

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Tahap Penanaman**

Faktor yang berpengaruh pada *carbon footprint* kopi tahapan penanaman adalah pupuk yang digunakan di lahan pertanian produksi pupuk, kapur dan bahan kimia pelindung tanaman, serta emisi dari penggunaan listrik di negara-negara produksi (Killian et al., 2013; Usva et al., 2020). Dalam pembudidayaan kopi terdapat tiga metode budidaya yang sering diterapkan yaitu metode konvensional, organik, dan tumpang sari. Dilakukan juga pengembangan metode pembudidayaan untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu.

Metode konvensional paling sering digunakan karena praktis dan mudah diaplikasikan. Metode konvensional dikembangkan menjadi konvensional intensif dan konvensional moderat. Konvensional intensif cukup banyak digunakan karena memiliki manfaat ekonomi yang tinggi (Noponen et al., 2012). Namun, terdapat efek negatif terhadap lingkungan yang cukup signifikan (Noponen et al., 2012). Budidaya kopi dengan metode konvensional intensif menggunakan banyak pupuk kimia, insektisida, fungisida dan herbisida (Trinh et al., 2020). Sedangkan metode konvensional moderat merupakan pengembangan metode konvensional yang bertujuan untuk mengurangi efek negatif terhadap lingkungan (Trinh et al., 2020).

Metode organik memiliki tujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan tidak menggunakan pupuk sintetis atau bahan kimia, digunakannya pupuk kandang atau kompos dan pengendalian hama manual (Trinh et al., 2020). Dampak baik dari metode organik yang lain adalah didapatkannya hasil biji kopi berkualitas tinggi serta meningkatkan kualitas tanah, air dan udara di sekitar lahan perkebunan meningkat (Trinh et al., 2020). Metode organik moderat menghasilkan emisi karbon yang cukup rendah. Salah satu faktor yang ikut menekan angka emisi karbon adalah pupuk organik yang digunakan dapat dibuat

dari kompos dengan memanfaatkan limbah organik dari lahan tersebut (Trinh et al., 2020). Organik intensif merupakan metode yang diaplikasikan pada perkebunan skala kecil (Trinh et al., 2020). Luas areal tanam juga berpengaruh terhadap nilai jejak karbon. Area yang luas memberikan jejak karbon yang lebih rendah daripada area yang lebih sempit. Hal ini karena penggunaan pupuk, bahan bakar dan bensin untuk area yang luas lebih hemat biaya daripada untuk area kecil (Ratchawat *et al.*, 2020).

Metode monokultur adalah metode budidaya yang hanya menanam satu jenis tanaman (Altieri et al., 2015). Nilai lebih dari metode monokultur adalah hasil komoditi utama menjadi lebih banyak hingga hampir dua kali lipat dibandingkan dengan metode polikultur (van Rikxoort et al., 2014). Hal ini dikarenakan kepadatan tanaman kopi yang tinggi dan pengelolaannya lebih intensif dengan cara manual. Monokultur dengan naungan/berbayang merupakan salah satu metode monokultur dengan penambahan peneduh (Altieri et al., 2015). Tanaman kopi robusta suka ditanam di bawah naungan pohon apa saja, tanaman naungan juga dapat mengikat nitrogen yang dapat mengurangi emisi (van Rikxoort et al., 2014). Pada metode ini tidak dihasilkan produk sekunder kecuali kayu bakar dengan jumlah yang tidak banyak (van Rikxoort et al., 2014).

Polikultur tradisional adalah metode penanaman beberapa varietas tanaman dalam suatu lahan (Altieri et al., 2015). Beberapa polikultur tradisional memiliki jejak karbon terkait tanah dan pupuk tertinggi di antara semua pertanian (van Rikxoort et al., 2014). Polikultur komersial biasanya menggunakan menggunakan varietas yang menghasilkan produk sekunder seperti buah-buahan yang berbeda dari varietas komoditi utama (Altieri et al., 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Ratchawat et al., 2020) 92% petani kopi menanam kopi Robusta di bawah naungan buah-buahan seperti durian, pisang, manggis, dan kelengkeng.

Jejak *carbon footprint* pada metode konvensional berada pada rentang 0,27 – 2,82 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Rentang yang cukup besar ini salah satunya dipengaruhi oleh

perlakuan budidaya yang diberikan petani. Petani yang menggunakan metode konvensional ini biasanya menggunakan tahapan-tahapan yang telah ada turun-temurun. Sehingga selama prosesnya kurang efektif dan menghasilkan *footprint* yang cukup besar. Data yang berhasil dikumpulkan berasal dari 7 negara dengan negara *Nicaragua* yang memiliki *carbon footprint* terendah dan negara *Mexico* dengan hasil *carbon footprint* tertinggi. Telah dilakukan pengembangan metode konvensional seperti yang telah dijelaskan di atas. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pengembangan tersebut terbukti dapat mengurangi nilai *carbon footprint* mencapai nilai di bawah 1 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Di mana terlihat pada Gambar 3. Tahapan yang paling berpengaruh pada hasil *carbon footprint* adalah cara pemberian dan penggunaan pupuk dan pestisida serta besarnya kadar yang digunakan. Penyumbang terbesar emisi adalah penggunaan pupuk terutama urea. Emisi pupuk menyumbang 45%-50% (Noponen et al., 2012).

Untuk metode organik menghasilkan *carbon footprint* dengan rentang 0,12 - 0,65 kg CO<sub>2</sub> eq/kg produk metode ini memiliki rata-rata yang paling rendah dibandingkan 2 metode lainnya. Sehingga dapat dinyatakan metode ini paling efektif untuk mengurangi emisi. Pada metode ini dilakukan 2 pengembangan yaitu metode organik moderat dan organik intensif. Berdasarkan data metode organik moderat menghasilkan nilai emisi yang lebih rendah dibandingkan metode organik intensif. Hasil dari metode organik membuktikan bahwa pupuk kimia memiliki pengaruh besar terhadap emisi yang dihasilkan. Pada metode ini penyumbang emisi terbesar adalah emisi N<sub>2</sub>O tanah dengan persentase menyampai 92% pada metode organik intensif dan 82% untuk metode organik moderat (Noponen et al., 2012). Emisi ini biasanya berasal dari residu pemangkasan. Emisi dari pemangkasan ini menaikkan 1,6 kali pada metode organik moderat dan 1,4 kali pada metode organik intensif.

Pada metode mono/polikultur menghasilkan *carbon footprint* dengan rentang 3,3 – 5,2 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Metode monokultur memiliki kecenderungan hasil *carbon footprint* lebih tinggi, hal ini dikarenakan tingkat kerapatan tanaman dalam

satuan lahan yang sama lebih rapat. Sedangkan metode polikultur memiliki nilai yang lebih rendah karena hasil emisi dalam satu lahan dibagi ke beberapa produk hasil lahan. Hasil kopi pada monokultur sendiri bisa mencapai 2 kali lipat dari metode polikultur (van Rikxoort et al., 2014). Metode monokultur dan polikultur memiliki rata-rata emisi yang paling tinggi dari ketiga metode. Sebagian besar metode ini masih menggunakan aplikasi pupuk dan pestisida sintetis secara teratur. Rata-rata kepadatan dan hasil tanaman kopi secara signifikan metode monokultur tanpa naungan lebih tinggi daripada tiga jenis sistem lainnya (van Rikxoort et al., 2014).

Dilakukan perbandingan antar metode penanaman, hasil perbandingan tertera pada Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat nilai median, minimal, dan maksimal dari setiap metode penanaman. Metode konvensional memiliki rentang nilai yang paling besar. Hal ini dikarenakan metode konvensional memiliki banyak data dengan perbedaan nilai yang cukup signifikan. Sehingga dapat disimpulkan metode konvensional paling banyak digunakan dan memiliki faktor pengaruh *carbon footprint* yang bervariasi. Untuk metode monokultur dan polikultur tidak memiliki nilai min dan max karena hanya ada satu data. Dari seluruh metode penanaman, metode organik cenderung memiliki nilai yang rendah. Sehingga faktor penggunaan pupuk dapat dinyatakan memiliki pengaruh besar pada hasil *carbon footprint*. Metode intensif biasanya diterapkan pada lahan yang lebih sempit sehingga memiliki nilai *carbon footprint* yang cenderung lebih besar. Penerapan metode moderat memiliki tujuan mengurangi dampak negatif pada lingkungan yang tercermin dari nilai *carbon footprint* yang rendah. Setelah dibandingkan dapat dinyatakan metode moderat cukup berhasil karena memiliki nilai minimal terendah pada metode organik moderat.

## 5.2 Pengolahan

Metode pengolahan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi mutu kopi (Novita et al., 2010), bahkan pengaruhnya dapat mencapai 60% terhadap penentuan kualitas kopi (Banti dan Abraham, 2021). Terdapat tiga metode pengolahan yaitu

metode kering, semi kering, dan basah. Pemrosesan kering memiliki tahapan awal buah kopi disortir dan dibersihkan secara manual untuk menghilangkan kotoran, daun, dan ranting yang masih terbawa (Banti dan Abraham, 2021). Kemudian buah kopi dikeringkan di bawah sinar matahari langsung (Novita et al., 2010). Setelah benar-benar kering dilakukan pengupasan kulit kopi dengan mesin *huller* untuk memisahkannya dari buji kopi (Ratchawat et al., 2020). Kelemahan dari metode kering ini adalah biji kopi dikeringkan bersama ampas dan lendirnya karena masih dalam keadaan buah utuh, hal ini dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi dan transformasi kandungan kimia dari *pulp* ke biji kopi mengingat proses pengeringan yang lambat (Banti dan Abraham, 2021). Perubahan kandungan kimiawi tersebut memiliki efek yang cukup besar pada kualitas biji pada cita rasa di akhir (Banti dan Abraham, 2021).

Pada pemrosesan basah diawali dengan pengupasan kulit kopi (*pulping*) terlebih dahulu (Novita et al., 2010). Kemudian dilakukan fermentasi untuk mereduksi lapisan lendir (*mucilage layer*) (Novita et al., 2010). Dan diakhiri dengan pencucian untuk benar-benar menghilangkan lendir dari biji kopi (Novita et al., 2010). Proses fermentasi yang dilakukan secara singkat (< 36 jam) dengan suhu yang terkontrol dapat meningkatkan mutu biji kopi pada aspek rasa serta aroma (Novita et al., 2010) (Banti dan Abraham, 2021). Namun kelemahan dari metode ini adalah diperlukan air dalam jumlah yang banyak serta perlu pengetahuan khusus dari para pengelola untuk menjaga proses fermentasi (Banti dan Abraham, 2021). Limbah yang dihasilkan pun juga besar.

Pemrosesan semi kering merupakan penggabungan antara metode kering dan basah. Pada metode ini kulit kopi dihilangkan secara mekanis menggunakan mesin pulper dan dilakukan penambahan air selama proses pengupasannya (Banti dan Abraham, 2021). Setelah biji kopi terpisah, dilakukan pengeringan dengan cara menjemur langsung di bawah terik matahari (Banti dan Abraham, 2021).



Biji kopi yang telah dikeringkan akan memasuki tahapan pemanggangan (*roasting*). Maka biji akan berubah warna menjadi gelap dan semakin mengeluarkan aroma. Proses pemanggangan biji kopi hijau dipanggang dalam drum berputar bersuhu mencapai 200 °C, kemudian di biarkan pada udara terbuka untuk menurunkan suhunya dan menjaga kekhasan rasa dan aroma dari reabsorpsi uap air (Usva et al., 2020). Setelah tahapan pemanggangan biji kopi sudah dapat langsung di perjual belikan dalam bentuk biji utuh yang dikemas ke dalam berbagai kemasan (Usva et al., 2020). Selain *whole bean* biji kopi juga dapat diperjual belikan dalam bentuk bubuk, sehingga dapat ditambahkan proses penggilingan setelah proses pemanggangan (Ratchawat et al., 2020).

Dalam pengolahan terdapat 2 proses yang menyumbang nilai *carbon footprint*. Proses tersebut adalah pemanggangan yang menyumbang 27% dari keseluruhan nilai *carbon footprint* dan penggilingan yang memberi pengaruh sebesar 2% (Ratchawat et al., 2020). Dari data yang dikumpulkan dapat diketahui metode basah banyak diterapkan pada perkebunan di Kolombia, Honduras, dan Nikaragua (Usva et al., 2020). Sedangkan di negara Brazil lebih banyak digunakan pengolahan kering (Usva et al., 2020). Dari data dapat terlihat bahwa pengolahan pada pabrik menghasilkan nilai *carbon footprint* yang lebih kecil. Faktor yang mempengaruhi adalah dilakukannya pengolahan limbah yang dihasilkan. Hal ini dapat menekan angka emisi. Selain itu dengan penggunaan berbagai mesin maka waktu pengeringan biji dapat jauh lebih cepat sehingga dapat mengurangi biji kopi yang rusak atau busuk karena kontaminasi selama penjemuran.

Pada data didapatkan nilai *carbon footprint* terendah dihasilkan metode berkelanjutan (*sustainable*). Metode ini diusung oleh Nab dan Maslin (2020), metode berkelanjutan ini menitik beratkan pada sumber-sumber emisi yang besar. Pada metode berkelanjutan ini digunakannya limbah organik sebagai pengganti pupuk buatan, mengurangi pestisida dan meningkatkan efisiensi dalam fase penggilingan yang dapat mengurangi penggunaan air, listrik, dan bahan fosil (Nab dan Maslin 2020).

### 5.3 Penyajian

Kopi sangrai dan bubuk menyumbang sekitar 90% dari konsumsi domestik, diikuti oleh biji kopi sangrai (6,7%), dan kopi instan (3,3%) (Cibelli, Cimini, Cerchiara, *et al.*, 2021). Selain itu terdapat juga berbagai kemasan untuk kopi bubuk. 84,5% kopi sangrai dan kopi bubuk dikemas dalam kantong polilaminasi fleksibel, 7,5% dalam toples kaca, toples plastik dan kaleng baja, dan 5% sebagai kapsul atau pod kopi satu porsi (Cibelli, Cimini, Cerchiara, *et al.*, 2021). Terdapat pula berbagai produk kopi yang berupa *Ready To Drink*. Dalam perhitungan emisi penyajian perlu mempertimbangkan semua metode persiapan dengan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari konsumsi listrik dari peralatan yang dipergunakan.

Dengan maraknya tren kopi maka penyeduhan menggunakan mesin jadi semakin banyak digunakan. Pada taraf rumah tangga banyak digunakan mesin otomatis yang berbasis kapsul. Hal ini dapat terlihat dari data Gambar 6. di mana mesin kopi kapsul memiliki data nilai *carbon footprint* yang banyak. Berdasarkan Brommer *et al.*, (2011) 23% masyarakat di Jerman menggunakan mesin pod, dan 15% lainnya menggunakan mesin kopi otomatis penuh dan mesin kopi kapsul. Dalam penghitungan *carbon footprint* emisi penyajian mengandalkan pada asumsi tentang perilaku penggunaan mesin kopi yang efisien dan tidak efisien. Untuk skenario penggunaan yang tidak efisien, diasumsikan bahwa pengguna akan menjaga mesin kopi dalam mode hidup sepanjang hari; untuk skenario penggunaan yang efisien, bagaimanapun, diasumsikan bahwa pengguna akan mematikan mesin kopi secara langsung setelah kopi disiapkan (Giraldi-Díaz *et al.*, 2018).

Penggunaan metode manual disinyalir dapat mengeluarkan rasa autentik dari biji kopi. Hal ini diperkuat dengan penelitian Fadhil, Nurba, dan Sukmawati (2021) di mana perbedaan penggunaan metode manual mempengaruhi sensori kopi yang dihasilkan. Berbagai *coffee shop* juga menyediakan *manual brew* atau penyeduhan dengan metode manual untuk pelanggan pecinta kopi.

Dilihat dari nilai *carbon footprint* yang dihasilkan metode manual memiliki rata-rata nilai yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan mesin kopi. Rata-rata nilai *carbon footprint* untuk penggunaan mesin otomatis adalah 2,52 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk sedangkan untuk metode manual memiliki nilai 1,83 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Hal yang paling mempengaruhi adalah penggunaan listrik. Di mana mesin kopi otomatis cenderung memiliki daya yang besar sehingga membutuhkan penggunaan listrik yang tinggi. Sedangkan pada beberapa metode manual tidak memerlukan listrik. Dari keterangan grafik terdapat beberapa jenis mesin kopi yang sama namun memiliki hasil *carbon footprint* yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh merek, daya, dan spesifikasi tiap mesin yang berbeda.

Penyajian menggunakan mesin tetap menghasilkan limbah berupa ampas kopi. Penggunaan mesin kopi kapsul dan pad menghasilkan limbah selain ampas kopi yaitu dari kemasan kapsul serta pad. Hal ini juga dapat menambah besarnya nilai *carbon footprint*. Maka hasil *carbon footprint* mesin kopi kapsul cenderung tinggi. Pada Gambar 5. satu mesin kapsul memiliki *carbon footprint* yang rendah. Hal ini dapat terjadi karena pengolahan limbah *capsul* sangat di maksimalkan sehingga dapat mengurangi nilai *carbon footprint*. Data dari penelitian Cibelli et al. (2021) cenderung memiliki nilai *carbon footprint* yang rendah karena berbasis di Italia di mana memiliki tingkat daur ulang aluminium, plastik, dan kertas karton dari limbah kemasan, yang tinggi. Hasil pengolahan limbah tersebut dapat mengurangi emisi mencapai 2,4% setiap cangkir untuk kopi bubuk yang dikemas dalam kemasan vakum,

Pada metode manual *carbon footprint* yang dihasilkan cenderung memiliki nilai yang sama. Perbedaan signifikan terlihat pada data dari penelitian Hassard et al., (2014). Hal ini dikarenakan data tersebut berbasis di Jepang yang tidak memiliki produksi kopi lokal. Sehingga menghasilkan nilai *carbon footprint* yang cukup besar. Faktor yang paling mempengaruhi adalah hasil emisi transportasi impor biji kopi tersebut menuju Jepang. Selain penggunaan listrik hal yang juga berpengaruh



pada angka *carbon footprint* metode manual adalah limbah yang dihasilkan. Kebanyakan metode manual menggunakan bahan baku kopi bubuk langsung baik yang sudah dalam bentuk bubuk ataupun yang berasal dari biji kopi yang digiling manual. Tidak diperlukan kemasan dalam setiap satuan sajian sehingga dapat menekan jumlah limbah yang dihasilkan.

#### 5.4 Skenario Kumulatif

Dari semua data yang terdapat maka disusunlah skenario kumulatif yang didasarkan pada metode penanaman. Pada setiap metode di susun skenario tertinggi dan terendah. Dari semua skenario yang ada nilai *carbon footprint* terendah adalah 1,06 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk untuk keseluruhan rangkaian dari penanaman hingga penyajian. Nilai tersebut didapatkan bila dalam satu rangkaian digunakan metode penanaman organik, metode pengolahan berkelanjutan, dan penyajian manual dengan metode 3 cup.

Metode organik yang menghasilkan nilai rendah memiliki spesifikasi sebagai berikut: menggunakan pupuk organik dari limbah buah dan kulit kopi yang dihancurkan menjadi bubuk kopi dengan kandungan nitrogen(N) 372, fosfor(P) 179, kalium(K) 145; tidak menggunakan pestisida; pengendalian hama serangga dilakukan dengan membiarkan buah kopi yang jatuh sehingga serangga tidak menyerang buah kopi yang masih di pohon; pengendalian gulma dengan pembersihan rutin 2-4 kali tiap tahun (Noponen et al., 2012). Metode pengolahan berkelanjutan yang diterapkan seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Metode 3-cup pada penyajian adalah penggunaan moka pot induksi. Metode ini termasuk dalam penyajian metode manual.

Untuk skenario dengan nilai *carbon footprint* terbesar adalah skenario mono/polikultur 1 dengan nilai 17,72 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Rangkaian metode pada skenario tersebut adalah: penanaman dengan metode monokultur tanpa naungan, pengolahan dengan metode konvensional, dan penyajian menggunakan mesin kopi *espresso*. Bila dibandingkan dengan *carbon footprint* teh, kopi masih

memiliki nilai yang lebih rendah. Berdasarkan analisis skenario yang dilakukan Cichorowski et al., (2015) nilai *carbon footprint* teh terendah adalah 7,1 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk. Nilai tersebut merupakan hasil penyusunan skenario metode dengan digunakan penanaman secara organik dan penggunaan listrik yang berasal dari pemanfaatan air (*hydropower*) (Cichorowski et al., 2015). Sedangkan nilai *carbon footprint* tertinggi teh adalah 25,3 kg CO<sub>2</sub> eq /kg produk dengan pembudidayaan secara konvensional dan transportasi menggunakan pesawat (Cichorowski et al., 2015). Secara garis besar kopi dan teh memiliki titik sumber emisi berpengaruh yang hampir sama yaitu metode pembudidayaan, penyajian, dan transportasi (Cichorowski et al., 2015).

