



**WATER FOOTPRINT ASSESSMENT PADA KOMODITAS PADI, JAGUNG, DAN KEDELAI
DI WILAYAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA UNTUK Mendukung
SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN**

*WATER FOOTPRINT ASSESSMENT ON RICE, CORN, AND SOYBEAN COMMODITIES
IN THE SPECIAL REGION OF YOGYAKARTA AREA TO SUPPORT
A SUSTAINABLE AGRICULTURE SYSTEM*

Oleh:

Fathi Alfinur Rizqi¹⁾✉, Sri Nuryani Hidayah Utami¹⁾

¹⁾Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jl. Flora Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta Special Region 55281, Indonesia

Komunikasi Penulis, email: fathi.alfinur.r@ugm.ac.id

Naskah ini diterima pada 20 November 2020; revisi pada 7 Desember 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 2 Mei 2021

ABSTRACT

Indonesia's population is estimated to reach 350 million by 2045, encouraging Indonesia to increase food availability by 3% every year. The Upsus Pajale (Upaya Khusus Padi Jagung Kedelai) program is one of the government's flagship programs in responding to this challenge. On the other hand, environmental pressures provide clear boundaries for implementing a sustainable agricultural process. As the two goals of the Sustainability Development Goals (SDGs) are to zero hunger and ensure access to water, concept of virtual water is present as an alternative concept along with a water counting tool needed in an agricultural production process. This research was conducted to assess water footprint for rice, corn, and soybean in the Special Region of Yogyakarta. The analysis resulted in the term water footprint assessment consist of blue water, green water, and grey water. The results showed that the annual water footprint of soybean was the highest at 2,589 m³/ton, followed by field rice, corn, and lowland rice at 1,280 m³/ton; 844 m³/ton; 841 m³/ton. The results are due to higher level of productivity resulting lower of the water footprint. The implementation of this research reveals the factors that influence the amount of water needed (Virtual Water) to produce agricultural commodities. Whereas location selection, climatic conditions, types of plants, cultivation techniques, and the use of fertilizers are factors that need to be considered to reduce water use in the agriculture production processes. Thus, the objectives of implementing sustainable agricultural cultivation can be realized.

Keyword: *water footprint, virtual water, Pajale, Special Region of Yogyakarta, sustainable agriculture*

ABSTRAK

Populasi penduduk Indonesia diperkirakan akan mencapai 350 juta pada tahun 2045, mendorong Indonesia untuk meningkatkan ketersediaan pangan 3% setiap tahunnya. Program Upaya Khusus (Upsus) Padi Jagung Kedelai (Pajale), menjadi salah satu program unggulan pemerintah dalam menjawab tantangan ini. Di sisi lain, tekanan lingkungan memberikan batas jelas untuk melaksanakan proses budidaya pertanian berkelanjutan. Sebagaimana dua tujuan dari *Sustainability Development Goals (SDGs)* adalah menghentikan kelaparan dan kepastian akses terhadap air. Konsep air virtual (*virtual water*) hadir sebagai salah satu alternatif konsep berserta alat hitung air yang diperlukan dalam sebuah proses produksi pertanian. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi air virtual untuk komoditas padi, jagung, dan kedelai di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Analisa dalam penelitian ini menghasilkan nilai tapak air yang terdiri dari *blue water*, *green water*, dan *grey water*. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa *water footprint* tahunan kedelai merupakan yang tertinggi dengan 2.589 m³/ton disusul padi ladang, jagung, dan padi sawah sebesar 1.280 m³/ton; 844 m³/ton; 841 m³/ton. Hasil ini disebabkan oleh tingkat produktivitas yang semakin tinggi nilainya maka akan menghasilkan nilai *water footprint* akan semakin rendah. Pelaksanaan penelitian ini mengungkap faktor yang mempengaruhi jumlah air yang diperlukan untuk memproduksi komoditas pertanian. Pemilihan lokasi, kondisi iklim, jenis tanaman, teknik budidaya hingga penggunaan pupuk merupakan faktor yang perlu diperhatikan untuk dapat menekan penggunaan air dalam proses produksi pertanian. Dengan demikian, tujuan pelaksanaan budidaya pertanian yang berkelanjutan dapat terwujud.

Kata kunci: *water footprint, virtual water, Pajale, Daerah Istimewa Yogyakarta, pertanian berkelanjutan*

I. PENDAHULUAN

Salah satu kebijakan pemerintah Indonesia yang tertuang dalam Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2015-2019 untuk menghadapi permasalahan ketersediaan pangan adalah dengan peningkatan swasembada beras dan produksi jagung, kedelai, gula, daging, cabai dan bawang merah. Berkaitan dengan hal tersebut, Kementerian Pertanian telah mencanangkan Program Upaya Khusus (Upsus) Peningkatan Produksi Padi, Jagung dan Kedelai (Pajale) melalui Kegiatan Perbaikan Jaringan Irigasi dan Sarana Pendukungnya yang dimulai pada tahun 2015 (Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, 2015).

Berdasarkan Foresight (2011), meskipun tuntutan pemenuhan kebutuhan (khususnya produksi pangan) harus terpenuhi dengan baik. Namun para pelaku produksi pangan tidak dapat menutup mata terkait keberlanjutan lingkungan. Sebagaimana dua tujuan dari *Sustainability Development Goals (SDGs)*/pengembangan berkelanjutan adalah menghentikan kelaparan dan kepastian akses terhadap air (United Nations, 2015). Maka pemenuhan kebutuhan produksi pertanian harus memiliki panduan/arah baru yang difokuskan pada penuntasan masalah pelestarian lingkungan, ketersediaan air maupun perubahan iklim.

Air perlu diposisikan sebagai barang ekonomi pada kondisinya yang semakin terbatas. Hal ini perlu dilakukan karena masalah kelangkaan, kelebihan dan perubahan kualitas air akan menjadi suatu sumber daya akan lebih diperhatikan saat diberlakukan sebagai barang ekonomi (Hoekstra & Hung, 2005). Konsep air virtual (*virtual water*) hadir sebagai salah satu alternatif konsep berserta alat untuk menghitung air yang diperlukan dalam sebuah proses produksi, dalam hal ini produksi pertanian. Tujuan utamanya untuk melacak dan memetakan berapa banyak air yang diperlukan untuk memproduksi komoditas pertanian tertentu.

Konsep air virtual memungkinkan untuk membuat analisa pengaruh pola konsumsi pada penggunaan air. Analisa tersebut menghasilkan apa yang dikenal dengan istilah tapak air (*water footprint*). Sebagai total volume air yang digunakan untuk menghasilkan barang, *water footprint* terdiri dari *blue water*, *green water* dan *grey water*. Tapak air inilah yang menjadi perhitungan untuk menentukan tingkat penggunaan dan kelangkaan air pada produksi komoditas padi, jagung dan kedelai yang menjadi fokus dari kegiatan UPSUS.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Bulsink, Hoekstra, & Booij (2010), *water footprint* pada komoditas padi, jagung dan kedelai di Indonesia selama 2000-2004 secara berurutan yaitu 3.473 m³/ton; 2.483 m³/ton; 1.958 m³/ton. Namun demikian, nilai kandungan air virtual dapat berbeda meskipun untuk memproduksi komoditi yang sama dengan jumlah yang sama pula (Hoekstra, Chapagain, Mekonnen, & Aldaya, 2011). Hal serupa telah dilaporkan oleh berbagai studi (Bocchiola, Nana, & Soncini, 2013; Gobin *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2015; Zhuo, Mekonnen, Hoekstra, & Wada, 2016). Faktor yang berpengaruh antara lain jenis tanaman, jenis tanah, kondisi iklim, dan budaya sistem pertanian.

Untuk lebih mendetailkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi air virtual untuk komoditas padi, jagung, dan kedelai di wilayah D.I. Yogyakarta. Pada penelitian ini perhitungan air virtual merupakan penelitian dasar untuk penelitian selanjutnya mengenai pengelolaan air untuk pertanian. Penerapan konsep *water footprint* dalam sistem budidaya pertanian diharapkan dapat diwujudkan melalui pertimbangan jenis tanah dan tanaman, kondisi iklim hingga ketersediaan air. *Water Footprint Assessment* pada penelitian ini ditujukan untuk mengungkap faktor yang mempengaruhi jumlah air yang diperlukan (*virtual water*) untuk memproduksi komoditas pertanian. Hal ini terkait dengan faktor pemilihan lokasi, kondisi iklim, jenis tanaman, teknik budidaya hingga penggunaan pupuk yang perlu diperhatikan untuk dapat menekan penggunaan air dalam proses produksi pertanian.

Pada masa yang akan datang, penelitian ini diharapkan dapat mendorong implementasi dari SDGs dalam pemenuhan kebutuhan pangan untuk menghentikan kelaparan dengan tetap memberikan kepastian akses air pada bidang lainnya. Sehingga produksi komoditas tidak hanya berdasarkan kebutuhan internal di wilayah tersebut tetapi juga mempertimbangkan ketersediaan airnya.

II. METODOLOGI

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April–November 2020 dengan komoditas produk pertanian berupa kebutuhan pokok (padi, jagung, dan kedelai). Adapun lokasi kajian penelitian ini berada di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan pengambilan contoh dilakukan di 4 kabupaten yaitu Bantul, Gunungkidul, Kulon Progo dan Sleman.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa sistem komputer dengan software pengolah data (CROPWAT 8.0 dan ArcGIS).

Bahan yang digunakan berupa:

- Data Produksi Tanaman Pangan tahun 2015-2019 dari DPKP DIY
- Data iklim setiap kabupaten tahun 2015-2019 dari stasiun klimatologi setempat
- Data spasial (topografi dan peta wilayah)
- Data teknis budidaya pertanian (padi sawah, padi ladang, jagung dan kedelai)
- Data penggunaan air

2.3. Metode Perhitungan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Water Footprint* (WF) pada produksi komoditas pertanian dapat dilihat pada Persamaan 1 (Hoekstra, 2011).

$$WF_{proc} = WF_{proc,blue} + WF_{proc,green} + WF_{proc,grey} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

unit : volume/mass (m³/ton)

2.3.1. Blue WF dan Green WF

Perhitungan *Blue* dan *Green Water Footprint* menggunakan Persamaan 2, 3, 4 dan 5 sebagai berikut (Hoekstra, 2011)

$$ET_{blue} = \max (0, ET_c - P_{eff}) [length/time] \dots \dots \dots (2)$$

$$ET_{green} = \min (ET_c, P_{eff}) [length/time] \dots \dots \dots (3)$$

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} [volume/mass] \dots \dots \dots (4)$$

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} [volume/mass] \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- ET : evapotranspirasi
- P_{eff} : curah hujan efektif (mm/m)
- CWU (*Crop Water Use*) : air yang digunakan oleh tanaman (m³/ha)
- Y (*Yield*) : produktivitas (ton/ha)
- WF (*Water Footprint*) : tapak air (m³/ton)

Perhitungan *blue water* dan *green water* tidak terlepas dari hujan efektif (P_{eff}). Pada penelitian ini, perhitungan P_{eff} menggunakan Metode USDA SCS (Persamaan 6 dan 7) dilakukan menggunakan aplikasi CROPWAT v8.0 sebagai berikut:

$$P_{eff} = P \frac{(125 - 0.2P)}{125} \text{ untuk } P \leq 250 \text{ mm/m} \dots \dots \dots (6)$$

$$P_{eff} = 125 + 0,1P \text{ untuk } P > 250 \text{ mm/m} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

P = curah hujan (mm/m)

Rumus P_{eff} ini juga digunakan dalam penentuan kelangkaan air. Selain perhitungan P_{eff}, dilakukan pula analisa terhadap ET dan ET_c melalui aplikasi CROPWAT v8.0. Sedangkan untuk nilai K_c, berasal dari referensi, sesuai dengan komoditas yang dimaksud.

2.3.2. Grey Water

Perhitungan *Grey Water Footprint* menggunakan Persamaan 8 sebagai berikut (Hoekstra, 2011).

$$WF_{proc,grey} = \frac{L}{C_{max} \times C_{nat}} [volume/mass] \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

L (*load pollutants*) : Jumlah polutan/pupuk yang masuk ke dalam sistem air (kg/tahun)

C_{max} : Maksimum konsentrasi polutan yang diperbolehkan

C_{nat} : Konsentrasi polutan yang naturalnya ada di dalam tubuh air

WF (*Water Footprint*) : tapak air (m³/ton)

Pupuk *leaching* atau *run off* ke air sebesar 5% (ton/tahun) dan maksimal konsentrasi yang ditolerir adalah 20 mg/l, didasarkan pada hasil riset oleh Chapagain dan Hoekstra (2010). Sedangkan terkait aplikasi pemupukan N, P dan K untuk setiap komoditas berasal dari Permentan (2007) yang ditampilkan pada Tabel 1.

2.3.3. Virtual Water

Perhitungan *virtual water* (VW) terdapat pada Persamaan 9 (Hoekstra, 2011).

$$VW = WF_{proc} (m^3/ton) \times \text{Produksi komoditas (ton/tahun)} \dots \dots \dots (9)$$

2.3.4. Kelangkaan Air (*Water Scarcity*)

Perhitungan kelangkaan air, dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut (Hoekstra, 2011).

$$WS = P_{eff} \times \text{luas tanam}$$

$$WS = \frac{WU}{WA} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

$$WS = \frac{VW}{WA} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

Pada Persamaan 10 dan 11, *Water Scarcity* (WS) dinyatakan dalam %. *Total Water Use* (WU) dalam penelitian ini adalah *Virtual water* (VW) dari Persamaan 9 yang digunakan di wilayah tersebut (m³ tahun-1) dan *Water Availability* (WA), air yang tersedia di wilayah tersebut (m³ tahun-1) dalam satuan hektar.

Tabel 1 Rekomendasi Aplikasi Pemupukan NPK untuk Tanaman Pajale

No	Komoditas	Aplikasi Pemupukan (kg/ha)
1.	Padi sawah	350-425
2.	Padi ladang	350-425
3.	Jagung	525-575
4.	Kedelai	250

Sumber: Permentan No 40 2007

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Water Footprint Tahunan Setiap Komoditas

Pada penelitian ini, komoditas yang dikaji merupakan komoditas pokok dari program UPSUS Pajale (padi, jagung dan kedelai). Di wilayah DIY, pembahasan tanaman padi dibagi menjadi 2 jenis yaitu padi sawah dan padi ladang. Budidaya tanaman padi yang berada dalam suatu sistem irigasi teknis dikategorikan sebagai padi sawah sedangkan budidaya padi yang mengandalkan tadah hujan disebut dengan padi ladang.

Hasil analisa *Water Footprint* (WF) menunjukkan jumlah air yang dibutuhkan untuk melakukan produksi tiap satuan berat (ton) produk. Berdasarkan hasil analisa WF di Tabel 2 dan Gambar 5, komoditas kedelai memiliki nilai WF tertinggi yaitu 2.589 m³/ton disusul padi ladang, padi sawah kemudian jagung secara berurutan yaitu 1.280 m³/ton, 844 m³/ton, dan 841 m³/ton. Menunjukkan komoditas kedelai membutuhkan lebih banyak air untuk melakukan produksi biomassa. Selain disebabkan oleh tingkat produktivitas yang masih rendah, pemilihan teknik budidaya khususnya dalam hal pemilihan bibit, teknik irigasi hingga aplikasi pemupukan merupakan komponen utama yang mempengaruhi besaran nilai WF (m³/ton).

Pada nilai WF komoditas padi ladang yang lebih tinggi dari padi sawah, selain penyebabnya adalah rendahnya tingkat produktivitas. Faktor jenis bibit, jenis tanah, kondisi iklim dan teknik budidaya di Kabupaten Gunungkidul sebagai wilayah yang mendominasi penanaman padi ladang menjadikan tingginya nilai evapotranspirasi dan mempengaruhi nilai *water footprint*. Pada komoditas jagung, rendahnya nilai *water footprint* selain karena produktivitasnya yang tinggi juga disebabkan teknik budidaya jagung yang tidak butuh banyak air karena termasuk tanaman palawija. Sesuai dengan penelitian (Dainty, Abdullah, & Priyati, 2016) bahwa tanaman palawija tidak membutuhkan air yang banyak (tidak digenangi) sehingga pada periode tanam kedua diperkirakan berlangsung pada masa peralihan ke musim kemarau.

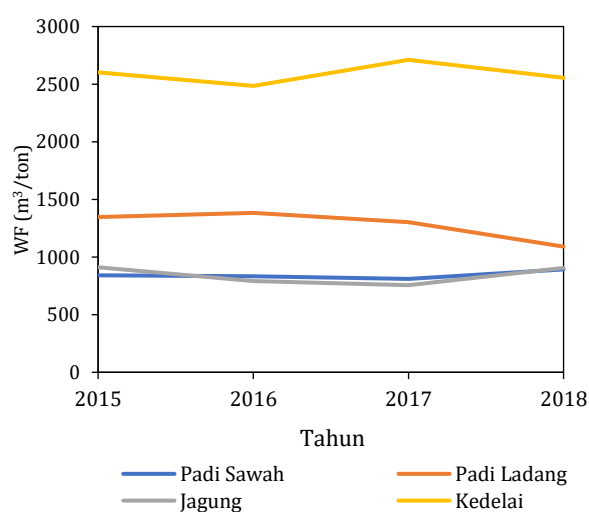
Nilai *water footprint* yang dihasilkan dalam penelitian ini berbeda dengan yang telah dilakukan oleh Bulsink *et al.* (2010), ada komoditas padi, jagung dan kedelai di Indonesia selama 2000-2004 secara berurutan nilainya yaitu 3.473 m³/ton; 2.483 m³/ton; 19.58 m³/ton. Perbedaan ini sesuai dengan penelitian Hoekstra (2011), bahwa nilai kandungan tapak air dapat berbeda meskipun untuk memproduksi komoditi yang sama dengan jumlah yang sama pula. Hal ini tergantung kepada jenis tanaman, jenis tanah, kondisi iklim, budaya sistem pertanian. Data pada Bulsink *et al.* (2010) merupakan agregasi untuk seluruh wilayah Indonesia.

3.2. Virtual Water Tahunan Setiap Komoditas Antar Kabupaten

Konsep air virtual (*Virtual Water/VW*) terdefiniskan dengan perhitungan tapak air (WF). Sebagai volume total air yang digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung untuk menghasilkan produk. WF memiliki tiga komponen: *green* WF yang merupakan evapotranspirasi (ET) air yang disuplai oleh hujan; *blue* WF adalah ET air irigasi (IR) yang dipasok dari reservoir, sungai, dan air tanah; dan *grey* WF adalah volume air yang tercemar atau air yang dibutuhkan untuk melarutkan polusi/cemaran dalam proses produksi (Hoekstra *et al.*, 2011).

Tabel 2 *Water Footprint* (m³/ton) Komoditas Pertanian di Wilayah D.I. Yogyakarta Tahun 2015-2018

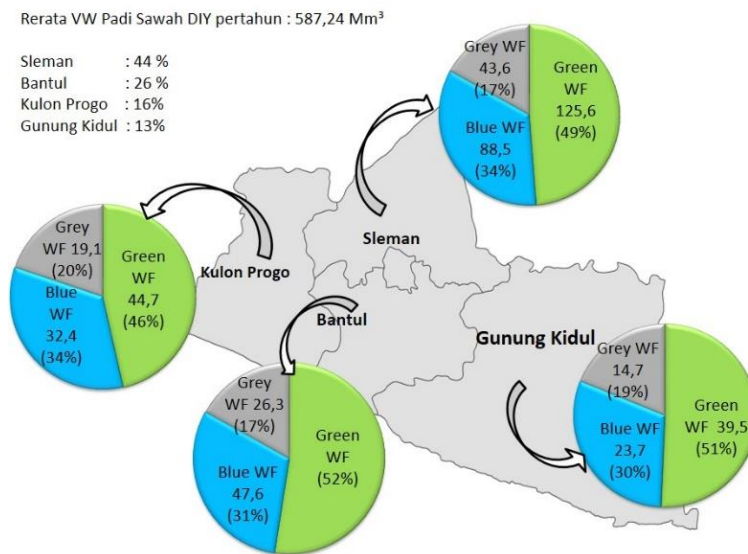
No.	Tahun	Padi Sawah	Padi Ladang	Jagung	Kedelai
1	2015	841	1.346	911	2602
2	2016	833	1.383	791	2485
3	2017	810	1.302	756	2711
4	2018	893	1.091	905	2556
	Rerata	844	1280	841	2589



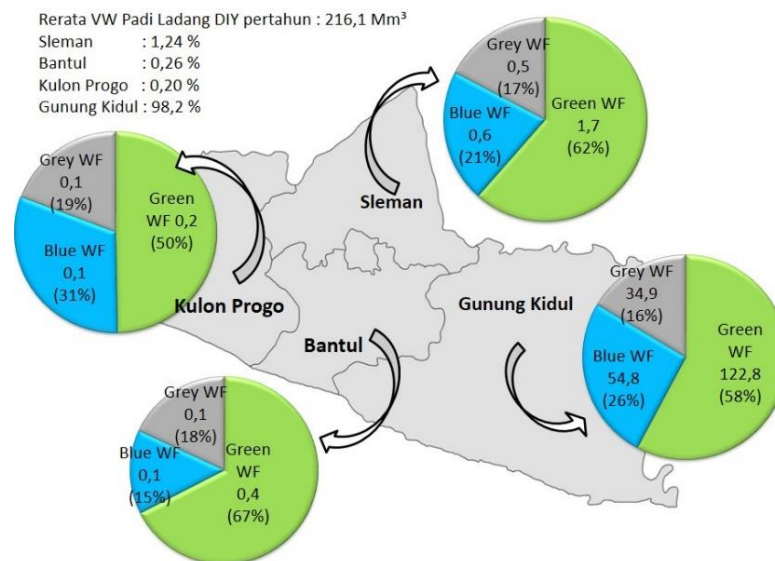
Gambar 1 *Water Footprint* Komoditas Pertanian di DIY 2015-2018

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa *water footprint* yang diolah dari berbagai macam data, diperoleh sebaran nilai *Virtual Water* komoditas di setiap Kabupaten dalam rentang waktu 2015-2018 yang tersaji pada Gambar 1 s.d. Gambar 5. Hasil ini menunjukkan, jumlah air yang diperlukan selama proses budidaya pertanian untuk memproduksi setiap komoditas (padi, jagung dan kedelai). komponen *green water* mendominasi setiap komoditas di seluruh kabupaten. Hal ini dikarenakan seluruh kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh iklim, khususnya ketersediaan air hujan. Dengan

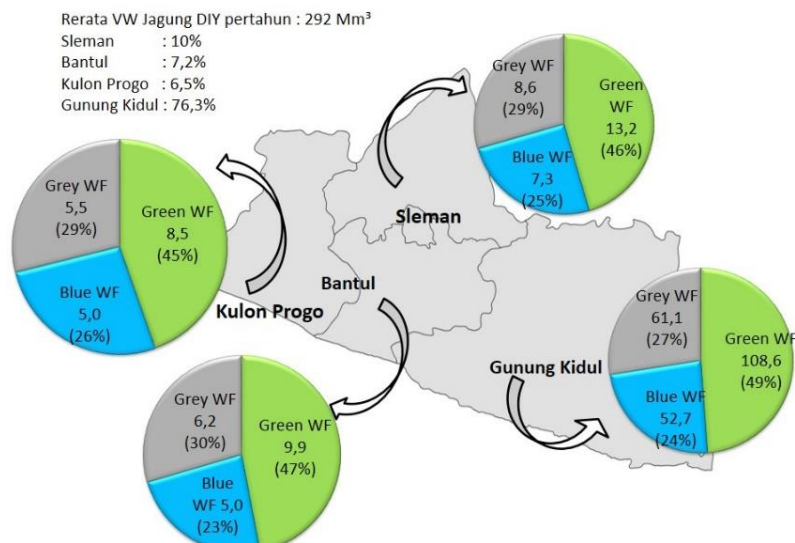
demikian, penggunaannya menjadi sangat besar jika dibandingkan dengan komponen lainnya. Diikuti secara berurutan oleh komponen *Blue water* yang menunjukkan penggunaan air dari sumber lain (embung, reservoir dll) melalui sistem irigasi. Kemudian, *grey water* yang menunjukkan jumlah air yang diperlukan untuk melarutkan *leaching* maupun *runoff* dari pupuk ke badan sungai. Hanya saja, pada budidaya tanaman jagung, nilai *grey water* lebih tinggi dari *blue water*. Hal ini disebabkan jumlah pupuk yang diberikan pada budidaya jagung merupakan yang tertinggi dibandingkan komoditas lainnya.



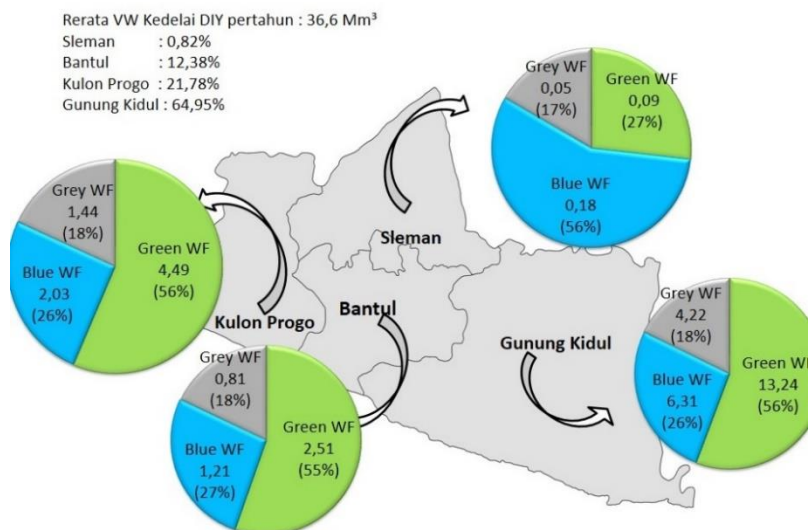
Gambar 2 Rerata *Virtual Water* (Mm³/tahun) Padi Sawah di DIY 2015-2018



Gambar 3 Rerata *Virtual Water* (Mm³/tahun) Padi Ladang di DIY 2015-2018



Gambar 4 Rerata *Virtual Water* (Mm³/tahun) Jagung di DIY 2015-2018



Gambar 5 Rerata *Virtual Water* (Mm³/tahun) Kedelai di DIY 2015-2018

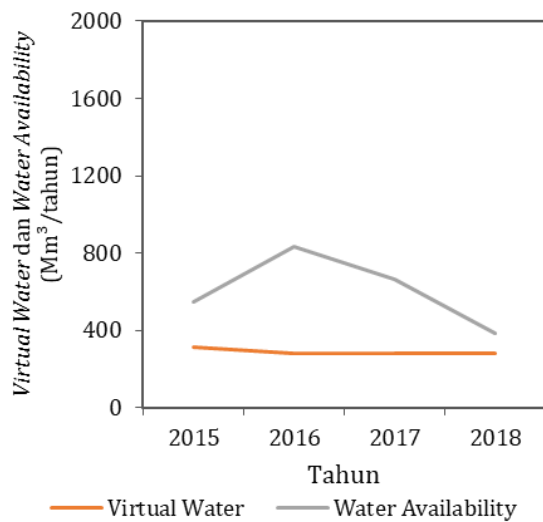
Secara umum, *virtual water* komoditas di DIY selama 2015-2018 terbesar ada pada budidaya padi sawah sebesar 587 Mm³/tahun. Kemudian secara beurutuan yaitu jagung, padi ladang dan kedelai dengan nilai 292 Mm³/tahun; 216 Mm³/tahun dan 36,6 Mm³/tahun. Pada penelitian ini, nilai *virtual water* memiliki urutan yang terbalik dengan *water footprint* setiap komoditas yang telah dibahas pada subbab 3.3. Faktor utama penyebabnya dikarenakan luas tanam dan total produksi yang besarnya secara berurutan dari padi sawah, jagung, padi ladang dan kedelai. Seperti misal, tingginya nilai *water footprint* pada kedelai tidak berbanding lurus dengan nilai *virtual water* yang rendah ini sesuai dengan Persamaan 9 bahwa WF_{proc} (m³/ton) dikalikan dengan Produksi komoditas (ton/tahun).

Proporsi besarnya jumlah *virtual water* pada setiap wilayah kabupaten memiliki nilai yang berbeda-

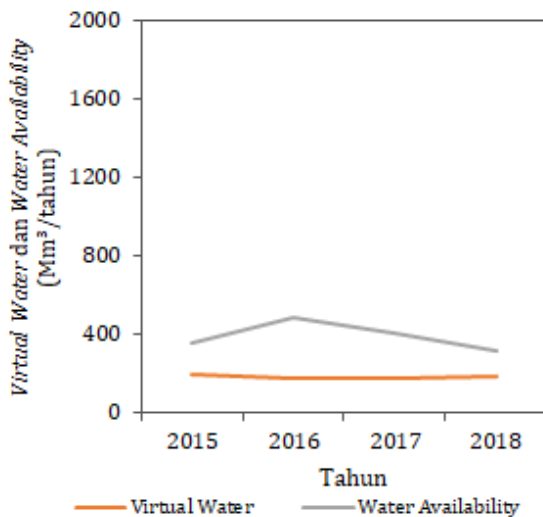
beda. Pada budidaya tanaman padi sawah, VW dengan proporsi terbesar adalah di Kabupaten Sleman yaitu 44%. Kabupaten lainnya memiliki nilai proporsi yang tidak terlalu berbeda jauh. Kondisi ini disebabkan produksi dan luas tanam komoditas padi sawah di Kabupaten Sleman adalah yang terbesar. Sedangkan pada 3 komoditas lainnya yaitu padi ladang, jagung dan kedelai, Kabupaten Gunungkidul, memiliki proporsi tertinggi secara berurutan 98,2%, 76,3% dan 64,95%. Kondisi ini disebabkan oleh ketersediaan curah hujan yang jumlahnya hanya cocok untuk tanaman palawija non-padi. Terkait dengan padi ladang yang jumlahnya sangat besar, dikarenakan kondisi geografis Kabupaten Gunungkidul yang tidak banyak terakses irigasi teknis. maka pilihan penanaman padi ladang menjadi pilihan yang lazim bagi petani.

3.3. Perbandingan *Virtual Water* dan *Water Availability* setiap Kabupaten

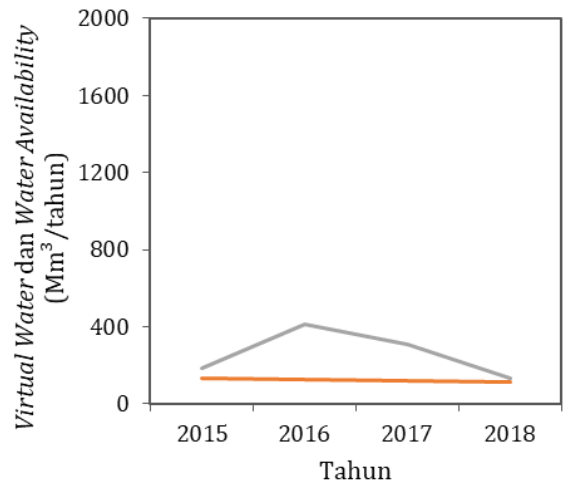
Pertanian merupakan pengguna utama sumber daya air dunia, hingga hampir sejumlah kurang lebih 70% dari air bersih dunia. Sumber daya air untuk kegiatan pertanian semakin langka karena meningkatnya permintaan irigasi. Selain itu, persaingan atas air semakin meningkat karena meningkatnya penggunaan air untuk rumah tangga dan industri (Kementerian Pertanian, 2006). Untuk itu, perhitungan analisa *Virtual Water* (VW) pada penelitian ini juga menghasilkan nilai *Water Availability* (WA) dari setiap kabupaten yang ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9.



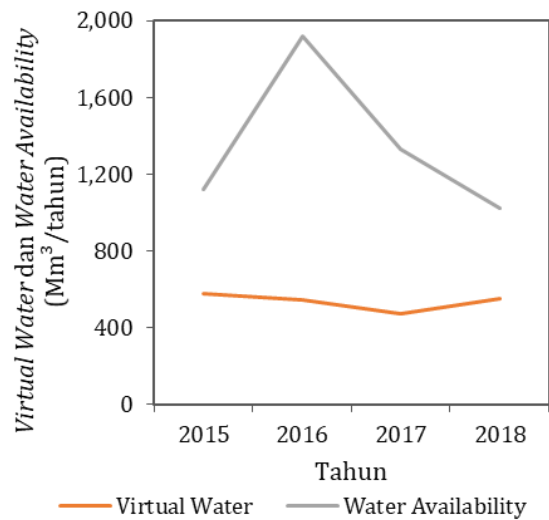
Gambar 6 Perbandingan VW dan WA di Kab. Sleman



Gambar 7 Perbandingan VW dan WA di Kab. Bantul



Gambar 8 Perbandingan VW dan WA di Kab. Kulon Progo



Gambar 9 Perbandingan VW dan WA di Kab. Gunungkidul

Pada analisa perbandingan *Virtual Water* (VW) dan *Water Availability* (WA), data VW diakumulasi dari setiap komoditas dalam satu wilayah Kabupaten dalam rentang waktu 2015-2018. Sedangkan data WA didapatkan dengan melakukan akumulasi *Peff* yang dikalikan dengan luas tanam seluruh jenis komoditas di suatu Kabupaten. Secara keseluruhan, tren yang terjadi pada nilai VW relatif stabil di bawah nilai WA. Hanya saja pada tahun 2015 dan 2018, pada seluruh Kabupaten titik VW dan WA hampir bertemu dalam satu titik. Ini menunjukkan ketersediaan air yang menipis jika dibandingkan dengan kebutuhan air untuk melakukan produksi pertanian komoditas Pajale. Kondisi ini disebabkan adanya El-Nino pada tahun 2015-2018 yang berdampak pada perubahan iklim secara global dengan pengurangan jumlah curah

hujan yang turun ini sesuai dengan penelitian oleh Nangimah, Laimeheriwa, & Tomaso (2018).

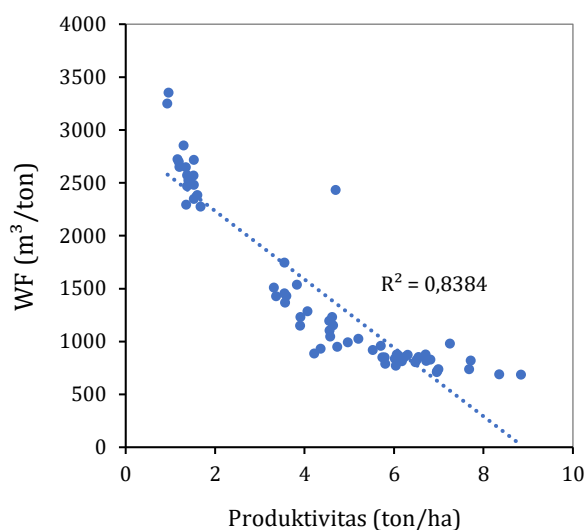
Berdasarkan Nangimah *et al.* (2018) juga, pada 2016-2017 dinilai terjadi La-Nina. Sehingga ketersediaan airnya lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan air untuk memproduksi pertanian. Terlihat pula dari hasil analisa perbandingan VW dan WA yang pada 2017-2018 memiliki rentang cukup besar antara VW dan WA. Hanya saja, jika kondisi ini tidak dibarengi dengan ketersediaan sumber daya air dan lahan pertanian potensial semakin langka dan terbatas. Ketersediaan sumber daya air yang semakin terbatas dan kompetitif. Sesuai dengan permasalahan mendasar mengenai mekanisme pengelolaan air (Rachman, 1999) yaitu : (a) penambahan jumlah kebutuhan air pertanian, tanpa kontrol; (b) kondisi lahan pertanian tidak diperhitungkan dalam distribusi air (c) penyadapan air secara liar dengan pompa akibat pemilihan tanman yang tidak sesuai kondisi ketersediaan air dan (d) produktivitas tanaman sangat beragam antara bagian hulu dan hilir (akibat ketersediaan air).

3.4. Pengaruh Hubungan Produktivitas dengan Nilai Water Footprint

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis untuk dapat mengetahui tingkat pengaruh faktor sistem produksi pertanian terhadap nilai *Water Footprint* (WF). Hasil analisa pada Gambar 10 menampilkan korelasi yang cukup kuat antara produktivitas (ton/ha) dengan WF (m^3/ton), yaitu nilai R^2 sebesar 0,84. Semakin tinggi produktivitasnya, maka nilai WFnya akan semakin rendah.

Kondisi ini, memungkinkan kita untuk memiliki kesimpulan bahwa meningkatkan produktivitas merupakan cara yang ampuh untuk menekan jumlah penggunaan air untuk menghasilkan suatu komoditas. Hal ini sesuai dengan apa yang disampaikan oleh A. Y. Hoekstra (2003) tentang konsep VW. Menurutnya, nilai kandungan dalam hal ini adalah WF dapat berbeda meskipun untuk memproduksi komoditi yang sama dengan jumlah yang sama pula.

Hanya saja, perlu ditekankan bahwa peningkatan produktivitas ini tidak dibarengi dengan penambahan input terhadap pemupukan atau jumlah air irigasi yang signifikan. Sebab hal tersebut justru akan meningkatkan nilai WF nya. Adapun hal yang dapat dilakukan adalah pemilihan bibit yang unggul, lokasi yang tepat (kondisi tanah dan iklim memadai), waktu yang tepat (sesuai dengan musim) serta teknik budidaya yang berkelanjutan.



Gambar 10 Hubungan Antara Produktivitas dengan Nilai WF

IV. KESIMPULAN

Konsep *virtual water* atau air virtual dilakukan melalui penilaian tapak air (*water footprint assessment*) yang terdiri dari *blue water*, *green water* dan *grey water*. Penilaian ini yang menjadi metode perhitungan untuk menentukan tingkat penggunaan dan kelangkaan air pada produksi padi, jagung dan kedelai selama 2015-2018 di kabupaten-kabupaten pada Wilayah DIY.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komponen *green water* mendominasi untuk setiap komoditas di seluruh Kabupaten. Secara umum, *virtual water* terbesar ada pada budidaya padi sawah sebesar $587 Mm^3/tahun$. Kemudian secara berurutan yaitu jagung, padi ladang dan kedelai dengan nilai $292 Mm^3/tahun$; $216 Mm^3/tahun$ dan $36,6 Mm^3/tahun$. Nilai tersebut disebabkan karena luas tanam dan total produksi yang besarnya berurutan dari padi sawah, padi ladang, jagung dan kedelai. *Water footprint* tahunan kedelai merupakan yang tertinggi dengan $2.589 m^3/ton$ disusul padi ladang, jagung dan padi sawah sebesar $1.280 m^3/ton$; $844 m^3/ton$; $841 m^3/ton$. Faktor yang mempengaruhi nilai WF adalah tingkat produktivitas, semakin tinggi produktivitasnya maka nilai WF semakin rendah. Hal ini yang ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,834$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan Direktorat Penelitian UGM yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Peningkatan Kapasitas Peneliti Dosen Muda Tahun Anggaran 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Bocchiola, D., Nana, E., & Soncini, A. (2013). Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agricultural Water Management*, *116*, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.10.009>
- Bulsink, F., Hoekstra, A. Y., & Booij, M. J. (2010). The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, *14*(1), 119–128.
- Dainty, I., Abdullah, S. H., & Priyati, A. (2016). Analisis peluang curah hujan untuk penetapan pola dan waktu tanam serta pemilihan jenis komoditi yang sesuai di Desa Masbagik Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, *4*(1), 207–216.
- Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian. (2015). *Pedoman Upaya Khusus (UPSUS) Peningkatan Produksi Padi, Jagung dan Kedelai Melalui Program Perbaikan Jaringan Irigasi dan Sarana Pendukungnya*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pertanian.
- Foresight. (2011). *The Future of Food and Farming: Challenges and Choices for Global Sustainability*. London, UK: The Government Office for Science.
- Gobin, A., Kersebaum, K. C., Eitzinger, J., Trnka, M., Hlavinka, P., Takáč, J., ... Zoumides, C. (2017). Variability in the Water Footprint of Arable Crop Production across European Regions. *Water*, *9*(2), 93. <https://doi.org/10.3390/w9020093>
- Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. Dalam A. Y. Hoekstra (Ed.), *Virtual Water Trade—Proceeding of The International Expert Meeting on Virtual Water Trade* (hlm. 13–23). Delft, Netherlands: IHE Delft.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London, UK ; Washington, USA: Earthscan.
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, *15*(1), 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.06.004>
- Nangimah, S. L., Laimeheriwa, S., & Tomaso, R. (2018). Dampak fenomena El Nino dan La Nina terhadap keseimbangan air lahan pertanian dan periode tumbuh tersedia di Daerah Waeapo Pulau Buru. *Jurnal Budidaya Pertanian*, *14*(2), 66–74.
- Sun, S., Wu, P., Wang, Y., Zhao, X., Liu, J., & Zhang, X. (2013). The impacts of interannual climate variability and agricultural inputs on water footprint of crop production in an irrigation district of China. *Science of The Total Environment*, *444*, 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.016>
- United Nations. (2015). *Open Working Group Proposal for Sustainable Development Goals* (Report of the Open Working Group of the General Assembly on Sustainable Development Goals No. A/68/970). Diperoleh dari <http://undocs.org/A/68/970>
- Wang, X., Li, X., Fischer, G., Sun, L., Tan, M., Xin, L., & Liang, Z. (2015). Impact of the changing area sown to winter wheat on crop water footprint in the North China Plain. *Ecological Indicators*, *57*, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.023>
- Zhuo, L., Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., & Wada, Y. (2016). Inter- and intra-annual variation of water footprint of crops and blue water scarcity in the Yellow River basin (1961–2009). *Advances in Water Resources*, *87*, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.11.002>