingga perlu dilakukan penaksiran seberapa besar dampak yang mungkin ditimbulkan melalui perhitungan neraca air.



Gambar 2. Kecenderungan curah hujan 3 tahun terakhir

Neraca air aktual

Evapotranspirasi di Kecamatan Wajak memiliki nilai 1271 mm tahun⁻¹, lebih rendah dibandingkan 2 lokasi lain yang mencapai 1524 mm tahun⁻¹ dikarenakan suhu rata-rata dan

curah hujan yang relatif lebih rendah. Periode surplus di Kecamatan Wajak berlangsung sebanyak 7 kali (Oktober-Mei), sedangkan di Kecamatan Sumbermanjing dan Gedangan terjadi sebanyak 6 kali (November-Mei) dengan 1 kali periode transisi (Oktober). Surplus di Kecamatan Wajak memiliki nilai paling tinggi yaitu 1218 mm tahun⁻¹ dibanding Kecamatan Sumbermanjing dan Gedangan yaitu 988 dan 979 mm tahun⁻¹. Perbedaan kemampuan tanah menahan air menjadikan nilai surplus berbeda-beda, tanah di Kecamatan Wajak yang cenderung berpasir memiliki kemampuan menahan air yang rendah sehingga banyak air yang lolos atau menjadi limpasan permukaan. Nilai surplus yang tinggi menunjukkan simpanan air (ST) yang rendah, dari hasil analisis diperoleh bahwa nilai ST di Kecamatan Wajak jauh lebih rendah yaitu hanya 3007 mm tahun⁻¹ dibanding di 2 lokasi lain yang dapat

mencapai 5714 mm tahun⁻¹. Iklim Kabupaten Malang yang tergolong agak basah menjadikan nilai surplus jauh lebih besar dibandingkan defisit air karena tingginya curah hujan.

Dampak perubahan iklim terhadap neraca air

Peningkatan suhu 2-6° C menyebabkan peningkatan evapotranspirasi sebesar 4-18% sehingga berdampak terhadap berkurangnya periode surplus di ketiga lokasi studi. Namun, pergeseran menjadi periode defisit hanya terjadi pada skenario yang disertai penurunan hujan 10% (C1, C5, dan C9) di Kecamatan Sumbermanjing dan Gedangan yang memiliki evapotranspirasi lebih tinggi dibanding Kecamatan Wajak. Pergeseran terjadi pada bulan Mei dan Oktober yang merupakan masa transisi.

Tabel 4. Dampak perubahan iklim terhadap surplus dan defisit

Skenario	Wajak				Sumbermanjing				Gedangan			
	Surplus		Defisit		Surplus		Defisit		Surplus		Defisit	
	Mm	Bln	mm	bln	Mm	bln	mm	bln	mm	bln	mm	Bln
Aktual	1218	7	83	5	988	7	64	4	979	7	38	4
C1	947	6	119	5	718	5	79	5	703	5	64	5
C2	1058	7	110	5	822	6	67	5	809	6	54	5
C3	1280	7	91	5	1039	7	52	4	1029	7	42	4
C4	1392	7	82	5	1149	7	44	4	1140	7	36	4
C5	902	6	131	5	670	5	98	5	652	5	80	5
C6	1012	7	110	5	771	5	83	5	755	5	67	5
C7	1233	7	89	5	983	6	63	4	971	6	51	4
C8	1344	7	83	5	1092	7	57	4	1081	7	46	4
C9	834	6	142	5	620	5	121	5	599	5	99	5
C10	944	6	130	5	720	5	104	5	701	5	85	5
C11	1164	7	117	5	924	6	77	5	910	6	63	5
C12	1274	7	108	5	1032	6	59	4	1019	6	56	4

Perubahan durasi bulan surplus menyebabkan simpanan air tanah mengalami fluktuasi yang cenderung mengalami penurunan. Nilai ST keseluruhan mengalami penurunan dibanding kondisi aktual pada semua skenario perubahan iklim kecuali pada skenario C4 ($\Delta T = +2^\circ C$; $\Delta CH = +10\%$) di Kecamatan Gedangan yang sedikit mengalami peningkatan dari kondisi aktual yaitu sebesar 0,4%. Hal tersebut berkaitan dengan peningkatan curah hujan yang

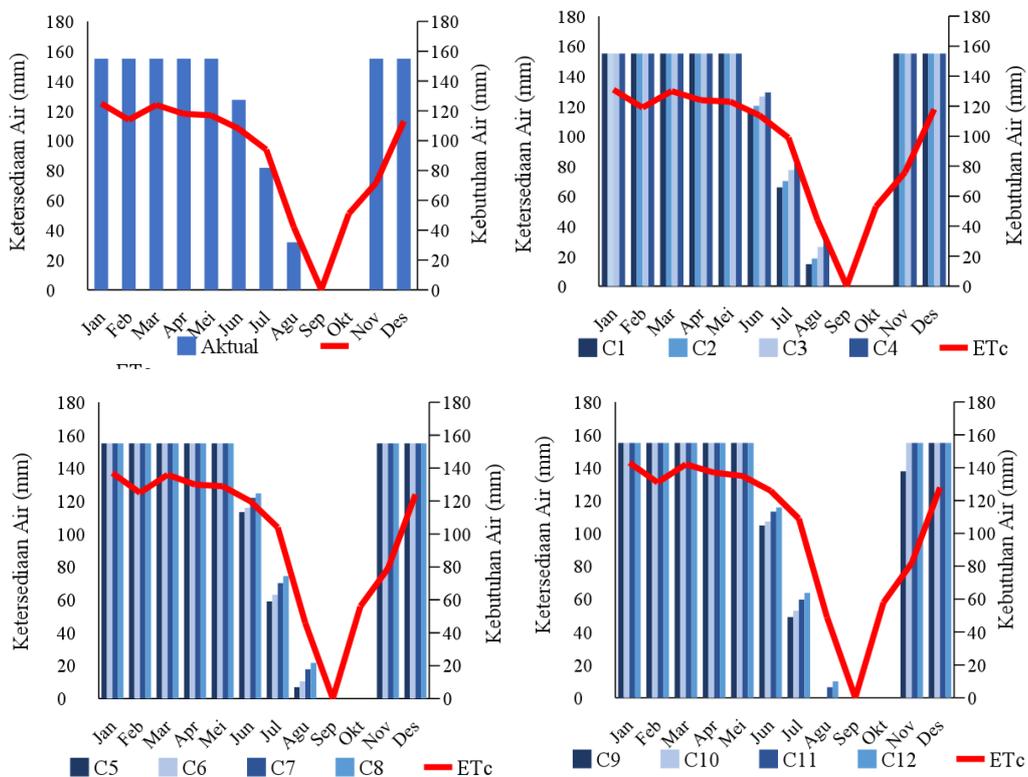
semakin jauh melampaui evapotranspirasi potensial, sehingga periode surplus berlangsung lebih sering dibanding skenario lainnya. Selain itu, tanah Gedangan di dominasi fraksi liat yang memiliki proporsi pori mikro tinggi sehingga kemampuan menahan airnya lebih tinggi dibanding 2 lokasi lainnya. penurunan ST di semua lokasi berkisar antara 0,4-9,2 % dibanding kondisi aktual. Penurunan ST tertinggi di semua wilayah terjadi pada skenario

C9 ($\Delta T = +6^\circ \text{C}$; $\Delta \text{CH} = -10\%$) sebesar 6,2-9,2%.

Dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air tanaman tebu

Perhitungan neraca air Thornthwaite-Mather menghasilkan nilai jumlah air yang tersimpan dalam tanah (ST) pada kondisi kapasitas lapangan setiap bulan. Namun, tanah memiliki batasan titik layu permanen (pF 4,2) dalam menyediakan air bagi tanaman (Chang dan Okimoto, 2010), sehingga simpanan air tanah

yang berada dibawah titik tersebut tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Pada kondisi aktual, kebutuhan air tanaman tebu di lokasi Wajak sebesar 1077 mm musim⁻¹, lebih kecil dibanding 2 lokasi lain yang mencapai 1165 mm musim⁻¹. Peningkatan suhu sebesar 2^o-6^o C mampu meningkatkan kebutuhan air tanaman sebesar 5-15% dari kondisi aktual sehingga berdampak pada ketersediaan air yang tidak mencukupi kebutuhan air tanaman terutama saat memasuki bulan kering.



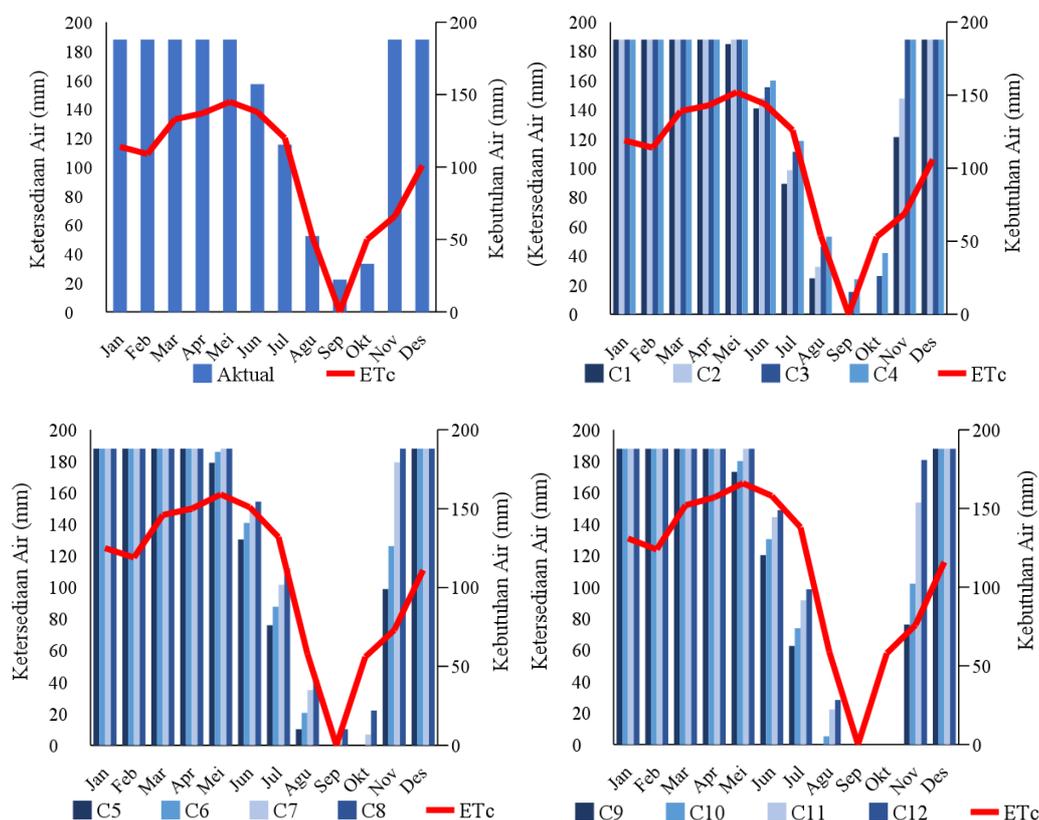
Gambar 3. Ketersediaan air di Kecamatan Wajak

Peningkatan suhu sebesar 4^oC disertai penurunan curah hujan 5-10% mampu menyebabkan ketersediaan air selama 3 bulan kering (Juni-Agustus) tidak cukup memenuhi kebutuhan air tanaman. Dampak paling parah ditunjukkan pada skenario C9-C12 yang merupakan skenario dengan peningkatan suhu tertinggi (6^oC). Laju evapotranspirasi di lokasi Sumbermanjing dan Gedangan lebih tinggi dibanding lokasi Wajak. Hal tersebut berpengaruh pada kebutuhan air tanaman dan jumlah air yang hilang karena proses

evapotranspirasi semakin tinggi sehingga ketersediaan air belum mampu memenuhi kebutuhan air tanaman meskipun curah hujan yang lebih tinggi serta kondisi tanah di 2 lokasi tersebut memiliki kemampuan menahan air yang lebih baik dibanding lokasi Wajak. Serupa dengan kondisi aktual di lokasi Wajak, pada lokasi 2 lokasi tersebut ketersediaan air selama beberapa fase pertumbuhan tidak mampu memenuhi jumlah kebutuhan air tanaman. Namun, dampak perubahan iklim sudah mulai terlihat pada skenario C1 dan C2 dimana

ketersediaan air selama 3 bulan fase akhir pertumbuhan (Juni-Agustus) tidak mampu mencukupi kebutuhan air tanaman. Seiring peningkatan suhu, ketersediaan air semakin berkurang bahkan peningkatan curah hujan

sebesar 10% belum mampu memenuhi kebutuhan air tanaman tebu selama periode bulan kering (Juni-Agustus) baik di lokasi Sumbermanjing maupun Gedangan.



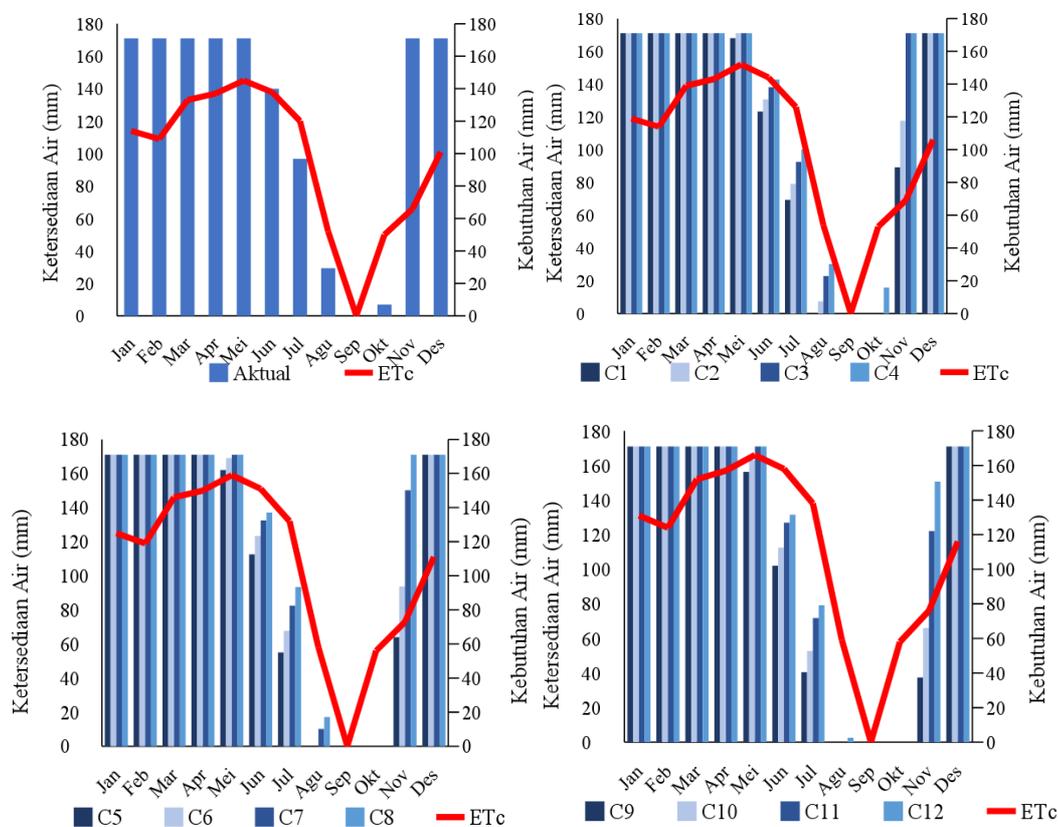
Gambar 4. Ketersediaan air di Kecamatan Sumbermanjing

Secara umum, perubahan iklim mulai berdampak terutama pada setiap skenario yang disertai penurunan curah hujan. Peningkatan suhu disertai penurunan curah hujan menyebabkan penurunan ketersediaan air dalam tanah (Priyono, 2017) sehingga tidak mampu mensuplai jumlah kebutuhan air tanaman selama beberapa fase pertumbuhan tanaman tebu. Kebutuhan air pada fase awal (0-30 hari) di semua lokasi studi belum terpenuhi karena tidak adanya air tersedia dalam tanah. Namun, seiring tingkat pertumbuhan tanaman (31-260 hari) ketersediaan air dalam tanah sudah mampu mensuplai kebutuhan air karena masuknya periode bulan basah. Ketersediaan air makin menurun seiring masuknya periode bulan

kering (Juni-Agustus) atau tepatnya saat tanaman berada pada fase akhir pertumbuhan. Untuk tanaman tebu, kebutuhan air tertinggi berada pada fase *middle* atau pemanjangan batang yang merupakan fase kritis tanaman tebu dan berlangsung sangat lama tepatnya 180 hari atau pada saat tanaman tebu berumur 4 sampai 9 bulan (Asriarsuri dan Panjaitan, 1998). Menurut Rochimah *et al.* (2015) tanaman tebu akan tumbuh normal apabila pada fase vegetatif cukup mendapat air. Kekurangan air dapat mengakibatkan perubahan komponen kimia dan fisiologi tanaman yang berdampak pada penurunan laju pertumbuhan, luas daun, penutupan stomata, senesen, dan muncul gejala stres tanaman. Menurut Cardozo (2013), tebu memerlukan 2-4 bulan kering untuk

menghentikan proses pertumbuhan dan memulai fase pemasakan. Saat itu kekurangan

air pada fase tersebut, konsentrasi sukrosa meningkat hingga 15%.



Gambar 4. Ketersediaan air di Kecamatan Gedangan

Dampak perubahan iklim terhadap potensi reduksi hasil tanaman tebu

Tanaman cenderung memberikan respon terhadap kondisi kekurangan air berupa penurunan aktivitas metabolisme yang tampak pada penurunan fisiologi tanaman sehingga memungkinkan terjadinya reduksi hasil tanaman. Bila ketersediaan air menurun maka proses metabolisme tanaman akan terhambat sehingga berdampak pada penurunan komponen hasil. Potensi penurunan hasil dapat diestimasi dengan menghubungkan antara pemenuhan kebutuhan air dengan faktor reduksi tanaman. Potensi penurunan hasil semakin tinggi seiring peningkatan suhu disertai penurunan curah hujan karena menyebabkan kandungan air dalam tanah berkurang sehingga terjadi defisit air dalam

tanah. Pada kondisi defisit tanaman dapat mengalami stres (Malebajoa, 2010). Produksi tebu di semua lokasi pada skenario C9 ($\Delta T = +6^\circ C$; $\Delta CH = -10\%$) berpotensi mengalami penurunan paling besar berkisar 4,1-5,1% dari kondisi aktual. Secara keseluruhan, potensi penurunan di semua lokasi tidak melebihi 10%. Pemilihan waktu tanam tebu berperan dalam menentukan besarnya potensi penurunan hasil, jika pemilihan waktu tanam tepat sesuai kondisi ketersediaan air maka kemungkinan penurunan hasil yang tinggi dapat dihindari (Priyono, 2008; Malebajoa, 2010; Cardozo, 2012). Air dalam tanah mencapai kondisi tidak tersedia saat tebu memasuki fase akhir. Namun, kebutuhan air tanaman tebu berangsur turun pada saat tanaman memasuki fase generatif hingga fase pemasakan dan siap panen. Hasil penelitian Asriaruri dan Panjaitan (1998) menunjukkan

bahwa kebutuhan air tertinggi terjadi saat berumur 4 sampai 9 bulan sehingga diupayakan tanaman tebu memasuki fase vegetatif atau selama fase tersebut kebutuhan air terpenuhi.

Tabel 5. Dampak perubahan iklim terhadap potensi reduksi hasil tanaman tebu

Skenario	Wajak			Sumbermanjing			Gedangan		
	Etc (mm)	ETa (mm)	RP (%)	ETc (mm)	ETa (mm)	RP (%)	ETc (mm)	ETa (mm)	RP (%)
C1	1127,9	1097,2	3,3	1216,6	1190,3	2,6	1216,6	1186,8	2,9
C2	1127,9	1099,3	3	1216,6	1192,3	2,2	1216,6	1192,4	2,4
C3	1127,9	1101,3	2,7	1216,6	1194,4	2,2	1216,6	1196,4	2
C4	1127,9	1102,2	2,5	1216,6	1195,4	2,1	1216,6	1197,2	1,9
C5	1182,4	1144,7	3,8	1272,7	1239,7	3,1	1272,7	1231,3	3,9
C6	1182,4	1149,5	3,3	1272,7	1245,2	2,6	1272,7	1239,7	3,1
C7	1182,4	1154,3	2,9	1272,7	1249,3	2,2	1272,7	1250,8	2,1
C8	1182,4	1155,2	2,8	1272,7	1250,4	2,1	1272,7	1252,3	1,9
C9	1235,9	1187,9	4,7	1330,7	1285,5	4,1	1330,7	1272,9	5,1
C10	1235,9	1194,3	4	1330,7	1294,4	3,3	1330,7	1284,4	4,1
C11	1235,9	1204,2	3,1	1330,7	1305,2	2,3	1330,7	1301,4	2,6
C12	1235,9	1206,8	2,8	1330,7	1307,1	2,1	1330,7	1307,0	2,1

Keterangan : ETc= Evapotranspirasi tanaman; ETa= Evapotranspirasi aktual; RP= Reduksi hasil

Kekurangan air pada fase tersebut dapat mengakibatkan penurunan performa fisiologi seperti ukuran diameter batang yang kecil, serta jarak antar buku relatif pendek yang mengakibatkan tinggi tanaman menjadi kurang sehingga produksi juga menurun. Rochimah *et al.* (2015) menambahkan bahwa fase pematangan batang memerlukan setidaknya 2 hingga 4 bulan kering. Kelebihan air pada fase tersebut sangat merugikan karena berdampak pada penurunan rendemen.

Kesimpulan

Skenario dengan peningkatan suhu dan penurunan curah hujan 10% mampu mengurangi periode bulan surplus di semua lokasi studi. Namun, pergeseran menjadi bulan defisit hanya terjadi di Kecamatan Sumbermanjing dan Gedangan. Kebutuhan air tanaman meningkat 5-15% seiring peningkatan suhu udara sebesar 2°-6° C, sehingga berdampak pada ketersediaan air selama periode bulan kering tidak mencukupi kebutuhan air tanaman. Potensi reduksi hasil tanaman tebu di Kecamatan Gedangan paling tinggi hingga mencapai 5,1% pada skenario C9 ($\Delta T +6^{\circ} C$ dan $\Delta CH -10\%$). Kemampuan tanah menahan air yang tinggi tidak menjamin

potensi reduksi rendah karena tergantung pada kondisi iklim

Daftar Pustaka

- Asriarsuri, H. dan Panjaitan, N.H. 1998. Kebutuhan air tanaman tebu dan hubungannya dengan cara pemberian secara curah dan tetes. *Buletin Keteknik Pertanian* 12(1): 21-28.
- Cardozo, N.P and Sentelhas, P.C. 2013. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivar and crop age. *Scientia Agricola* 70(6): 449-456
- Cardozo, N.P. 2012. Modeling sugarcane ripening as function of meteorological variables. Dissertation, University of São Paulo (in Portuguese)
- Chang, J.H., and Okimoto, G. 2010. Global Water Balance According to the Penman Approach. Water Resource Research Center
- Chowdhury, S., Al-Zahrani, and M. Abdullah, A. 2013. Implications of Climate Change on Crop Water Requirements in Arid Region: An Example of Al-Jouf, Saudi Arabia. Saudi Arabia: Department of Civil and Environmental Engineering, Water Research Group, King Fahd University of Petroleum and Mineral Dhahran
- Intara, Y.I., Asep, S., Erizal, Namaken, S., dan M. H. Bintoro, D. 2011. Pengaruh pemberian bahan organik pada tanah liat dan lempung

- berliat terhadap kemampuan mengikat air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 16(2):130-135
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kabupaten Malang Dalam Angka. 2012. Kabupaten Malang Dalam Angka Tahun 2012 Edisi 2013. Malang: Pemerintah Kabupaten Malang
- Loo, Y.Y., Billa, L. dan Singh, A. 2015. Effect of climate change on seasonal monsoon in asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia. *Geoscience Frontiers* 6(9):817-823.
- Maesey, M. 2010. A Vulnerable Country in The Face of Climate Change. *Global Majority*, 1(1):31-45.
- Malebajoa, M.A. 2010. Climate Change Impacts on Crop Yields and Adaptive Measures for Agricultural Sector in the Lowlands of Lesotho. Swedia: Lund University
- Nita, I., Listyarini, E. dan Kusuma, Z. 2014. Kajian lengas tersedia pada toposekuen lereng utara G. Kawi Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(2):53-62.
- Prijono, S. 2008. Model Neraca Lengas Lahan Kering : Penetapan Kalender Tanam Lahan Kering. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya: Malang
- Prijono, S. 2017. Neraca Air sebagai Landasan Pengembangan dan Manajemen Pertanian Berkelanjutan di Lahan Tadah Hujan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Ilmu Hidrologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Disampaikan pada Rapat Terbuka Senat UB Malang, 10 Mei 2017
- Radini dan Fiqih, A. 2015. Proyeksi Perubahan Pola Curah Hujan di Indonesia menggunakan Skenario Perubahan Iklim Jangka Pendek. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/79723> (Online) Diakses pada 30 Mei 2017.
- Rochimah, N.R., Soemarno, dan Muhaimin, A.W. 2015. Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Produksi dan Rendemen Tebu di Kabupaten Malang. Malang: Tesis Program Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Universitas Brawijaya