

TREN PERUBAHAN *CROP WATER PRODUCTIVITY* KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DI D.I. YOGYAKARTA

TREND OF CHANGES IN COCOA (Theobroma cacao L.) CROP WATER PRODUCTIVITY IN D.I. YOGYAKARTA

Eka Suhartanta¹, Lisma Safitri^{1✉}

¹Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper

✉Komunikasi Penulis, email: lismasafitri86@gmail.com; lisma@instiperjogja.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv9i3.237-247>

Naskah ini diterima pada 21 April 2020; revisi pada 14 September 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 19 September 2020

ABSTRACT

The studies on the Crop Water Productivity (CWP) of cocoa to increase productivity in the midst of water scarcity and climate change are currently underdeveloped. Thus, this study aims to find out the trends in climate, productivity, crop water use and CWP of cocoa plantations. The methods included collecting climate and productivity data during 2014-2019, simulating crop water use with Cropwat 8.0 software and analysing the changing trends of CWP in cocoa plantations, DI Yogyakarta. The results indicated the changes in productivity of cocoa plantation ranged from 0,41 – 0,53 tons / ha. The Crop Water Usage (CWU) decreased from 11.107 m³ in 2014 to 8.482 m³ in 2019 under rainfed schenario. Subsequently, the trend of CWP tended to increase from 0,037 kgm⁻³ in 2014 to 0,059 kgm⁻³ in 2019. CWP of cocoa plantation increased when CWU decreased and productivity increased. CWP value illustrated that every 1 m³ of water used have produced 0,037 – 0,059 kg of dried cocoa beans. In terms of water use efficiency, this relatively small CWP value indicates that the level of water use by cocoa plants in DI Yogyakarta is inefficient that requires improvement in the future such as increasing land productivity and precision irrigation schemes for cocoa plantations.

Keywords: *Cacao (Theobroma cacao L.), crop water productivity, crop water use, D.I Yogyakarta*

ABSTRAK

Studi tentang *Crop Water Productivity* (CWP) tanaman kakao sebagai salah satu upaya peningkatan produktivitas di tengah kelangkaan sumber daya air dan perubahan iklim saat ini juga belum banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tren iklim, produktivitas, penggunaan air serta tren perubahan CWP perkebunan kakao. Metode penelitian ini meliputi pengumpulan data iklim dan produktivitas perkebunan kakao DI Yogyakarta periode 2014-2019, simulasi penggunaan air tanaman dengan Cropwat 8.0 serta analisis CWP tanaman kakao. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tren perubahan produktivitas tanaman kakao di DI Yogyakarta berkisar antara 0,41 – 0,53 ton/ha. Dengan skema perkebunan kakao tadah hujan, tren nilai *Crop Water Usage* (CWU) perkebunan kakao cenderung turun dari tahun 2014 sebesar 11.107 m³ hingga 8.482 m³ pada 2019. Sebaliknya, diperoleh tren Nilai CWP tanaman kakao cenderung meningkat dari 0,037 kg m⁻³ pada 2014 menjadi 0,059 kg m⁻³ pada 2019. Nilai CWP menggambarkan bahwa tiap 1 m³ air yang digunakan menghasilkan 0,037 – 0,059 kg biji kering kakao. Dari segi efisiensi penggunaan air, nilai CWP yang relatif kecil ini menunjukkan tingkat penggunaan air oleh tanaman kakao di DI Yogyakarta belum efisien sehingga perlu upaya perbaikan kedepannya seperti peningkatan produktivitas lahan dan skema irigasi perkebunan kakao tepat guna.

Kata kunci : *kakao (Theobroma cacao L.), crop water productivity, crop water use, D.I Yogyakarta*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia dengan produktivitas sebesar 0,7 ton/ha di bawah produktivitas Pantai Gading dan Ghana (Fitriana *et al.*, 2014).

Oleh karena itu, produktivitas tanaman kakao harus terus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan kakao domestik dan dunia. Salah satu daerah sentra perkebunan kakao yang terkenal dengan kualitas biji kakao yang baik adalah D.I Yogyakarta. Produktivitas rata-rata tanaman

kakao di D.I Yogyakarta saat ini masih relatif lebih rendah dibanding daerah utama lainnya di Indonesia seperti Sumatera Utara, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia 2018). Akan tetapi, dengan kualitas biji kakao yang baik dan potensi pariwisata yang besar, perkebunan kakao di D.I Yogyakarta kedepannya dapat dikembangkan lagi dengan dukungan berbagai aspek baik industri maupun pariwisata.

Salah satu faktor berpengaruh pada produktivitas tanaman kakao adalah pemenuhan kebutuhan airnya. Akan tetapi ketersediaan air bagi tanaman menjadi tantangan tersendiri bagi sektor pertanian (Ridoutt dan Pfister, 2010). Permasalahan kekurangan air belakangan sering terjadi akibat berbagai isu lingkungan seperti perubahan iklim, perubahan tata guna lahan, dan lain-lain (Ercin *et al.*, 2013, Misra, 2014). Menurut De Almeida *et al* (2016), tanaman kakao sensitif baik terhadap kekurangan air (*water deficit*) maupun kelebihan air (*waterlogging*) khususnya di tahapan tumbuh fase *juvenile* dimana terbukti bahwa faktor kekurangan air lebih kuat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas kakao. Sementara Ayegboyine dan Akinrinde (2016) mengkaji bahwa terjadi hubungan linear dan positif antara water level di tanah terhadap respon tanaman kakao baik secara fisiologis maupun morfologis.

Akan tetapi, dampak perubahan iklim pada kelangkaan sumber daya air kedepannya menjadi tantangan tersendiri dalam pengembangan perkebunan kakao yang berkelanjutan. *Crop water productivity* (CWP) merupakan salah satu indikator penting yang berperan dalam optimasi penggunaan air pertanian (Xu *et al.*, 2019). Memahami dampak variasi faktor iklim dan pertanian pada produktivitas air tanaman akan memberikan dasar teoritis untuk peningkatan produktivitas tanaman secara regional (Sun *et al.*, 2017). Sektor pertanian menghadapi tantangan tentang bagaimana meningkatkan produksi dengan mengurangi penggunaan air dengan meningkatkan CWP (Kijne *et al.*, 2003). Tingginya nilai CWP suatu produk pertanian menggambarkan penggunaan air yang lebih sedikit untuk produktivitas yang sama atau produksi yang lebih tinggi untuk penggunaan jumlah air yang sama. Nilai CWP (kg m^{-3}) dihitung

berdasarkan konsep asal *Water Use Efficiency* (WUE) yang didefinisikan sebagai hasil produksi tanaman terhadap nilai evapotranspirasi aktual tanaman sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (Zwart dan Bastiaanssen, 2004):

$$CWP = \frac{Y_{act}}{ET_{act}} (\text{kg} / \text{m}^3) \quad (1)$$

dimana Y_{act} adalah produksi aktual tanaman (kg ha^{-1}) dan ET_{act} adalah evapotranspirasi aktual tanaman ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

Meningkatnya efisiensi penggunaan air WUE dan CWP adalah respons kritis terhadap kelangkaan air yang semakin meningkat, termasuk kebutuhan untuk menyediakan ketersediaan air yang cukup di sungai dan danau dalam menopang ekosistem serta memenuhi permintaan kota dan industri yang terus meningkat (Sharma, Molden, dan Cook, 2015). Hasil studi CWP akan sangat berperan terhadap penyusunan strategi adaptasi untuk meningkatkan produktivitas pertanian dalam kelangkaan air pada skenario perubahan iklim (Boonwichai *et al.*, 2018). Secara global, pemerintah dapat memanfaatkan data CWP global untuk menentukan kebijakan nasional terkait pangan dan air sebagai salah satu standar *Sustainable Development Goals* sedangkan secara regional data CWP dapat digunakan sebagai indikator perbaikan pengelolaan air di lahan baik lahan tadah hujan maupun irigasi (Bastiaanssen dan Steduto, 2017).

Perubahan iklim kedepannya akan sangat berpengaruh pada ketersediaan air dan produktivitas pertanian termasuk tanaman kakao. Akan tetapi, studi tentang potensi perubahan iklim dan kelangkaan air terhadap produksi kakao masih sangat terbatas (Lahive *et al.*, 2018). Selain itu, studi tentang CWP tanaman kakao saat ini masih banyak dilakukan pada tanaman pangan utama seperti padi, gandum dan jagung (Zwart and Bastiaanssen, 2004; Sun *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2016). Oleh sebab itu, analisis CWP pada tanaman kakao akan menjadi salah satu tahapan awal dalam upaya peningkatan produktivitas tanaman kakao di DI Yogyakarta pada khususnya, dan Indonesia pada umumnya, di tengah kelangkaan sumber daya air dan perubahan iklim saat ini. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui tren perubahan iklim, produktivitas perkebunan

kakao serta penggunaan air tanaman kakao, Berdasarkan uraian tersebut, untuk selanjutnya dapat merumuskan tren perubahan CWP perkebunan kakao di D.I Yogyakarta.

II. BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di kampus Instiper Yogyakarta dengan studi kasus tentang perkebunan kakao di D.I. Yogyakarta. Periode analisis data berlangsung pada 2015-2019 sedangkan analisis data dilakukan pada September 2019 – Februari 2020.

Data yang digunakan meliputi 1) data Iklim meliputi data curah hujan (mm), suhu maksimum dan minimum (°C), radiasi matahari (MJ/m²) dan kecepatan angin dan arah angin (m/det) serta kelembaban relatif (%) dari Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG); 2) data produktivitas tanaman kakao di D.I. Yogyakarta; 3) data sifat fisik tanah meliputi kedalaman efektif (mm), kadar lengas kapasitas lapang (mm/m) dan titik layu (mm/m) serta laju infiltrasi maksimum (cm/jam); dan 4) data karakteristik tanaman kakao (panjang akar, tinggi tanaman, koefisien tanaman). Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1. Pengolahan Data

1. Data iklim digunakan untuk perhitungan nilai evapotranspirasi standar (ET_o) dengan persamaan Penman Montheit (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 * \Delta(Rn - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d)} \quad (2)$$

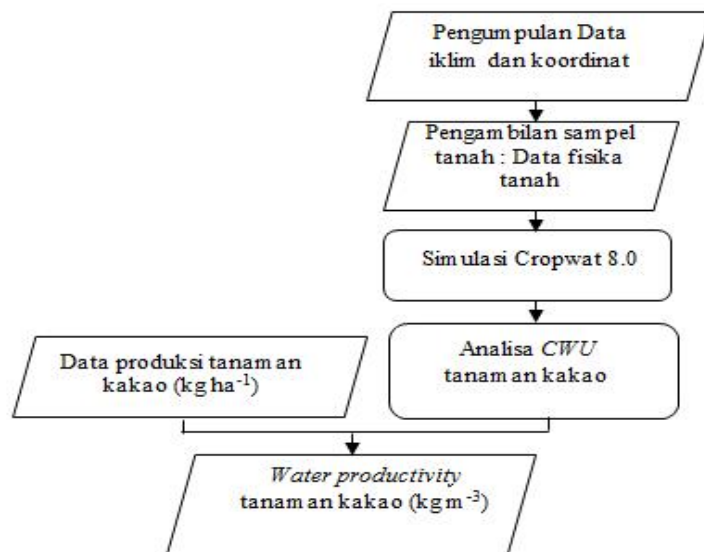
Dengan, ET_o adalah evapotranspirasi standar (mm hari/1), R_n adalah radiasi bersih pada permukaan tanaman (MJ/m² /hari¹), G adalah densitas panas dalam tanah (MJ/m² /hari¹), T adalah suhu rata-rata harian pada ketinggian 2 m (°C), u₂ adalah kecepatan angina pada ketinggian (m/det¹), e_s adalah tekanan uap jenuh (kPa), e_a adalah tekanan uap aktual (kPa), e_s - e_a adalah defisit tekanan uap (kPa), Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap (kPa/ °C), γ konstanta psikometrik (kPa/ °C), C_n adalah 900 untuk data harian dan C_d adalah 0.34 untuk data harian.

2. Simulasi menggunakan perangkat lunak Cropwat 8.0 dari FAO (Gambar 2) dengan data input berupa data iklim, data sifat fisik tanah dan karakteristik tanaman dengan output berupa data evapotranspirasi tanaman dan aktual. Evapotranspirasi tanaman dan aktual dihitung berdasarkan Persamaan 3 dan 4.

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (3)$$

$$ET_a = K_s * ET_c \quad (4)$$

Dengan, ET_c adalah evapotranspirasi tanaman (mm), K_c adalah koefisien tanaman, ET_a adalah evapotranspirasi aktual (mm), dan K_s adalah koefisien stress air tanaman.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

- Analisa *crop water usage* (CWU) tanaman kakao hasil simulasi evapotranspirasi aktual Cropwat 8.0 dengan Persamaan 5 dengan CWU adalah crop water usage (m³/ha).

$$CWU = ETa * 10 \quad (5)$$

- Analisa dan perhitungan CWP tanaman kakao berdasarkan data CWU dan data produksi tanaman kakao dilakukan berdasarkan Persamaan 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

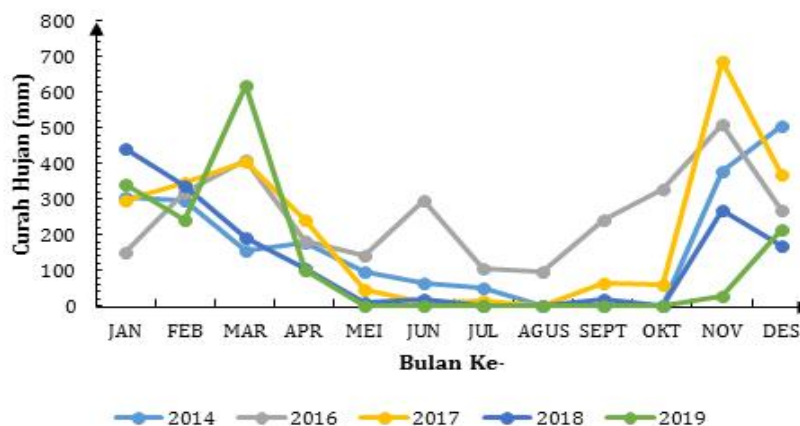
3.1. Karakteristik Data Iklim DI Yogyakarta

Karakteristik data iklim DI Yogyakarta secara umum dapat dilihat berdasarkan data iklim periode rata-rata bulanan pada periode 2014-2019 yang diperoleh dari Stasiun Geofisika Yogyakarta. Akan tetapi, data pada periode tahun 2015 dihilangkan karena banyaknya data yang tidak tercatat yang mempengaruhi hasil penelitian. Data iklim yang diunduh terdiri dari data suhu, kelembaban, kecepatan angin, lama

penyinaran, dan radiasi matahari serta curah hujan. Salah satu contoh karakteristik iklim DI Yogyakarta dapat dilihat berdasarkan tren data curah. Hujan rata-rata bulanan DI Yogyakarta periode 2014-2019 (Gambar 3). Secara umum pola curah hujan DI Yogyakarta sesuai dengan pola curah hujan jenis monsoon dimana musim kemarau dengan curah hujan yang rendah terjadi pada periode bulan Mei hingga Oktober sedangkan musim hujan terjadi pada November – April. Total curah hujan sepanjang periode 2014-2019 berkisar antara 1.546 mm/tahun pada tahun 2019 dan 3.046 mm/tahun pada 2016 dengan rata-rata 2.146 mm/tahun. Tren curah hujan pada periode kering berkisar antara 19 – 78 mm/bulan sedangkan tren curah hujan pada periode basah antara 162 – 374 mm/bulan. Karakteristik sebaran hujan di DI Yogyakarta pada dasarnya sudah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kakao yang membutuhkan curah hujan tahunan sekitar 1.100 – 3.000 mm/tahun distribusi sepanjang tahun (Karmawati, *et al*, 2014).



Gambar 2. Tampilan Software Cropwat 8.0

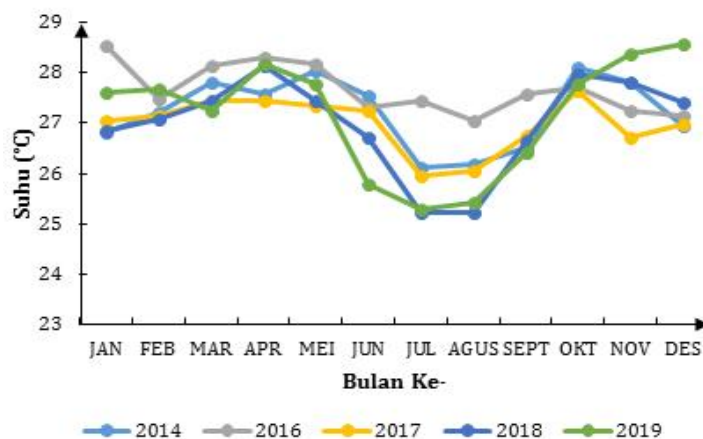


Gambar 3. Tren Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Kabupaten Gunungkidul Periode 2014-2019 (Sumber : Stasiun Geofisika Yogyakarta)

Selain data curah hujan, karakteristik iklim DI Yogyakarta dapat dilihat berdasarkan tren data suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai data suhu rata-rata bulanan memiliki kecenderungan relatif rendah sepanjang periode kering pada bulan Juni – September serta sebaliknya pada periode basah pada bulan Oktober – Juni. Rata-rata suhu tahunan berkisar antara 26,9–27,6 °C. Sedangkan suhu minimum antara 21,8 – 23,5 °C dan suhu maksimum antara 31–31,7 °C. Karakteristik suhu minimum dan maksimum tersebut juga telah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kakao yang memerlukan Suhu ideal bagi tanaman kakao adalah 30 –32° C (maksimum) dan 18-21° C (minimum) (Karmawati *et al.*, 2014). Perbedaan yang besar antara suhu maksimum dan minimum atau suhu siang dan malam akan menurunkan performa pertumbuhan tanaman kakao.

Kombinasi terbaik dalam pertumbuhan tanaman kakao ditunjukkan pada kombinasi suhu minimum 24 °C dan maksimum 30 °C. (Najihah *et al.*, 2018).

Selanjutnya, karakteristik iklim DI Yogyakarta dapat dilihat dari tingkat ETo (evapotranspirasi standar) yang diperoleh berdasarkan data iklim (suhu minimum, maksimum, kelembaban, kecepatan angin, lama penyinaran, radiasi) dan letak geografis wilayah. Tabel 1 menyajikan data rata-rata harian tiap bulan ETo (mm/hari) berdasarkan data iklim rata-rata harian tiap bulan pada periode 2014-2019. Perhitungan ETo pada penelitian ini dilakukan dengan metode Penman-Monteith (Allen *et al.* 1998) menggunakan CROPWAT 8.0. Tren ETo untuk DI Yogyakarta harian pada periode 2014-2019 berkisar antara 2,88 – 4,38 mm/hari. Nilai ETo mencapai



Gambar 4. Tren Data Suhu Rata-Rata Bulanan Kabupaten Gunungkidul Periode 2014-2019 (Sumber : Stasiun Geofisika Yogyakarta)

Tabel 1. Tren Eto Rata-Rata Harian Tiap Bulan di Yogyakarta Periode 2014-2019 (St Geofisika Yogyakarta)

Bulan	ETo (mm/hari)					Rata-rata
	2014	2016	2017	2018	2019	
Januari	2,81	3,45	2,69	2,74	3,08	2,95
Februari	3,22	2,98	3,01	3,42	3,61	3,25
Maret	3,95	3,58	3,63	3,92	3,39	3,69
April	4,18	3,08	3,81	4,32	4,29	3,94
Mei	4,32	4,02	4,25	4,57	4,75	4,38
Juni	4,17	3,88	3,98	4,16	4,14	4,06
Juli	3,56	4,14	3,78	4,44	4,30	4,04
Augustus	4,65	4,21	4,15	4,34	4,54	4,38
September	4,61	3,96	4,14	4,04	4,52	4,25
Oktober	4,52	3,44	3,52	4,35	4,52	4,07
November	3,27	2,83	2,47	3,37	3,85	3,16
Desember	2,73	2,74	2,83	2,82	3,29	2,88
Rata-rata	3,83	3,53	3,52	3,87	4,02	3,75

*Sumber Perhitungan Cropwat 8.0

puncaknya pada periode kering antara bulan Mei – Oktober lalu menurun pada periode basah pada November – April. Pola ETo berbanding terbalik dengan pola tren data hujan dan suhu. ETo sebagai tingkat penguapan standar di suatu areal dipengaruhi oleh berbagai faktor iklim seperti suhu minimum, maksimum, kelembaban, kecepatan angin, lama penyinaran, radiasi. Secara umum, nilai ETo harian (mm/hari) per tahun berkisar antara 3,52 – 4,02 mm/hari. Nilai ETo selanjutnya akan menjadi dasar untuk menentukan tingkat evapotranspirasi potensial dan aktual sebagai representasi dari penggunaan air tanaman. Nilai penggunaan air tanaman merupakan salah satu komponen utama dalam menentukan CWP tanaman kakao di DI Yogyakarta. Secara global, tingkat evapotranspirasi pada area perkebunan kakao berkisar berkisar antara 3 – 6 mm/hari pada periode hujan dan <2 mm/hari pada periode kemarau (Carr dan Lockwood, 2011). Hal ini berbeda dengan tren data yang didapat di hasil penelitian yang menunjukkan fakta sebaliknya yang menunjukkan tingkat evapotranspirasi yang lebih tinggi pada periode kemarau dibanding periode hujan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh banyak faktor termasuk jenis tanah dan kemampuan dalam menyimpan air serta kondisi dan tingkat penguapan iklim di wilayah DI Yogyakarta.

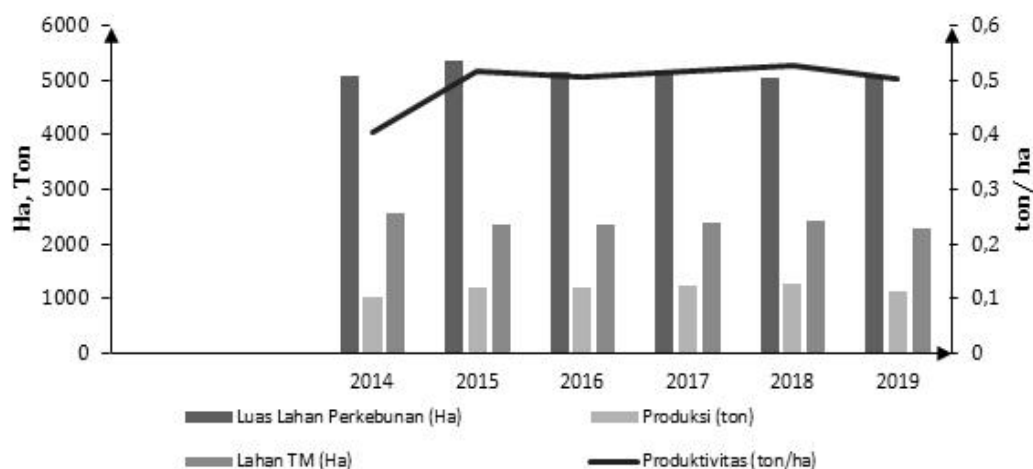
3.2. Tren Produktivitas Kakao di DI Yogyakarta

Setelah menganalisis karakteristik tren data iklim dan tingkat ETo (mm/hari) di DI Yogyakarta

sepanjang periode 2014-2019, selanjutnya dilakukan analisis tren perubahan produktivitas tanaman kakao di DI Yogyakarta untuk periode yang sama. Pada Gambar 5 dapat dilihat data perkembangan luas lahan perkebunan kakao dan produktivitas panen kakao tahun 2014-2019 DI Yogyakarta yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Perkebunan (2019).

Berdasarkan data luas areal lahan perkebunan kakao, dapat diketahui bahwa perubahan luas tidak terjadi secara signifikan pada periode 2014-2019. Terjadi peningkatan luas areal perkebunan pada tahun 2015, 2016 dan 2017 dengan luas area masing-masing 5347 ha, 5461 ha dan 5152 ha lalu menurun kembali hingga pada tahun 2019 sebagai luas terendah yaitu 5050 ha. Sebanding dengan perubahan luas areal perkebunan kakao, produksi kakao juga tidak banyak mengalami perubahan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir yang berkisar antara 1039 ton – 1269 ton dengan produksi terakhir di 2019 mencapai 1144 ton. Produktivitas lahan (ton/ha) yang diambil dari data produksi lahan perkebunan TM (Tanaman Menghasilkan) juga menunjukkan tren perubahan yang tidak signifikan. Produktivitas terendah terjadi pada tahun 2014 sebesar 0,41 ton/ha dengan luas TM tertinggi sebesar 2559 ha. Pada 5 tahun berikutnya produktivitas lahan meningkat dan stabil pada kisaran 0,5 – 0,53 ton/ha.

Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia (2018), produktivitas lahan perkebunan kakao di DI Yogyakarta masih



Gambar 5. Tren Perubahan Luas Perkebunan dan Produksi Kakao di DI Yogyakarta 2014-2019 (Sumber : Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019)

tergolong rendah dibanding daerah lain di Indonesia seperti Sumatera Utara (0,934 ton/ha) dan Gorontalo (0,956 ton/ha). Produktivitas lahan kakao di DI Yogyakarta juga masih lebih kecil dibanding produktivitas rata-rata tanaman kakao di Indonesia yang mencapai 0,759 ton/ha/tahun. Seluruh perkebunan kakao di DI Yogyakarta merupakan lahan dengan kepemilikan rakyat yang dikelola secara swadaya oleh masyarakat. Dengan perbaikan pengelolaan kedepannya produktivitas tanaman kakao di DI Yogyakarta memiliki peluang untuk ditingkatkan. Potensi produktivitas kakao untuk berbagai varietas pada dasarnya dapat mencapai 1,2 – 2,5 ton/ha/tahun (Rubiyanto dan Siswanto 2012).

3.3. Tren Perubahan CWU dan CWP

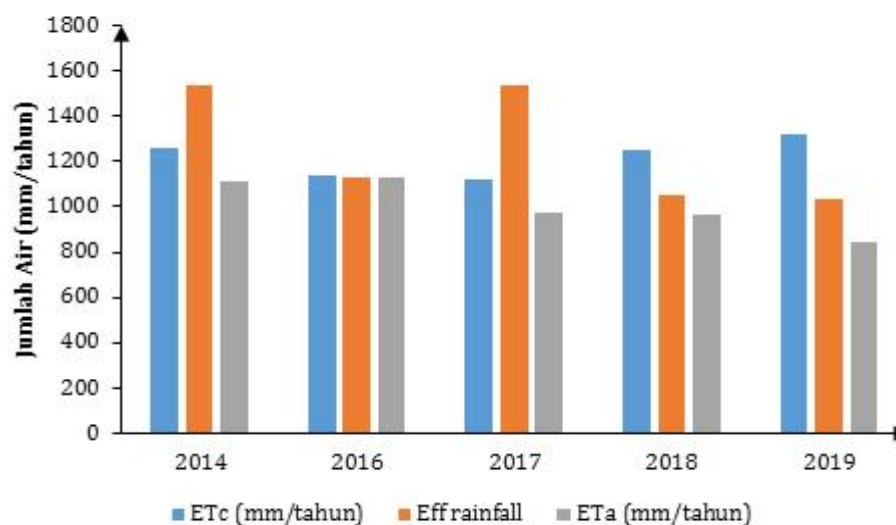
Tanaman Kakao di DI Yogyakarta

Perhitungan CWU tanaman kakao dilakukan dengan bantuan Cropwat 8.0 menggunakan data iklim dan karakteristik tanaman kakao di DI

Yogyakarta. CWU tanaman kakao diperoleh berdasarkan evapotranspirasi aktual (mm/tahun) yang dikonversi ke dalam bentuk volume (m^3/ha) seperti pada Persamaan 4.

Perhitungan evapotranspirasi aktual dilakukan dengan skenario perkebunan kakao tadah hujan (tanpa irigasi) dan dengan memilih jenis tanah medium pada *data base* Cropwat 8.0. Jenis tanah medium pada *database* Cropwat 8.0 memiliki parameter air tersedia sebesar 290 mm/m serta laju infiltrasi maksimum sebesar 36 mm/hari.

Perbandingan nilai evapotranspirasi aktual (mm/tahun), evapotranspirasi tanaman (mm/tahun) serta hujan efektif (mm/tahun) dari hasil analisis Cropwat 8.0 dapat dilihat pada Gambar 6. Tren ET_c yang cenderung tinggi pada tahun 2014 sebesar 1259 mm/tahun menurun sepanjang 2016 dan 2017 lalu meningkat kembali pada tahun 2019 mencapai 1317 mm/tahun. Curah hujan efektif (mm/tahun)



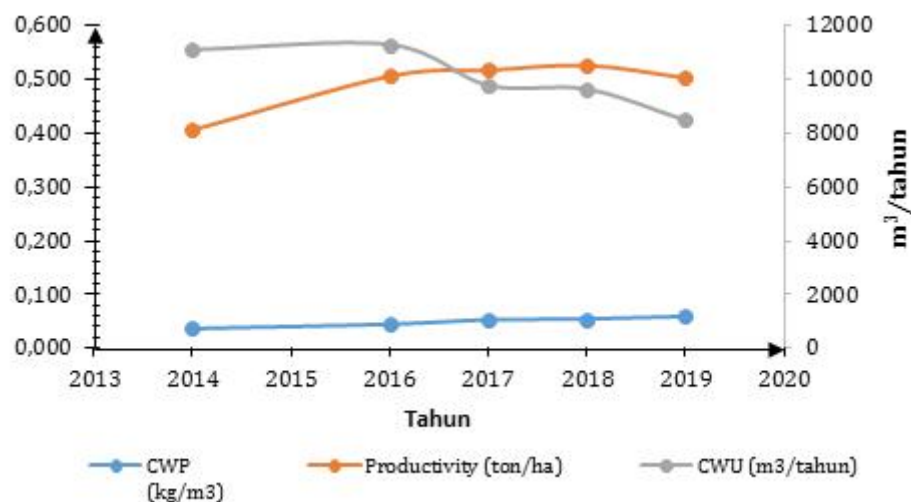
Gambar 6. Tren Perubahan Pola Kebutuhan dan Penggunaan Air Pada Perkebunan Kakao di DI Yogyakarta 2014-2019

Tabel 2. Tren Produktivitas Lahan ($kg\ ha^{-1}$), CWU ($m^3\ ha^{-1}$) dan CWP ($kg\ m^{-3}$) Tanaman Kakao di DI Yogyakarta 2014-2019

Tahun	Produktivitas (kg/ha)*	CWU (mm/tahun)**	CWU (m^3/ha)	CWP (kg/m^3 ***)
2014	406	1.110,7	11.107	0,037
2016	506	1.129,5	11.295	0,045
2017	517	977,9	9.779	0,053
2018	526	964	964	0,055
2019	503	848,2	8.482	0,059

*Biji kering, Sumber : Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kakao 2014-2019,

** Analisis CWU dengan Cropwat 8.0, *** Analisis CWP



Gambar 7. Tren Perubahan CWP Kakao (ton/m^3) Terhadap *Water Usage* (m^3/tahun) dan Productivity (ton biji kering /ha) di DIY 2014-2019 Dengan Skenario Tanpa Irigasi

mengalami puncaknya pada tahun 2014 dan 2017 sebesar 1538 mm/tahun dan 1534 mm/tahun dan mengalami penurunan pada 2 tahun terakhir pada 1048 mm pada 2018 dan 1032 mm pada 2019. Curah hujan efektif yang menurun dengan tingkat evapotranspirasi potensial yang meningkat mengakibatkan penurunan tingkat evapotranspirasi aktual yang menjadi indikator defisit air. Pada periode 2014 – 2019, secara umum tingkat evapotranspirasi aktual selalu lebih kecil dari nilai potensialnya yang mengindikasikan kebutuhan air tanaman kakao tidak dapat terpenuhi. Evapotranspirasi aktual perkebunan kakao di DI Yogyakarta cenderung menurun dari 1110 mm pada 2014 hingga pada titik terendah mencapai 848 mm pada 2019. Selanjutnya dengan data CWU dan produktivitas tanaman dilakukan analisis CWP tanaman kakao di DI Yogyakarta pada periode 2014-2019 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan visualisasinya pada Gambar 7.

Tren nilai CWU pada perkebunan kakao DI Yogyakarta cenderung turun dari tahun 2014 sebesar 11.107 m^3 hingga 8.482 m^3 pada 2019. Sebaliknya, dengan tren data produksi yang cenderung meningkat, tren nilai CWP tanaman kakao di DI Yogyakarta pada periode 2014-2019 cenderung meningkat dari 0.037 kg m^{-3} pada 2014 menjadi 0.059 kg m^{-3} pada 2019. Gambar 7 menunjukkan tren perbandingan antara CWU ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), produksi tanaman kakao (ton ha^{-1}) serta CWP (kg m^{-3}). CWP tanaman kakao meningkat saat CWU menurun dan produktivitas

meningkat. Nilai CWP menggambarkan bahwa tiap 1 m^3 air yang digunakan menghasilkan 0.037 – 0.059 kg biji kering kakao.

Studi tentang CWP tanaman kakao saat ini belum banyak dikembangkan. Fokus studi CWP saat ini masih banyak pada tanaman pangan utama seperti padi, gandum dan jagung (Zwart dan Bastiaanssen, 2004; Sun *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2016). Sebagai pembandingan, nilai CWP beberapa contoh tanaman seperti gandum, padi, biji kapas, serat kapas dan jagung berturut-turut adalah 1.09, 1.09, 0.65, 0.23 and 1.80 kg m^{-3} (Zwart dan Bastiaanssen, 2004). Studi yang lebih terkini terkait CWP gandum di skala global dan regional menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Studi kasus di Hetao, China memperlihatkan hasil rata-rata CWP gandum pada skala lapangan sebesar 0.85 kg m^{-3} dan pada skala regional sebesar 0.46 kg m^{-3} yang dipengaruhi oleh faktor iklim dan data input pertanian (Sun *et al.* 2017). Studi lain tentang pengukuran CWP berbasis analisis spasial mencatat CWP tertinggi ada pada tanaman sayuran antara 2.74 kg m^{-3} - 3.19 kg m^{-3} sedangkan CWP terendah tercatat untuk tanaman gandum pada periode musim gugur sebesar 1.19 kg m^{-3} - 1.67 kg m^{-3} (Li *et al.*, 2016).

Nilai CWP suatu tanaman yang sama juga dapat sangat bervariasi tergantung pada faktor iklim, data input sistem pertanian serta skala perhitungan (Zwart dan Bastiaanssen, 2004, Sun *et al.* 2017, Li *et al.*, 2016). Kriteria tinggi rendahnya nilai CWP dapat merujuk pada sistem

Water Productivity Score (WPS) skala regional dan global berdasarkan pendekatan observasi satelit. Sebagai contoh, hasil analisis WPS memperlihatkan CWP dengan nilai persentil 99 pada tanaman gandum, padi dan jagung pada skala global masing-masing adalah 2.45, 2.3 and 4.9 kg m⁻³ (Bastiaanssen dan Steduto, 2017). Nilai WPS ini dapat menjadi pembanding untuk pengukuran CWP dengan komoditas yang sama di tempat lainnya.

Dari data pembanding tersebut, dapat dilihat bahwa nilai CWP tanaman kakao jauh lebih kecil. Dari segi efisiensi penggunaan air, nilai CWP yang relatif kecil ini menunjukkan tingkat penggunaan air oleh tanaman kakao di DI Yogyakarta belum efisien. Adanya peningkatan CWP kakao dari tahun 2014 hingga 2019 dipengaruhi oleh penurunan penggunaan air (ETa yang menurun) dan adanya perbaikan produktivitas lahan. Peningkatan lahan TM pada perkebunan kakao kedepannya akan menjadi faktor yang berperan penting pada peningkatan produksi yang berdampak pada peningkatan CWP tanaman kakao di DI Yogyakarta. Selain itu, skenario irigasi tepat guna juga dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanaman kakao. Secara fisiologi tanaman, stomata tanaman kakao terbuka pada intensitas cahaya yang rendah dan tetap terbuka pada intensitas cahaya tinggi dengan ketersediaan air yang cukup di area perakaran tanaman (Carr dan Lockwood 2011, Lahive *et al.* 2018). Tingkat transpirasi yang dipengaruhi oleh buka tutup stomata akan berbanding lurus dengan tingkat fotosintesis yang berpengaruh pada produksi tanaman.

Akan tetapi, pemberian irigasi pada tanaman kakao juga harus dilakukan dengan presisi karena tanaman kakao sensitif baik terhadap kekurangan air (*water deficit*) maupun kelebihan air (*waterlogging*) (De Almeida *et al.* 2016). Sebuah pendekatan penghematan air terintegrasi telah berhasil memperbaiki CWP tanaman di Northwest China. Studi menunjukkan, implementasi RDI (*regulated deficit irrigation*) and APRI (*alternate partial root-zone irrigation*) telah meningkatkan CWP dari 0.2 kg m⁻³ pada tahun 1950an menjadi 1.58 kg m⁻³ pada 2013 (Kang *et al.* 2017). Strategi sistem pertanian presisi berbasis *unmanned aerial systems* (UAS)

juga dapat menjadi salah satu alternatif terkini dalam perbaikan CWP dengan mempertimbangkan variabilitas spasial dan temporal yang terkait dengan *water status* tanaman. Monitoring *crop water stress index* (CWSI) dari citra termal dapat mendeteksi perubahan aktual *water status* pada lahan yang dapat diimplementasikan dalam pejadwalan irigasi *real time* untuk mendapatkan CWP yang maksimum (Ezenne *et al.* 2019).

Peningkatan nilai CWP tidak hanya berdampak pada sektor lingkungan tapi juga pada pada sektor ekonomi. Peningkatan CWP dianggap menguntungkan karena dapat meningkatkan hasil produksi pertanian dan pada saat yang sama menurunkan biaya produksi dari penuruna penggunaan air (Marshall *et al.* 2016). Studi lain juga menunjukkan peningkatan 100% CWP dapat berdampak pada penurunan 34% pengambilan air tanah untuk irigasi (Abolpour, 2018).

IV. KESIMPULAN

Tren perubahan iklim dalam periode 2014-2019 di DI Yogyakarta sebagai berikut: a) tren curah hujan pada periode 2014-2019 berkisar antara 1.546 mm/ tahun pada tahun 2019 dan 3.046 mm/tahun pada 2016 dengan rata-rata 2.146 mm/tahun dengan pola curah hujan yang sesuai dengan jenis monsoon dimana musim kemarau terjadi pada periode bulan Mei hingga Oktober sedangkan musim hujan terjadi pada November – April. Karakteristik sebaran hujan di DI Yogyakarta sudah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kakao, b) tren rata-rata suhu tahunan berkisar antara 26,9–27,6 °C dengan suhu minimum antara 21,8–23,5 °C dan suhu maksimum antara 31–31,7°C. Karakteristik suhu minimum dan maksimum tersebut juga telah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kakao, dan c) tren ETo untuk DI Yogyakarta pada periode 2014-2019 berkisar antara 3,52–4,02 mm/hari dengan ETo rata-rata harian tertinggi terjadi pada tahun 2019 dan terendah pada tahun 2016 dan 2017. Tren perubahan produktivitas tanaman kakao di DI Yogyakarta pada periode 2014-2019 relatif konstant dan lebih rendah dibanding rata-rata global Indonesia dengan nilai terendah pada 2014 sebesar 0,41 ton/ha dan meningkat dengan stabil pada 5 tahun berikutnya antara 0,5–0,53

ton/ha. Dengan skema perkebunan kakao tadah hujan, tren nilai CWU pada perkebunan kakao DI Yogyakarta cenderung turun dari tahun 2014 sebesar 11.107 m³ hingga 8.482 m³ pada 2019. Pada periode 2014 – 2019, secara umum tingkat evapotranspirasi aktual selalu lebih kecil dari nilai potensialnya yang mengindikasikan kebutuhan air tanaman kakao tidak dapat terpenuhi atau defisit air. Tren Nilai CWP tanaman kakao di DI Yogyakarta pada periode 2014-2019 cenderung meningkat dari 0.037 kg m⁻³ pada 2014 menjadi 0.059 kg m⁻³ pada 2019. CWP tanaman kakao meningkat saat CWU menurun dan produktivitas meningkat. Nilai CWP menggambarkan bahwa tiap 1 m³ air yang digunakan menghasilkan 0,037–0,059 kg biji kering kakao. Dari segi efisiensi penggunaan air, nilai CWP yang relatif kecil ini menunjukkan tingkat penggunaan air oleh tanaman kakao di DI Yogyakarta belum efisien sehingga perlu upaya perbaikan kedepannya seperti peningkatan produktivitas lahan dan skema irigasi perkebunan kakao tepat guna.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. G., Pereira, L.S, Raes, D, dan Smith, M., eds. 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ayegboyin K.O., dan Akinrinde E.K. 2016. Effect of Water Deficit Imposed during the Early Developmental Phase on Photosynthesis of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Agricultural Sciences* 7: 11-19. <http://www.scirp.org/journal/as>. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2016.71002>
- Boonwichai, Siriwat, Sangam Shrestha, Mukand S. Babel, Sutat Weesakul, dan Avishek Datta. 2018. Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirement, Crop Water Productivity and Rice Yield in the Songkhram River Basin, Thailand. *Journal of Cleaner Production* 198 (October): 1157–64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.146>.
- Carr, M. K. V., dan G. Lockwood. 2011. The Water Relations and Irrigation Requirements Of Cocoa (*Theobroma Cacao* L.): A Review. *Experimental Agriculture* 47 (4): 653–76. <https://doi.org/10.1017/S0014479711000421>.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia. *Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia* 1 (December 2014): 96.
- Ercin, A. E., Mekonnen, M. M., dan Hoekstra, A. Y. 2013. Sustainability of national consumption from a water resources perspective: the case study for France. *Ecological Economics* 88: 133–147.
- Ezenne, G.I., Louise Jupp, S.K. Mantel, dan J.L. Tanner. 2019. Current and Potential Capabilities of UAS for Crop Water Productivity in Precision Agriculture. *Agricultural Water Management* 218 (June): 158–64. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.034>.
- Fitriana N, Tarumun S, Tetty E. 2014. Analisis Daya Saing Biji Kakao (Cocoa beans) di Pasar Internasional. *Jom Faperta*, 1(2).
- Karmawati, Elna, Mahmud, Zainal, Syakir, M, et all. 2014. Budidaya Dan Pascapanen Kakao. *Geomodel 2007 - 9th EAGE Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development*: 3–4. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201404137>.
- Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D., 2003a. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CAB International, Wallingford, UK.
- Lahive, F., L. R. Handley, P. Hadley, and A. J. Daymond. 2018. The Impacts of Climate Change Variables on Vegetative and Reproductive Development of Six Genotypes of Cacao. *International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, Lima, Peru, 13-17 November 2017. <https://doi.org/10.1016/j.iscr.2018.07.001>.

/www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203127119.

- Marshall, M. T., K. P. Tu, P. Thenkabail, and J. F. Brown. 2016. Recent Decline in Crop Water Productivity in the United States: A Call to Grow More Crop per Drop. *AGU Fall Meeting Abstracts* 11 (December). <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AGUFMPA11E..06M>.
- Najihah, Tuan Syaripah, Mohd Hafiz Ibrahim, Paul Hadley, and Andrew Daymond. 2018. The Effect of Different Day and Night Temperatures on the Growth and Physiology of Theobroma Cacao under Controlled Environment Condition. *Annual Research & Review in Biology* (June): 1–15. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40413>.
- Ridoutt, B. G., & Pfister, S. 2010. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environmental Change*, 20(1): 113-120.
- Sharma, Bharat, David Molden, and Simon Cook. 2015. Water Use Efficiency in Agriculture: Measurement, Current Situation and Trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*: 39–64.
- Sun, Shikun, ChengFeng Zhang, Xiaolei Li, Tianwa Zhou, Yubao Wang, Pute Wu, and Huanjie Cai. 2017. Sensitivity of Crop Water Productivity to the Variation of Agricultural and Climatic Factors: A Study of Hetao Irrigation District, China. *Journal of Cleaner Production* 142 (January): 2562–69. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.020>.
- Xu, Zhenci, Xiuzhi Chen, Susie Ruqun Wu, Mimi Gong, Yueyue Du, Jinyan Wang, Yunkai Li, and Jianguo Liu. 2019. Spatial-Temporal Assessment of Water Footprint, Water Scarcity and Crop Water Productivity in a Major Crop Production Region. *Journal of Cleaner Production* 224 (July): 375–83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.108>.
- Zwart, Sander J., and Wim G.M. Bastiaanssen. 2004. Review of Measured Crop Water Productivity Values for Irrigated Wheat, Rice, Cotton and Maize. *Agricultural Water Management* 69 (2): 115–33. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.04.007>.