

## BAB V. PEMBAHASAN

### 5.1. *Total Water Footprint* Beras pada Negara Produsen Beras di Asia

Padi merupakan tanaman rumput semi akuatik sehingga dalam pertumbuhannya membutuhkan lapisan tipis air yang menggenangi tanah yang ditumbuhinya. Jenis tanahnya dapat beragam dengan kadar garam, basa dan sulfur tertentu (Muthayya et al., 2014). Lapisan tipis air untuk waktu yang cukup lama sehingga perendaman, irigasi, evapotranspirasi, drainase atau pembuangan air, dan infiltrasi air menjadi bahan pertimbangan yang perlu diperhatikan (H. Li et al., 2018).

Di antara berbagai komoditas pertanian, padi membutuhkan jumlah air terbanyak (T. C. Wu, 2018). Selain itu, beras dianggap komoditas lain juga memiliki nilai *water footprint* yang lebih besar karena kuantitas produksi yang lebih tinggi disbanding komoditas lain dan juga nilai *water footprint* per kilogram beras yang dihasilkan sudah lebih tinggi pula (Bulsink et al., 2010). Lebih dari 80% dari sumber daya air bersih yang dikembangkan di Asia digunakan untuk tujuan irigasi dan lebih dari 90% dari total air irigasi digunakan untuk produksi padi. Dengan meningkatnya persaingan untuk air yang tersedia dengan sektor yang lain, sumber air untuk pertanian juga akan menurun lebih cepat dibandingkan biasanya (Naresh et al., 2017).

#### 5.1.1. *Total Water Footprint* Beras antar Negara Produsen Beras di Asia

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai *total water footprint* produksi beras dalam masing-masing negara sangat beragam antar negara-negara di Asia dimana rentang terjauhnya adalah sebesar 4.136 m<sup>3</sup>/t untuk *total water footprint* beras Bangladesh dan rentang tersempitnya adalah sebesar 17 m<sup>3</sup>/t untuk *total water footprint* beras Korea Selatan. Nilai *total water footprint* produksi nasional (regional) mengacu pada total volume air bersih yang dikonsumsi atau tercemar di dalam wilayah negara (region) untuk memproduksi suatu barang di dalam negeri (Ercin & Hoekstra, 2014). Salah satu

faktor utama yang menentukan perbedaan rentang nilai *total water footprint* antar negara adalah lokasi geografis yang berpengaruh terhadap iklim dan cuaca serta karakteristik lahan budidaya, sistem budidaya dan penerapan teknologi dalam budidaya (Marano & Filippi, 2015; Mungkung et al., 2019; Y. Zhang et al., 2019). Selain itu, perbedaan kuantitas konsumsi dalam sebuah negara juga mempengaruhi perbedaan nilai *water footprint* komoditas tertentu dalam suatu negara (regional) (Bulsink et al., 2010).

Dikarenakan produksi komoditas pertanian khususnya budidaya padi di benua Asia masih bergantung banyak dengan ketersediaan air serta iklim dan cuaca maka letak lokasi geografis yang berbeda antar negara menyebabkan nilai *total water footprint* yang berbeda dikarenakan oleh iklim dan cuaca yang berbeda antar negaranya. Rentang nilai *total water footprint* yang sangat beragam ini dikarenakan oleh iklim dan cuaca yang sangat mempengaruhi ketersediaan air dari masing-masing negara. Distribusi iklim dan cuaca tidak menentu dan tidak bisa disamakan antar negara (Bantacut, 2014). Pemanfaatan sumber daya air di masing-masing negara juga -berbeda (Zheng, Wang, Liu, et al., 2020) sehingga nilai *total water footprint* di masing-masing negara dapat berbeda dan beragam rentang nya (Sun et al., 2013).

Perubahan iklim akan membawa variasi yang lebih besar dalam peristiwa cuaca termasuk cuaca ekstrim yang lebih sering (T. C. Wu, 2018). Banyak peneliti berpendapat bahwa perubahan kondisi cuaca menyebabkan dampak dan gangguan yang signifikan terhadap produksi pertanian, mempengaruhi ketersediaan air, sistem air dan daerah aliran sungai dan menciptakan masalah sosial (Bantacut, 2014). Perubahan iklim dapat menyebabkan kelangkaan air yang saat ini juga menjadi perhatian lingkungan yang paling krusial. Kenaikan suhu dapat menyebabkan variabilitas evapotranspirasi dan curah hujan yang tinggi serta meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir dan kekeringan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Arunrat et al., 2020). Peningkatan hasil panen sebagian besar disebabkan oleh



peningkatan irigasi, perbaikan varietas tanaman, input agrokimia, dan perbaikan pengelolaan tanah dan air (Mekonnen & Gerbens-Leenes, 2020). Oleh karena itu, adaptasi pertanian harus dikembangkan di lingkungan yang berubah dengan cepat (Bantacut, 2014).

Indonesia dan Thailand sama-sama beriklim tropis dengan cuaca panas dan curah hujan yang melimpah (Bulsink et al., 2010; Gheewala et al., 2014). Di Indonesia dataran rendah mengalami suhu tinggi sepanjang tahun (rata-rata 28°C) dan dataran tinggi pedalaman agak lebih dingin. Angin muson timur memicu musim kemarau yang dimulai dari bulan Juni hingga September, sedangkan angin muson barat memicu musim penghujan yang dimulai dari bulan Desember hingga Maret (Bulsink et al., 2010). Untuk Thailand, dengan iklim yang tropis ini maka komoditas pertanian tahunan dapat tumbuh dengan mudah dan sangat cocok untuk budidaya padi (Gheewala et al., 2014).

*Water footprint* suatu komoditas tanaman sebagian besar dipengaruhi oleh manajemen pertanian (Mekonnen & Hoekstra, 2011b). Berdasarkan jenis tanah yang digunakan, secara umum terdapat 2 sistem dalam sistem budidaya padi yakni *wetland systems* dan juga *upland systems*. 85% dari total area panen padi dunia berasal dari *wetland systems* dan 75% dari area tersebut merupakan jenis *irrigated wetland systems*. *Wetland systems* dilakukan dengan mempersiapkan tanah dan menjaga kelembapan tanah tersebut dengan digenangi air kurang lebih selama 1 bulan lamanya sebelum siap untuk ditanam dan selanjutnya hasil semaian akan ditanam di lahan yang telah dibasahi tersebut (A. Chapagain & Hoekstra, 2010). Di Benua Asia, sawah dipersiapkan dan dibajak dan dilanjutkan dengan digenangi air sehingga lapisan tanah yang telah dibajak tersebut basah dan dilapisi air selama periode tumbuh padi itu sendiri (A. Chapagain & Hoekstra, 2010).

Secara umum, terdapat 3 jenis sistem irigasi pertanian yang digunakan untuk mendukung sistem budidaya padi. Sistem yang pertama adalah *irrigated lowland system* dimana padi akan ditumbuhkan dalam lahan yang luas dan tergenangi air irigasi. Sistem ini menghasilkan kurang lebih  $\frac{2}{3}$  padi dunia per tahun dimana hampir mendekati  $\frac{3}{4}$  produksi beras dunia. Sistem yang kedua adalah *rain-fed lowland system*. Sistem ini memanfaatkan air hujan untuk menggenangi lahan pertanian selama proses penanaman berlangsung. Sistem pertanian ini banyak digunakan di kebanyakan negara berkembang. Sistem pertanian yang ketiga adalah *upland rice farming*. Sistem ini memanfaatkan kondisi lahan yang kering, dan masih jarang digunakan sehingga hanya memproduksi 4% dari total produksi beras dunia (Muthayya et al., 2014), ketersediaan sumber air dan juga kemudahan dalam mengakses seluruh sumber air sebagai penyokong irigasi menjadi penentu sistem irigasi yang diterapkan khususnya sistem pertanian padi (Mungkung et al., 2019). Penentuan sistem irigasi ini akan mempengaruhi nilai total produksi dari negara tersebut atas komoditas padi dan juga dipengaruhi oleh kemampuan dan kemudahan negara tersebut untuk mengakses sumber air. Sehingga, meskipun terletak dalam 1 benua yang sama atau bahkan dalam 1 negara yang sama, nilai *water footprint* dari masing-masing negara atau masing-masing daerah dapat berbeda-beda.

Negara India dan Thailand sama-sama memiliki 2 siklus budidaya padi yang didasarkan pada musim yakni musim penghujan dan musim kemarau. Di kedua negara tersebut siklus yang utama berlangsung saat musim hujan dan siklus yang kedua berlangsung saat musim kemarau. Di India, musim pertama disebut Kharif yang dilangsungkan dengan memanfaatkan curah hujan sedang hingga tinggi seefektif mungkin sebagai sumber irigasi, sedangkan siklus kedua disebut Rabi dengan memanfaatkan air irigasi sepenuhnya untuk mendukung budidaya padi (A. Chapagain & Hoekstra, 2010). Hampir sama dengan India, siklus utama di Thailand disebut *major rice cycle* dan hasilnya disebut *in-season rice* dimulai dari bulan Mei hingga Agustus dan siklus kedua



disebut *second rice cycle* dengan hasil berupa *off-season rice* dimulai dari bulan Januari hingga April. *Second rice cycle* hanya bisa dilakukan di zona irigasi atau zona dengan akses ke air rigasi yang sangat mudah. (Mungkung et al., 2019).

Thailand bagian tengah dapat melangsungkan 3 siklus budidaya padi dengan hasil yang biasa disebut dengan *third crops*. Bagian ini menjadi produsen utama beras bagi Thailand. Karena jumlah siklus yang dilangsungkan di Thailand bagian tengah ini cukup banyak, maka perencanaan atau kalender penanaman menjadi hal penting bagi Thailand khususnya bagian tengah agar kondisi tanah tetap baik dan hasil produksi tetap dapat meningkat ditambah dengan mempertimbangkan faktor eksternal berupa cuaca dan iklim yang tidak mudah diprediksi. Dijelaskan dalam penelitiannya *first rice* dilangsungkan selama 5-6 bulan dan *second rice* serta *third rice* dilangsungkan selama masing masing 3 bulan. Penggunaan jenis dan kuantitas pupuk serta bahan kimia pendukung pertanian lainnya seperti insektisida dan pestisida menjadi hal yang penting untuk diperhatikan (Arunrat et al., 2020).

Untuk negara Nepal, 16% sawah menyumbang setengah dari total produksi sereal di Nepal. Sawah di Nepal membutuhkan banyak air untuk budidaya dan sensitif terhadap musim hujan. Petani Nepal memanen sawah 2 kali setahun bergantung dengan iklim yang menguntungkan produksi dan juga bergantung dengan faktor eksternal lain seperti akses kebutuhan sarana prasarana ke pasar, aplikasi pupuk dan juga sistem irigas yang tersedia (Shrestha et al., 2013).

Tingginya nilai *water footprint* untuk negara Nepal bisa dikarenakan oleh rendahnya hasil produksi dari masing-masing daerah dalam negara Nepal. Selain itu juga, karena Nepal masih merupakan negara berkembang, budidaya padi di Nepal masih sangat terpengaruh oleh adanya hama, serangga dan juga gulma. Rendahnya atau kurang tersedianya sumber irigasi di Nepal serta kurangnya sarana dan prasarana yang

memadai di Nepal menjadi salah satu yang menyebabkan tingginya nilai *water footprint* (Shrestha et al., 2013).

Untuk Malaysia, terdapat 2 siklus budidaya padi yang diterapkan yakni *main season* dan *off season*. *Main season* berlangsung biasanya dari bulan Agustus hingga Februari dan siklus ini berjalan tanpa bergantung dengan sumber irigasi. Sedangkan untuk *off season*, siklus ini berjalan dengan bergantung terhadap sumber irigasi. *Off season* biasanya berlangsung dari bulan Mei hingga Juli (Hanafiah et al., 2019).

*Water footprint* budidaya tanaman bervariasi di seluruh negara dan wilayah. Hal ini terutama disebabkan oleh perbedaan hasil panen dari masing-masing negara (Mekonnen & Hoekstra, 2011b). Gheewala et al., (2014) menyatakan dalam penelitiannya bahwa *water footprint* bergantung pada hasil produksi. Untuk dapat menurunkan nilai *water footprint* produksi komoditas tertentu, maka produktivitasnya harus ditingkatkan. Pernyataan ini didukung oleh Hanafiah et al., (2019) yang menyatakan bahwa semakin tinggi *yield* atau hasil produksi suatu komoditas dalam suatu negara, nilai *water footprint* produksi komoditas tersebut juga akan semakin rendah nilainya.

Hasil produksi beras dalam suatu negara, selain dipengaruhi oleh kemampuan negara tersebut dalam memproduksinya, juga dipengaruhi oleh permintaan konsumsi dari negara tersebut. Erwin dan Hoekstra (2014) menyampaikan bahwa 2 faktor utama yang menjadi pengaruh dalam perhitungan *water footprint* negara tersebut adalah ukuran populasi dan juga produktivitas dari daerah atau negara tersebut. Bagi mayoritas masyarakat di benua Asia, beras masih menjadi salah satu makanan pokok utama. Oleh karenanya permintaan dan kebutuhan akan beras akan terus ada sepanjang tahun dan budidaya padi akan dilangsungkan terus menerus untuk mencukupi kebutuhan dan mencapai ketahanan pangan bagi masing-masing negara. Hal ini dapat menyebabkan munculnya nilai *water footprint* untuk produksi beras di masing-masing negara dengan



keragaman yang berbeda-beda bergantung dengan hasil produksi dan faktor eksternal lainnya dari masing-masing negara.

Hampir seluruh masyarakat di Malaysia, Indonesia dan Nepal menggunakan beras sebagai makanan pokok utama di masing-masing negara (Fadillah & Marlia, 2016; Shrestha et al., 2013). Di Indonesia sendiri, beras berkontribusi 69% terhadap *water footprint* komoditas pertanian. Selain dikarenakan oleh *water footprint* per kg beras yang relative tinggi, namun juga dikarenakan oleh tingginya tingkat konsumsi beras di Indonesia (Bulsink et al., 2010). Di Thailand, selain menjadi makanan pokok, padi menjadi komoditas utama yang dibudidayakan (Arunrat et al., 2020). China sendiri menjadi produsen beras yang penting bagi Asia. Budidaya padi di China memakan lahan yang sangat luas dan juga sumber daya air yang banyak (Chen et al., 2020; X. H. Wu et al., 2017).

Rentang nilai *total water footprint* negara Korea Selatan, China, Thailand lebih kecil dibandingkan negara Bangladesh, Nepal, dan Indonesia. Hal ini mungkin disebabkan oleh karena perbedaan teknologi yang diterapkan di masing-masing negara. Mendapatkan produktivitas air tertentu dari negara negara berkembang lebih susah dibandingkan dengan negara maju. Negara maju memiliki kemampuan untuk menunjang pertanian dalam negaranya dengan menggunakan teknologi, peralatan dan sistem pertanian yang lebih baik dan canggih dibandingkan dengan negara yang masih berkembang atau bahkan negara tertinggal (Mekonnen & Hoekstra, 2014). Penggunaan air untuk persiapan lahan dapat dikurangi melalui perataan lahan, pengurangan masa persiapan lahan atau bahkan teknik pengolahan tanah kering. Penyemaian padi basah atau bahkan kering juga akan mengkonsumsi lebih sedikit air daripada metode transplantasi padi tradisional (Gheewala et al., 2014).

Selain dipengaruhi oleh iklim dan cuaca serta hasil produksi dan teknologi yang berbeda, nilai keragaman ini juga dipengaruhi oleh variasi padi yang berbeda antar

negaranya (Shrestha et al., 2017). Meskipun sama sama menjadi komoditas utama, tapi jenis varietas tiap negara dapat berbeda menyesuaikan dengan masing-masing lokasi geografis. Produktivitas air budidaya padi dapat ditingkatkan dengan mengembangkan dan memilih varietas unggul serta memperbaiki pengelolaan budidaya, seperti pengendalian hama dan gulma serta pengelolaan unsur hara untuk meningkatkan hasil (Gheewala et al., 2014).

### 5.1.2. *Total Water Footprint Beras di Negara-negara Produsen*

Dari Tabel 1 diketahui bahwa terdapat keragaman nilai *water footprint* beras di masing-masing negara. Keragaman ini juga terjadi di dalam masing-masing negara yang tertera dalam Gambar 2 hingga Gambar 9. Keragaman nilai tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan metode dan *scope* penelitian, model perhitungan, dan juga perbedaan periode waktu dalam skala bulan yang kemudian dapat mempengaruhi iklim dan cuaca yang sedang terjadi saat penelitian dilakukan oleh para peneliti yang berbeda (H. Li et al., 2018). Secara umum, distribusi presipitasi akan berbeda menurut ruang dan waktu sehingga ketersediaan sumber air di masing-masing negara dan daerah juga akan berbeda tiap waktu (Du et al., 2019).

Dalam penelitiannya, Mungkung *et al.*, (2019) menyatakan bahwa perbedaan nilai *water footprint* dapat disebabkan oleh perbedaan letak geografis secara spesifik antar ruang dan waktu penelitian. Sehingga meskipun dilakukan di negara yang sama, penelitian di lokasi yang berbeda dan waktu yang berbeda dapat menghasilkan nilai *total water footprint* yang berbeda. Selain itu, perbedaan letak geografis yang berarti perbedaan iklim dan cuaca ini juga dapat menjadi pemicu keragaman nilai *water footprint* meskipun dalam 1 negara yang sama.

Di Indonesia, sering terjadi fluktuasi cuaca dan iklim yang cukup signifikan. Fluktuasi ini dapat memicu banjir dan kekeringan parah yang menyebabkan gagal panen ataupun menurunkan produksi komoditas pertanian dari daerah tersebut. Selain itu, fluktuasi



cuaca dan iklim ini juga meningkatkan risiko terjadinya ledakan hama dan penyakit yang dapat menyebabkan kegagalan panen (Bantacut, 2014). Baik di Thailand, India maupun Malaysia dalam 1 siklus yang sama nilai *water footprint* yang dihasilkan dapat berbeda oleh karena dalam awal siklus, ketersediaan air belum cukup melimpah untuk menyokong budidaya padi sehingga nilai *water footprint* di awal dan di akhir siklus akan lebih rendah dibandingkan dengan pertengahan siklus.

Untuk negara dengan daerah yang luas, letak spesifik penelitian dilakukan juga menjadi dasar perbedaan nilai *water footprint*. Banyak penelitian yang dilakukan di provinsi negara China. Nilai *total water footprint* dari masing-masing provinsi ini berbeda oleh karena letak geografis mereka yang berbeda meskipun dalam 1 negara. Dalam penelitiannya Zheng *et al.*, (2020) menyatakan bahwa bagian selatan memiliki iklim dan cuaca yang lebih cocok dibandingkan dengan bagian utara sehingga nilai *water footprint* yang dihasilkan pun berbeda. Selain itu, kemungkinan gagal panen atau berkurangnya hasil produksi di masing-masing provinsi juga tidak bisa disamaratakan oleh karena perbedaan letak geografis tersebut (Zheng, Wang, Ding, et al., 2020).

Jenis tanah dan jenis iklim yang berbeda dalam 1 negara untuk masing masing daerah menjadi pembeda drastic nilai *water footprint* untuk masing-masing penelitian yang dilakukan dalam negara tersebut. Jenis tanah dan iklim yang berbeda mengindikasikan berbedanya kebutuhan jenis dan kuantitas pupuk dan bahan kimia (insektisida dan pestisida) pendukung budidaya pertanian bagi daerah tersebut. Waktu pengaplikasian pupuk dan bahan kimia pendukung budidaya padi yang berbeda antar 1 penelitian dan penelitian lain juga dapat menjadi pembeda nilai *water footprint* dari masing-masing peneliti (Wang et al., 2014; Xinchun et al., 2018).

Di kemudian hari, perubahan iklim diprediksi akan terus berlanjut yang berarti produksi pangan dan khususnya produksi beras akan terganggu. Gagal panen akan menjadi semakin sering apabila terjadi fluktuasi cuaca dan iklim yang cukup drastis.

Banjir, kekeringan dan *outbreaks* akan terus menerus terjadi. Selain itu, perubahan suhu juga dapat memberikan efek terhadap jumlah hama, gulma dan penyakit serta juga memberikan efek terhadap jenis hama, gulma atau penyakit apa yang akan menyerang komoditas tersebut. Suhu akan mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup, perkembangan, reproduksi dan pergerakan dari hama dan serangga sehingga mempengaruhi distribusi dan munculnya atau hilangnya jenis tersebut (Bantacut, 2014). Hal ini berpengaruh terhadap *total nilai water footprint* baik dari segi hasil produksi yang tidak sama satu sama lain serta meningkatnya *grey water footprint* yang juga meningkatkan nilai *total water footprint* atas suatu komoditas tertentu dalam suatu lingkup daerah. Selain itu, distribusi sumber daya air spasial dan temporal yang tidak merata, karena sering terjadi peristiwa cuaca ekstrem, meningkatkan kebutuhan irigasi dan drainase (Chen et al., 2020).

## **5.2. Perbandingan *Green*, *Blue* dan *Grey Water Footprint* Beras di Negara-negara Produsen Beras di Asia**

### **5.2.1. Perbandingan Nilai *Green Water Footprint***

Dari seluruh negara yang merupakan negara produsen beras di Asia seperti yang tertera di tabel 2, nilai tengah *green water footprint* adalah 631,93 ( $m^3/t$ ) yang merupakan hasil penelitian atas Nepal oleh Chapagain dan Hoekstra (2011), nilai tertinggi untuk *green water footprint* adalah Indonesia dari penelitian Bulsink *et al.*, (2009) sebesar 2.527 ( $m^3/t$ ) dan nilai terendah untuk *green water footprint* adalah China dari penelitian Li *et al.*, (2018) sebesar 137,47 ( $m^3/t$ ).

Sistem pertanian di benua Asia banyak memanfaatkan sistem pertanian *rain-fed lowland system* sehingga sangat terpengaruhi oleh iklim dan cuaca yang pada akhirnya dapat mempengaruhi total produksi padi dan beras (Muthayya et al., 2014). Kecenderungan untuk menggunakan air hujan seefektif mungkin juga dikarenakan oleh



susahnya akses air irigasi di beberapa daerah khususnya negara berkembang (X. H. Wu et al., 2017). Namun, tidak semua air hujan dapat dimanfaatkan untuk budidaya beras. Banyak dari air tersebut yang tidak termanfaatkan khususnya apabila curah hujan meningkat dan menyebabkan banjir (Chen et al., 2020).

Dari 8 negara yang ada dalam tabel 2, 5 dari 8 negara tersebut memiliki nilai *green water footprint* yang lebih dominan dibandingkan dengan nilai *blue water footprint* dan juga *grey water footprint*. 5 negara tersebut adalah India, Indonesia, Malaysia, Nepal dan Thailand. Hasil penelitian ini disepakati oleh beberapa peneliti lain dimana mereka menyatakan bahwa di negara berkembang seperti di India, Indonesia, Thailand, Myanmar dan Filipina, proporsi penggunaan *green water* akan jauh lebih besar dibandingkan dengan *blue water* karena pertaniannya yang masih bergantung ke air hujan dan kurangnya akses terhadap sumber irigasi (Naresh et al., 2017). Dalam penelitian yang lain, ditambahkan bahwa Vietnam juga memiliki proporsi penggunaan *green water* yang lebih besar dibandingkan dengan proporsi penggunaan *blue water* (Mungkung et al., 2019).

India memiliki 2 musim utama untuk menanam padi. Musim yang utama yakni Kharif atau musim penghujan. Dalam musim ini, budidaya padi akan memanfaatkan air hujan se-efektif mungkin. Sedangkan musim yang kedua disebut Rabi atau musim kering. Karena saat musim kering, hujan akan jarang turun, sehingga budidaya padi dalam kurun waktu ini akan menggunakan air irigasi sepenuhnya (A. Chapagain & Hoekstra, 2010). Sehingga, di India nilai *green water footprint* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *blue water footprint* dan juga *grey water footprint*.

Nilai *green water footprint* di Thailand lebih besar dibandingkan *blue water footprint* dan *grey water footprint* karena berdasarkan musim, dalam 1 tahun musim penanaman padi di negara Thailand, terdapat 2 siklus secara umum yakni *major rice cycle* atau biasa disebut dengan *in-season rice*. Musim *major rice cycle* atau *in-season rice* ini berlangsung dalam musim penghujan dalam kurun waktu bulan Januari hingga April dan budidaya tanaman padi selama musim ini akan memanfaatkan air hujan sebaik

mungkin. Siklus yang kedua disebut *second rice cycle* atau *off-season rice* yang dimana padi dalam musim ini ditanam dengan memanfaatkan air irigasi untuk mencukupi kebutuhan air dalam budidayanya. Oleh karena membutuhkan air irigasi dalam jumlah banyak, kebanyakan *second rice cycle* ditanam di daerah zona irigasi atau zona dengan akses ke air irigasi yang sangat mudah (Mungkung et al., 2019).

*Green water footprint* di Malaysia lebih tinggi dibandingkan dengan *blue water footprint*. Hal ini mengindikasikan bahwa curah hujan di Malaysia dapat menunjang budidaya komoditas pertanian khususnya padi. Kondisi topografi dan iklim dari Malaysia dapat menjamin ketersediaan air dan memenuhi kebutuhan untuk budidaya tanaman termasuk padi sehingga dapat mencukupi kebutuhan air yang menunjang sistem budidaya dalam Malaysia itu sendiri meskipun dalam musim kering. Namun ada kalanya, Malaysia tetap membutuhkan pasokan air irigasi dalam jumlah yang kecil (Fadillah & Marlia, 2016; Hanafiah et al., 2019).

Dalam 1 siklus yang sama, *green water footprint* pertanian di Indonesia dan Malaysia lebih tinggi saat musim hujan dan *blue water footprint* lebih tinggi saat musim kemarau dibanding dengan musim hujan. Kesamaan hasil ini didasarkan oleh karena Indonesia dan Malaysia yang berada dalam satu garis ekuator. Kedua negara ini hampir memiliki pola presipitasi yang sama. Malaysia memiliki iklim khatulistiwa yang basah dan panas, dicirikan dengan suhu yang hangat dan distribusi hujan musiman dengan suhu harian berkisar 21°C hingga 32°C di dataran rendah sepanjang tahun dan suhu yang lebih dingin di daerah dengan ketinggian yang lebih tinggi. Perbedaan yang ada dari kedua negara ini adalah produktivitas dari masing-masing negara dan juga sistem pertanian yang diterapkan di masing-masing negara pula (Hanafiah et al., 2019). Selain itu, Indonesia terletak di kawasan Pasifik dan melintasi khatulistiwa di mana curah hujan tahunan rata-rata mencapai 2000 mm. Oleh karena itu *green water footprint* di Indonesia merupakan nilai yang dominan dibandingkan dengan nilai *water footprint* yang lain (Xinchun et al., 2018; Zheng, Wang, Liu, et al., 2020).



Nilai *green water footprint* dari Nepal lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *water footprint* yang lain selain dikarenakan masih bergantung dengan air hujan dan belum memiliki teknologi serta akses yang mudah terhadap irigasi, Nepal juga menerima hujan yang melimpah sepanjang tahun. Hujan di Nepal terjadi di bulan Juni hingga September yakni hujan musim panas dari angin muson barat daya dan juga dari bulan desember hingga februari yakni hujan musim dingin yang cukup untuk menunjang budidaya pertanian di Nepal (Shrestha et al., 2013).

Pengelolaan air hijau yang lebih baik akan berkontribusi pada peningkatan efisiensi penggunaan air hijau dengan memaksimalkan aliran air produktif sebagai transpirasi tanaman dan meminimalkan aliran air non-produktif, termasuk penguapan tanah, limpasan dan perkolasi di luar zona akar (Sun et al., 2013).

#### **5.2.2. Perbandingan Nilai *Blue Water Footprint***

Hasil produksi dari pertanian yang menggunakan *blue water* akan memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan pertanian yang hanya bergantung dengan *green water* atau air hujan. Sehingga semakin rendah curah hujan dari sebuah negara, maka penggunaan *blue water* akan semakin meningkat untuk dapat mencukupi dan menunjang pertanian dari negara tersebut (Mekonnen & Hoekstra, 2014). Dari hasil tabel 2, terdapat 3 negara yang memiliki dominansi *blue water footprint* yakni Bangladesh, China dan Korea Selatan. Nilai tertinggi untuk *blue water footprint* adalah negara Nepal dari hasil penelitian Shrestha et al., (2013) sebesar 1.251 ( $m^3/t$ ), sedangkan untuk nilai terendah *blue water footprint* adalah negara India dari hasil penelitian Kashyap & Agarwal (2021) sebesar 208,43 ( $m^3/t$ ).

Oleh karena letak geografis Bangladesh dan Pakistan yang berdekatan, Bangladesh dan Pakistan memiliki letak topografi dan iklim yang hampir sama. Persawahan di daerah Pakistan seluruhnya masih menggunakan air irigasi sebagai sumber utama air yang menunjang budidaya di dalam negaranya khususnya pertanian padi (A. Chapagain &

Hoekstra, 2010). Sama seperti China, *green water footprint* di Taiwan dengan kondisi topografi dan iklim yang hampir sama juga memiliki proporsi yang lebih kecil dibandingkan dengan *blue water footprint*. Hal ini dikarenakan sistem tanam nya yang bergantung pada iklim dan terdapat masa jeda tanam dimana lahan tidak ditanami untuk dapat meregenerasi kondisi tanah atau *fallow system* (T. C. Wu, 2018). Untuk negara Korea Selatan, nilai *blue water footprint* menjadi dominan oleh karena sudah banyak sistem irigasi yang dikembangkan untuk menunjang budidaya padi di Korea Selatan (Yoo et al., 2014).

Meskipun tidak memiliki dominansi yang tinggi di nilai *blue water footprint*, budidaya padi di negara Thailand masih memanfaatkan air irigasi baik dikala musim hujan maupun di musim kemarau untuk dapat menghasilkan hasil produksi yang tinggi (Gheewala et al., 2014; Hanafiah et al., 2019). Pemanfaatan air irigasi ini yang kemudian menjadikan Thailand sebagai salah satu eksportir beras terbesar di dunia. Selain Thailand, Nepal juga masih membutuhkan sumber air bersih yang bersumber dari irigasi untuk dapat menunjang budidaya padi (Shrestha et al., 2013).

Penggunaan *blue water* untuk mendukung pertanian dalam sebuah negara memiliki efek yang sangat besar terhadap lingkungan daripada penggunaan *green water* (Bulsink et al., 2010). Karena populasi yang terus bertumbuh kompetisi air dan sumber air bersih dunia akan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Selain itu, pertumbuhan ekonomi dan juga peningkatan kebutuhan akan komoditas pertanian baik untuk kebutuhan pangan maupun non-pangan juga akan terus meningkat (Ercin & Hoekstra, 2014). Oleh karenanya menurunkan jumlah penggunaan air irigasi untuk menunjang budidaya pertanian dapat menurunkan nilai *blue water footprint* per hektar dan beralih dengan memanfaatkan air hujan seefektif mungkin perlu menjadi perhatian.

Meskipun *blue water* sangat mendukung budidaya dalam sebuah negara dalam menunjang produksi komoditas pangan dan menjaga ketahanan pangan dalam masing-



masing negara, *Blue water footprint* yang terus membesar dapat memberikan tekanan yang semakin lebih besar terhadap sumber air dalam masing-masing negara tersebut dan juga dapat berpengaruh negatif secara signifikan terhadap produksi komoditas pertanian (Zheng, Wang, Ding, et al., 2020). Oleh karenanya, tetap diperlukan alternatif lain seperti pemanfaatan *green water footprint* sebaik dan se-efektif mungkin dapat melepaskan tekanan terhadap sumber air khususnya sumber *blue water footprint* (Zheng et al., 2020).

### 5.2.3. Perbandingan Nilai *Grey Water Footprint*

Tidak semua peneliti melakukan penelitian atas *grey water footprint* atas negara yang sedang diteliti. Dari total data yang didapatkan hanya ada 24 data yang berkaitan dengan *grey water footprint*. Dari 24 data tersebut nilai tertinggi nya ada pada negara China dari hasil penelitian Xinchun *et al.*, (2018) sebesar 958 ( $\text{m}^3/\text{t}$ ) sedangkan nilai terendahnya ada pada negara Korea Selatan dari penelitian Yoo *et al.*, (2014) sebesar 48 ( $\text{m}^3/\text{t}$ ). Tidak ada negara yang memiliki dominansi nilai *grey water footprint*.

Pada dasarnya, budidaya padi memiliki nilai *grey water footprint* yang relative tinggi. Hal ini dikarenakan oleh penggunaan pupuk dan bahan kimia penunjang budidaya seperti insektisida dan pesetisida yang relatif tinggi juga (Bulsink et al., 2010). Oleh karena kebanyakan negara di Asia masih banyak yang menggunakan sistem *wetland rice systems* atau budidaya padi dengan memanfaatkan air irigasi dalam jumlah yang banyak, maka masih akan terdapat nilai *grey water footprint* di masing-masing negara. Dalam penelitiannya Chapagain dan Hoekstra (2010) menyatakan bahwa sistem *wetland rice systems* akan menggunakan pupuk dan bahan kimia pendukung yang lebih banyak dibandingkan dengan *rain-fed systems*.

Keberagaman dari nilai *grey water footprint* di tiap negara ini dipengaruhi oleh jumlah dari penggunaan pupuk dan bahan kimia lain untuk menunjang budidaya padi di masing-masing negara (insektisida, pestisida, dll). Penggunaan pupuk dan bahan kimia

lain untuk menunjang budidaya padi di masing-masing negara didasarkan oleh kebutuhan dari masing-masing negara dan juga daerah dengan menyesuaikan kondisi iklim serta kondisi tanah tempat budidaya. Apabila kondisi daerah dan iklim sedang tidak menguntungkan untuk budidaya tanaman khususnya padi, jumlah hasil produksi dapat menurun atau bahkan menyebabkan gagal panen, sehingga diperlukan penggunaan pupuk dan bahan kimia lain yang menunjang pertanian. Penggunaan pupuk dan bahan kimia penunjang pertanian inilah yang menyebabkan naiknya nilai *grey water footprint* (H. Li et al., 2018). Dalam penelitiannya, Mekonnen dan Hoekstra (2014) menambahkan bahwa penggunaan pupuk khususnya pupuk nitrogen dapat meningkatkan produktivitas dari budidaya padi karena penggunaan pupuk ini dapat mempengaruhi laju fotosintesis dan juga meningkatkan indeks panen. Sehingga secara umum, penggunaan pupuk nitrogen dapat mempengaruhi jumlah produksi beras di negara tersebut dan juga dapat mempengaruhi produktivitas air secara signifikan yang kemudian juga mempengaruhi nilai *water footprint*.

Nilai dalam 1 negara pun dapat beragam oleh karena perbedaan kebutuhan pupuk dan bahan kimia pendukung lain dalam masing-masing daerahnya. Di Thailand, budidaya di Thailand bagian utara dan tengah cenderung menggunakan lebih banyak pupuk dan bahan kimia pendukung pertanian agar dapat menghasilkan jumlah produksi yang lebih tinggi. Sebaliknya petani Thailand di bagian Timur Laut bergantung pada air hujan dengan tanpa menambahkan pupuk atau bahan kimia pendukung pertanian lainnya sehingga jumlah produksinya lebih rendah (Mungkung et al., 2019). Pertanian di China memiliki *grey water footprint* yang relatif tinggi. Hal ini mengindikasikan tingginya laju penggunaan pupuk nitrogen dan juga laju *leaching* yang relative tinggi dan juga dapat menjadi sumber polusi (Y. Zhang et al., 2019).

*Leaching* nitrogen lingkungan sekitar dan ke air bersih disekitarnya dapat menyebabkan masalah lingkungan dan juga kesehatan (A. Chapagain & Hoekstra, 2010). Sejumlah besar input nitrogen eksternal dan metode pemupukan yang tidak



tepat dapat menyebabkan eutrofikasi, polusi air tanah, dan emisi amonia dan gas rumah kaca yang dapat menyebabkan ledakan alga beracun, penipisan oksigen, kematian ikan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan hilangnya tempat tidur tanaman air (M. Wu, Cao, Guo, et al., 2021b).

### 5.3. Perbandingan *Green, Blue* dan *Grey Water Footprint* di Negara-negara Produsen Beras di Asia

Dari masing-masing penelitian yang dilakukan di tiap negara, hasil penelitian yang dilakukan oleh Chapagain dan Hoekstra (2011) dijadikan sebagai ambang batas dalam penelitian ini karena Chapagain dan Hoekstra (2011) melakukan penelitian atas banyak negara di dunia dan dijadikan sebagai dasar acuan penelitian yang lain. Selain itu, konsep *water footprint* pada awalnya dikenalkan oleh Hoekstra dan Hung pada tahun 2003 dan diteruskan oleh Hoekstra bersama dengan Chapagain yang membantu menganalisis dan mengevaluasi hubungan antara konsumsi manusia dengan alokasi penggunaan air bersih dunia dan juga menunjukkan keterkaitan dengan sumber daya yang terkait (Chu et al., 2017; Mekonnen & Hoekstra, 2011b; Shrestha et al., 2017).

Hasil penelitian yang berbeda dengan Chapagain dan Hoekstra terjadi karena alasan yang sama dengan perbedaan hasil tiap peneliti meskipun dalam 1 negara yang sama. Perbandingan nilai antar peneliti dalam masing-masing negara tertera dalam Gambar 10 hingga Gambar 15 dimana perbedaan ini memiliki alasan yang sama dengan perbedaan nilai *total wate footprint* antar peneliti dalam 1 negara produsen beras yang sama. Perbedaan yang mendasari adalah perbedaan metode dan *scope* penelitian yang diterapkan oleh masing-masing peneliti dalam penelitiannya. Selain itu, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, distribusi presipitasi akan berbeda menurut ruang dan waktu sehingga ketersediaan sumber air di masing-masing negara dan daerah yang diteliti meskipun dalam 1 negara yang sama pun akan menghasilkan nilai yang sangat berbeda satu sama lain (Du et al., 2019).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Chapagain dan Hoekstra dilakukan untuk kurun waktu 2000-2004 dimana iklim dan cuaca serta kondisi geografis telah berkembang seiring berjalannya waktu. Populasi yang terus berkembang juga mempengaruhi produksi di masing-masing negara. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut yang dapat membandingkan keseluruhan negara dalam 1 penelitian agar dapat menjadi patokan dalam melihat efektivitas sistem budidaya dan juga celah untuk menghemat penggunaan air dan pengolahan sumber daya air agar tidak terjadi kelangkaan. Selain itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait dengan metode penanaman yang lebih efektif atau solusi lain untuk dapat menghemat penggunaan air.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang dilakukan untuk dapat menemukan metode untuk menghemat penggunaan air irigasi atau mengefektifkan penggunaan air yang telah ada. Metode yang dapat digunakan untuk memanfaatkan air hujan secara efektif adalah *dry seeding method* dimana proses penanaman biji dan penyemaian dilakukan di tanah kering sehingga dapat mengurangi penggunaan air saat penanaman biji dan juga penyemaian. Selain itu ada metode *system rice intensification* dimana dalam sistem ini air hanya dimanfaatkan sebaik mungkin hanya cukup untuk memberi akar padi kelembapan tanpa menggenangi tanaman dalam waktu yang lama (A. Chapagain & Hoekstra, 2010). Strategi lain yang diusung adalah *alternate wetting and drying* atau AWD dimana air dikondisikan untuk kedalama tertentu setelah lahan dibiarkan tidak tergenangi air dalam kurun waktu tertentu (contoh 5 hingga 7 hari) (Materu et al., 2018).

Selain itu, varian varian padi yang lebih hemat penggunaan air juga telah dikembangkan seperti adanya WDR atau *water-saving and drought-resistance rice* yang dikembangkan melalui *breeding* tradisional dan juga Teknik molekuler seperti Hanyou 73 (HY73) yang merupakan *indica hybrid WDR variety* (X. Zhang et al., 2021). Padi aerobic juga dapat menjadi salah satu cara untuk dapat menghemat air baik irigasi



maupun air hujan. Dengan menggunakan padi aerobik, dapat dilakukan *dry direct seeding* atau pembenihan kering sehingga dapat mengurangi penggunaan air dan juga lebih menghemat penggunaan herbisida dan biosida (Kumar & Katagami, n.d.).

