

GREEN RETAIL MODEL BERBASIS JEJAK KARBON DI KABUPATEN SLEMAN D.I.YOGYAKARTA

Feris Firdaus

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia,
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta Indonesia 55584, ID Penulis (Orcid: 0000-0003-
1763-7297, Sinta: 6015351, Google scholar: LxSZObsAAAAJ) email: feris.firdaus@uii.ac.id*

Abstrak

Peningkatan jumlah ritel di jalan perkotaan Kabupaten Sleman D.I.Yogyakarta sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir ini. Banyaknya pengunjung ritel yang menggunakan kendaraan bermotor dan parkir di area tersebut menyebabkan emisis gas buang (CO_2) semakin meningkat ditambah dengan gas buang AC dari ritel. Bahkan banyak PKL yang memasak makanan di area tersebut menggunakan gas LPG sehingga terjadi kelimpahan gas CO_2 di udara area ritel tersebut. Di sisi lain, sangat jarang dijumpai adanya vegetasi (pohon) sebagai penyerap gas CO_2 di udara area ritel tersebut. Oleh sebab itu perlu dilakukan kalkulasi jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas di area ritel tersebut sehingga dapat diketahui berapa jumlah pohon yang perlu ditanam untuk menyerap gas CO_2 . Berdasarkan hasil analisis jejak karbon dapat disimpulkan bahwa setiap ritel menyumbang emisi karbon di udara (CO_2) dengan kadar yang berbeda-beda sehingga jumlah pohon yang perlu ditanam juga berbeda. Pohon yang direkomendasikan hendaknya memiliki fungsi strategis sebagai penyerap emisi CO_2 selain fungsi estetis dan strategis lainnya. Pohon yang direkomendasikan dapat ditanam di area parkir kendaraan bermotor dan area PKL yang memasak makanan.

Kata kunci: green retail, jejak karbon, kendaraan bermotor, PKL

Abstract

The increase in the number of retail on urban roads in Sleman D.I. Yogyakarta Regency has been very fast in recent years. The large number of retail visitors who use motorized vehicles and park in the area causes the emission of exhaust gas (CO_2) to increase coupled with air conditioning exhaust gas from retail. In fact, many street vendors who cook food in the area use LPG gas so that there is an abundance of CO_2 gas in the air in the retail area. On the other hand, it is very rare to find vegetation (trees) as an absorber of CO_2 gas in the air in the retail area. Therefore, it is necessary to calculate the carbon footprint generated from activities in the retail area so that it can be seen how many trees need to be planted to absorb CO_2 gas. Based on the results of carbon footprint analysis, it can be concluded that each retailer contributes to carbon emissions in the air (CO_2) at different levels so that the number of trees that need to be planted is also different. The recommended tree should have a strategic function as an absorber of CO_2 emissions in addition to other aesthetic and strategic functions. The recommended trees can be planted in motorized vehicle parking areas and street vendors that cook food.

Keywords: green retail, carbon footprint, motor vehicles, street vendors

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah ritel di jalan perkotaan Kabupaten Sleman D.I.Yogyakarta sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir ini. Banyaknya pengunjung ritel yang menggunakan kendaraan bermotor dan parkir di area tersebut menyebabkan emisii gas buang (CO_2) semakin meningkat ditambah dengan gas buang AC dari ritel. Bahkan banyak PKL yang memasak makanan di area tersebut menggunakan gas LPG sehingga terjadi kelimpahan gas CO_2 di udara area ritel tersebut. Selain itu juga kelimpahan sampah yang dihasilkan juga meningkat seiring peningkatan jumlah ritel tersebut. Di sisi lain, sangat jarang dijumpai adanya vegetasi (pohon) sebagai penyerap gas CO_2 di udara area ritel tersebut.

Peningkatan emisii karbon dioksida (CO_2) di daerah perkotaan karena pertumbuhan penduduk yang cepat dan akibatnya peningkatan penggunaan energi dan lalu lintas kendaraan merupakan masalah di seluruh dunia yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Studi dari Amerika Utara dan Asia telah melaporkan bahwa pohon perkotaan dapat digunakan untuk mengurangi emisii ini. Namun, sedikit yang diketahui tentang peran bentang jalan perkotaan dalam mengurangi emisii dari sektor transportasi.

Penelitian yang dilakukan di Italia bermaksud mengembangkan metode untuk menghitung penyimpanan dan penyerapan karbon dioksida di tingkat bentang jalan menggunakan data lapangan, inventarisasi pohon yang ada dan persamaan alometrik spesifik wilayah yang tersedia. Hasilnya dibandingkan dengan emisii CO_2 kendaraan tahunan dari sebuah kota di Pegunungan Alpen Italia untuk menentukan potensi pengimbangan CO_2 dari lanskap jalanan perkotaan. Kami menemukan bahwa pohon-pohon di bentang jalan Bolzano melalui penyerapan setiap tahun mengimbangi 0,08% dari jumlah CO_2 yang dipancarkan oleh sektor transportasi. Temuan dari studi ini dapat digunakan sebagai indikator dan untuk lebih memahami peran potensial lanskap jalan perkotaan dalam mengurangi emisii CO_2 atmosfer perkotaan (Russo et al., 2015).

Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa hutan kota berfungsi sebagai penyerap karbon (C) yang penting dengan menyerap karbon dioksida (CO_2), dan ada banyak data ilmiah tentang potensinya untuk memperbaiki CO_2 melalui fotosintesis, termasuk variasi di antara jenis vegetasi dan dinamika temporal. Namun, meskipun lalu lintas kendaraan merupakan salah satu sumber antropogenik utama CO_2 , hubungan antara

emisi ini dan penyerapan oleh vegetasi tidak jelas.

Penelitian yang dilakukan di Beijing China bermaksud memvalidasi emisi C secara kuantitatif dari transportasi dan penyerapan C oleh vegetasi pada resolusi spatio-temporal 1 km dan 30 menit, dan memilih spesies pohon yang terbaik menyerap C melalui fotosintesis dan mengidentifikasi faktor pengendali utama. Selama periode pemantauan siang hari (7:00-17:00) dari musim tanam (Mei-Oktober), penyerapan C fotosintesis bersih per pohon digunakan untuk mengukur kapasitas fiksasi C dari spesies pohon yang berbeda, dan urutannya adalah *Acer pictum subsp. mono* > *Phellodendron amurense* > *Koelreuteria paniculata* > *Fraxinus chinensis* > *Pinus armandii* > *Ginkgo biloba*. Pemilihan vegetasi yang dapat memaksimalkan penyerapan emisi CO₂ lalu lintas juga perlu dikaji lebih lanjut. Dalam studi tersebut, penyerapan C oleh pohon terutama dikendalikan oleh radiasi aktif fotosintesis, volume lalu lintas dan kelembaban relatif, yang bersama-sama menjelaskan 92,3% dari total penyerapan C oleh pohon selama periode pemantauan di musim tanam, dan penyerapan C berkorelasi positif dengan radiasi aktif fotosintesis dan arus lalu lintas (Lia et al., 2020).

Pertumbuhan ekonomi akan meningkatkan peran sektor transportasi dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan. Namun kegiatan transportasi memiliki dampak negatif, dimana salah satu dampak negatif dari kegiatan transportasi adalah tingginya kadar polutan akibat emisi atau keluarnya asap dari kendaraan bermotor. Terdapat penelitian yang dilakukan di Balai Kota Makassar untuk mengetahui kemampuan ruang terbuka hijau (RTH) yakni pepohonan dan semak belukar dalam menyerap emisi karbon monoksida dan karbon dioksida yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang beroperasi. Data diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan dan luas tutupan oleh tajuk vegetasi. Untuk menghitung emisi kendaraan digunakan persamaan kekuatan emisi, dan untuk menghitung penyerapan emisi oleh vegetasi digunakan tutupan areal vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan pada zona 1, zona 2 dan zona 3, RTH yang ada sudah mampu menyerap 100% emisi karbon dioksida dan karbon monoksida. Namun di zona 4, ruang terbuka hijau yang ada tidak dapat menyerap 100% emisi karbon dioksida dan karbon monoksida dikarenakan luasan RTH nya tidak mencukupi beban cemaran gas buang kendaraan bermotor (Aly et al., 2020).

Studi kasus di Inggris menunjukkan bahwa kontribusi ritel supermarket terhadap potensi pemanasan global (GWP) sangat tinggi khususnya dari sumber emisi karbon yang dihasilkan dari gas buang AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi pemanasan global yang tinggi (GWP) kebocoran zat pendingin adalah sumber emisi karbon tertinggi kedua di ritel supermarket Inggris dan menjadi perhatian utama bagi organisasi komersial. Peraturan ketat PBB dan UE baru-baru ini yang mempromosikan refrigeran GWP yang lebih rendah telah diratifikasi untuk mengatasi jejak karbon yang tinggi dari refrigeran saat ini (Hart et al., 2020).

Studi jejak karbon dari ritel di Eropa juga menunjukkan bahwa jejak karbon sangat besar dari toko ritel makanan sehingga minat pada cairan pendingin alami, seperti propana (R290) dan CO₂ (R744), baru-baru ini meningkat di sektor pendinginan komersial. Dalam penelitian teoretis ini, kinerja berbagai teknologi yang menggunakan refrigeran dengan potensi pemanasan global rendah (GWP) dibandingkan di supermarket ukuran rata-rata yang terletak di berbagai kota di Eropa. Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa teknologi yang sangat efisien serta ramah iklim sudah tersedia

untuk industri ritel makanan Eropa (Gullo et al., 2018).

Dalam masyarakat konsumen, sektor ritel memberikan kontribusi yang signifikan terhadap produksi sampah. Supermarket memainkan peran sentral dalam tantangan efisiensi sumber daya dan pencegahan limbah. Ekonomi sirkular telah menjadi alternatif utama model ekonomi klasik dan sektor ritel mulai bergerak di sepanjang jalur ini. Penelitian ini mengevaluasi kinerja lingkungan dari sistem pengelolaan limbah melalui jejak karbonnya dan membandingkan dampak lingkungan dalam hal CO₂-eq dari pengolahan limbah yang berbeda untuk setiap kategori limbah. Penelitian ini khusus menyoroti kontribusi sektor sampah dari ritel di Italia, yang merekomendasikan pengolahan limbah organik yang dihasilkan dari ritel secara anaerob sehingga dapat menekan emisi karbon (Marrucci et al., 2020).

Dalam beberapa tahun terakhir, dengan skala yang semakin besar dari industri ritel China dan pertumbuhan yang cepat dari omset ritel, konsumsi energi dan emisi karbon yang relevan dari industri ritel China telah melihat kecenderungan naik secara bertahap. Oleh karena itu, bagaimana mengurangi emisi karbon secara efektif menjadi semakin penting. Emisi karbon dalam proses

distribusi logistik menyumbang hampir 60% dari total emisi karbon di industri ritel Tiongkok, sehingga peningkatan efisiensi dalam transportasi logistik tidak hanya dapat menghemat biaya operasional tetapi juga secara signifikan mengurangi emisi karbon dari industri ritel Tiongkok (Li et al., 2016).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di kabupaten Sleman Provinsi D.I.Yogyakarta. Sampel ditentukan dengan metode *convenience sampling*. *Convenience sampling* merupakan sampel non probabilitas yang tidak terbatas, dimana sampel dipilih dari anggota populasi yang paling mudah untuk ditemui dan dimintai informasi. Penelitian ini didukung oleh data primer yang diperoleh secara langsung di lokasi sampel dan didukung juga dengan data sekunder yang diperoleh dari *stakeholders* terkait di lokasi penelitian.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan observasi secara langsung di lokasi penelitian dan untuk memperkuat teknik observasi diperlukan pendekatan *conteint analysis* secara komprehensif terkait data-data primer berupa *existing data* (kualitatif dan kuantitatif) dan data-data sekunder berupa dokumen-dokumen penting yang terkait dengan penelitian ini.

Analisis jejak karbon (*carbon footprint analysis*) dilakukan menggunakan *carbon footprint calculator* dalam program Excel yakni *Greenhouse Gas (GHG) Emissions Calculation Tools* berbasis *GHG Protocol* yang dirancang khusus untuk menghitung jejak karbon dari aktivitas manusia. Yakni aktivitas yang dapat menghasilkan GHG seperti mengkonsumsi listrik, bahan bakar minyak (BBM), LPG, dan sektor lain seperti transportasi, persampahan, pertanian, peternakan dan aktivitas lainnya, serta rekomendasi ekuivalensi jumlah vegetasi/pohon yang perlu ditanam untuk mengimbangi jumlah carbon yang dihasilkan dari aktivitas tersebut (Scrucca et al., 2021; Yañez et al., 2020; Pandey et al., 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di lokasi sepanjang kawasan Jl.Kaliurang km 6-20 Kabupaten Sleman D.I.Yogyakarta terdapat 18 unit ritel. Dari jumlah populasi ritel tersebut diketahui hanya 3 unit ritel (16,67%) yang memiliki vegetasi/pohon di area parkirnya yang didominasi pohon Ketapang (*Terminalia catappa*). Adapun sisanya 15 unit ritel (83,33%) tidak memiliki vegetasi di area parkirannya. Berdasarkan data existing, 3 unit ritel tersebut dapat diklasifikasikan

sebagai contoh ritel yang telah menerapkan *green retail model*. Untuk meningkatkan efektivitas dalam proses penyerapan cemaran karbon dioksida (CO₂) di 3 kawasan ritel tersebut maka perlu ditambahkan jenis vegetasi yang memiliki daya serap CO₂ yang kuat.

Analisis jejak karbon (*carbon footprint*) pada sampel ritel tersebut menggunakan *carbon footprint calculator* yang dilengkapi dengan rekomendasi hasil kalkulasi antara jumlah CO₂ yang dihasilkan dan jumlah pohon yang perlu ditanam untuk mengimbangi cemaran polusi CO₂ tersebut di area ritel. Selanjutnya desain dan tata letak pohon yang perlu ditanam dianalisis menggunakan pendekatan spasial yang mengedepankan aspek lingkungan dengan efektivitas ruang di area ritel.

Sampel yang dipilih berjumlah 4 unit ritel, yakni 3 unit yang mewakili ritel yang telah menerapkan prinsip *green retail model* (Mitra Swalayan Jl.kaliurang km 14, Toserba WS Jl.Kaliurang km 10, dan Superindo Supermarket Jl.kaliurang

km 6), dan 1 unit ritel yang mewakili ritel yang belum menerapkan prinsip *green retail model* dan memiliki area parkir paling luas (Alfamidi Super Jl.kaliurang km 9). Selanjutnya terhadap 4 sampel ritel yang dijadikan sebagai model *green marketplace* dilakukan proses pengumpulan data existing berupa jenis dan jumlah pohon yang sudah ditanam di area ritel. Selain data vegetasi, data spasial juga dihimpun seperti luas dan kontur halaman yang dijadikan sebagai lahan parkir dan tempat PKL. Di samping itu juga dihimpun data estimasi konsumsi BBM kendaraan bermotor selama berada di area ritel dan konsumsi gas LPG dari kegiatan PKL yang memasak di lokasi tersebut.

Semua data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis jejak karbon (*carbon footprint calculator*). Dalam Tabel 1 berikut ditampilkan data jejak karbon dari 4 unit ritel dan rekomendasi jumlah pohon yang perlu ditanam:

Tabel 1. Jejak karbon ritel dan rekomendasi jumlah pohon yang perlu ditanam

Ritel	Luas Ruang Parkir	Jumlah Pohon Eksisting	Konsumsi LPG/Bulan	Konsumsi Minimum BBM/bulan	Konversi Emisi CO ₂ /tahun	Pohon yang diperlukan
Superindo	400 m ²	12	33 kg	41 liter	1,78 ton	6
Alfamidi Super	300 m ²	0	156 kg	21 liter	3,46 ton	12

Toserba WS	100 m ²	2	0	24 liter	0,69 ton	3
Mitra Swalayan	150 m ²	3	30 kg	20 liter	1,12 ton	4

Berdasarkan data dalam Tabel 1 tersebut dapat diketahui bahwa secara spasial, luasan area parkir kendaraan bermotor di 4 ritel tersebut memiliki kecukupan ruang untuk ditanami pohon. Adapun jumlah pohon yang perlu ditanam sesuai dengan rekomendasi hasil kalkulasi jejak karbonnya dan tentunya dalam posisi yang tidak mengganggu aktifitas parkir.

Hasil kalkulasi jejak karbon untuk 4 ritel tersebut merupakan kalkulasi minimal dari parameter yang terlibat yakni jumlah konsumsi LPG oleh pedagang kaki lima (PKL) dan BBM oleh kendaraan bermotor yang berada di area parkir ritel tersebut. Parameter tersebut yang secara langsung berdampak terhadap kualitas udara di lingkungan ritel yakni dengan menghasilkan emisi CO₂ dari hasil pembakaran LPG dan BBM. Oleh sebab itu jumlah konversi emisi CO₂ yang dihasilkan ritel tersebut dalam setahun adalah jumlah estimasi minimal. Berangkat dari parameter yang terbatas tersebut, 4 ritel yang dijadikan sampel sudah memiliki kewajiban menanam pohon dalam jumlah yang cukup menyita banyak ruang parkir mengingat luasan area parkir yang terbatas.

Berdasarkan data jejak karbon pada 4 sampel ritel tersebut, ritel yang sudah sesuai dengan model ideal *green retail* adalah Superindo yang sudah surplus 6 pohon jika dikonversikan dengan jejak karbon minimal yang dihasilkan. Pohon tersebut ditanam di ruang parkir kendaraan dan di tempat PKL berjualan. Adapun 2 ritel lainnya yakni Toserba WS dan Mitra Swalayan masing-masing devisit 1 pohon yang perlu ditanam di area parkir kendaraan bermotor jika dikonversikan dengan jejak karbon yang dihasilkan.

Diketahui bahwa semua pohon memiliki karakteristik menyerap emisi CO₂ di udara tetapi diantara mereka ada yang sangat rakus dan ada yang tidak. Contoh jenis pohon yang rakus dalam menyerap CO₂ di udara seperti Trembesi (*Samanea saman*), Cassia (*Cassia sp*), Krey Payung (*Fellicium decipiens*), Johar (*Cassia grandis*), Flamboyan (*Delonix regia*), Tanjung (*Mimusops elengi*), Sawo Kecil (*Manilkara kauki*), dan pohon jenis lainnya. Pemilihan jenis pohon ini juga perlu mempertimbangkan aspek estetika dan kenyamanan selain fungsi lainnya yakni sebagai peneduh/perindang dan penghalau debu serta peredam kebisingan mengingat lokasinya persis di pinggir

jalan raya yang padat lalu lintas serta disesuaikan dengan ruang/spasial area parkirnya. 2 ritel tersebut sudah memiliki pohon tetapi masih belum mencukupi jika dikonversi dengan jejak

karbon minimal yang dihasilkan sehingga masih perlu menanam masing-masing 1 pohon lagi di area parkir kendaraan bermotor.



Gambar 1. Rancangan *green retail model* untuk Alfamidi Super di Jl.Kaliurang km 9

Diantara 4 sampel ritel tersebut terdapat 1 ritel yakni Alfamidi Super yang devisit 12 pohon untuk ditanam dan belum memiliki pohon sama sekali yang ditanam di area parkir dan ruang PKL. Selanjutnya 1 ritel tersebut (Alfamidi Super) dijadikan sebagai sampel perancangan *green retail model* (Gambar 1) dan diharapkan dapat menjadi panduan bagi ritel tersebut dalam menanam pohon di area parkir dan ruang PKL nya.

Sampel ritel Alfamidi Super memiliki luas area parkir dan tempat jualan bagi PKL sekitar 300 m² dan tidak ditemukan adanya pohon di depan bangunan ritel/di area parkir (Gambar 1). Di sisi lain, ritel tersebut menghasilkan emisi karbon minimal sekitar 3,46 ton/tahun yang dikonversi dari rerata konsumsi LPG dan BBM setiap bulannya sehingga berdasarkan hasil kalkulasi jejak karbonnya, ritel tersebut perlu menanam 12 pohon (Tabel 1). 12 pohon yang direkomendasikan untuk ditanam di area parkir ritel Alfamidi Super diharapkan memiliki karakteristik kuat dalam menyerap emisi CO₂ di lingkungan ritel tersebut.

Seiring dengan urbanisasi yang berkembang, kota-kota semakin menderita karena banyaknya ruang bangunan beton, mortar dan aspal, panas perkotaan,

meningkatnya frekuensi peristiwa panas ekstrem dan perubahan iklim. Tujuan pembangunan berkelanjutan 11 (SDGs), menekankan pada pengembangan infrastruktur hijau yang dapat meminimalkan jejak lingkungan kota. Perlu kajian tentang peran infrastruktur hijau dalam penyerapan karbon, mitigasi polusi atmosfer, moderasi suhu dan mitigasi perubahan iklim, dan pengelolaan air hujan. Selain itu juga perlu kajian tentang keanekaragaman hayati infrastruktur hijau dan yang terakhir sebagai habitat organisme, dan memberikan gambaran tentang nilai ekonomi pohon di daerah perkotaan (Singh et al., 2020).

Pemodelan ekosistem dapat membantu pengambilan keputusan mengenai penanaman pohon perkotaan untuk mitigasi perubahan iklim dan pengurangan polusi udara. Algoritma dan model yang menghubungkan sifat-sifat tipe fungsional tumbuhan, kelompok spesies, atau spesies tunggal dengan dampaknya terhadap jasa ekosistem tertentu telah dikembangkan. Namun, model-model ini memerlukan upaya yang cukup besar untuk inialisasi yang secara inheren terkait dengan ketidakpastian yang berasal dari tingginya keanekaragaman

spesies tanaman di daerah perkotaan (Pace et al., 2018).

Rancangan spasial ruang parkir dengan pohon yang direkomendasikan untuk ditanam di area parkir dan ruang jualan PKL (Gambar 1) adalah usulan/saran yang tidak wajib persis seperti itu melainkan bersifat fleksibel sesuai keinginan pengelola ritel yang tentu memperhatikan substansi multifungsi pohonnya dan juga faktor estetika. Tampak dalam Gambar 1 tersebut adalah contoh rekomendasi peletakan 12 pohon yang diharapkan dapat ditanam di area parkir kendaraan bermotor dan area PKL yang menggunakan LPG dalam memasak makanan yang dijual. Kepedulian pengelola ritel tersebut dalam merealisasikan rekomendasi ini menjadi bukti bahwa mereka peduli terhadap kesehatan lingkungan khususnya di sekitar ruang/area ritel.

Tantangan yang ditimbulkan oleh terbatasnya ketersediaan sumber daya berarti bahwa operasi dan metode ritel harus direvisi dan didesain ulang. Terhadap latar belakang perubahan saat ini, perusahaan berusaha untuk berinovasi dalam cara mereka memasarkan barang dagangan mereka. Dalam konteks ini, terdapat studi yang membahas “bauran pemasaran hijau” dari perspektif perusahaan ritel di Brasil. Selain itu, studi

tersebut berusaha mengidentifikasi dan menyoroti elemen-elemen yang harus dipertimbangkan ketika mendefinisikan secara strategis setiap variabel dalam bauran pemasaran ritel hijau. Sebagai bagian dari pekerjaan ini, sebuah studi kasus dilakukan pada dua perusahaan ritel Brasil. Analisis kasus mengungkapkan bahwa meskipun mendefinisikan diri mereka sebagai “hijau”, ketika bauran pemasaran ritel mereka dianalisis, perusahaan menunjukkan tingkat keberlanjutan yang berbeda. Selain itu, memperluas kerangka teoretis untuk bauran pemasaran ritel hijau merupakan masalah penting di sektor jasa, dan memiliki dampak praktis yang signifikan (Madeira, 2019).

Sebuah studi yang dilakukan di Kanada menunjukkan bahwa perlu dilakukan optimalisasi fasilitas ritel dan investigasi desain nol bersih dengan sistem energi terbarukan terintegrasi untuk mengurangi energi dan jejak karbonnya guna membantu menurunkan jejak karbon lanskap kota masa depan. Hasil pekerjaan simulasi desain dan kinerja bangunan ini menunjukkan bahwa dengan pendekatan desain bangunan terintegrasi, pemulihan panas di lokasi dan kinerja desain nol energi terbarukan untuk struktur ritel (Syed & Hachem-Vermette, 2019).

Secara mikro inilah yang dapat dilakukan sehingga terbentuk lingkungan yang sehat, udara yang bersih dan nyaman serta tercipta iklim mikro di setiap titik spasial ritel. Jika semua ruang/spasial di lingkungan ritel dirancang sesuai rekomendasi kalkulasi jejak karbonnya, secara makro bisa dipastikan di tingkat kota/wilayah dapat terwujud kota yang hijau (*green city*) dan berkelanjutan (*sustainable*). Untuk mewujudkan tujuan secara makro, diperlukan aksi nyata di tingkat mikro dan inilah tantangannya yang berat, membutuhkan kepedulian dan kesadaran terhadap kelestarian lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis jejak karbon dan pembahasannya dapat disimpulkan bahwa setiap ritel menyumbang emisi karbon di udara (CO₂) dengan kadar yang berbeda-beda sehingga jumlah pohon yang perlu ditanam sebagai penyerap cemaran udara tersebut juga berbeda jumlahnya. Secara vegetatif, pohon yang direkomendasikan untuk ditanam di area parkir dan PKL ritel tersebut hendaknya memiliki fungsi strategis sebagai penyerap emisi CO₂. Pemilihan jenis pohon ini juga perlu mempertimbangkan aspek estetika dan kenyamanan selain fungsi lainnya yakni

sebagai peneduh/perindang dan penghalau debu serta peredam kebisingan mengingat lokasinya persis di pinggir jalan raya yang padat lalu lintas serta disesuaikan dengan ruang/spasial area parkirnya. Secara spasial, pohon yang direkomendasikan dapat ditanam di area parkir kendaraan bermotor dan area PKL yang menggunakan LPG dalam memasak makanan yang dijual.

Kepedulian pengelola ritel tersebut dalam merealisasikan rekomendasi ini menjadi bukti bahwa mereka peduli terhadap kesehatan lingkungan khususnya di sekitar ruang ritel. Secara mikro inilah yang dapat dilakukan sehingga terbentuk lingkungan yang sehat, udara yang bersih dan nyaman serta tercipta iklim mikro di setiap titik spasial ritel. Jika semua ruang/spasial di lingkungan ritel dirancang sesuai rekomendasi kalkulasi jejak karbonnya, secara makro bisa dipastikan di tingkat kota/wilayah dapat terwujud kota yang hijau (*green city*) dan berkelanjutan (*sustainable*). Untuk mewujudkan tujuan secara makro, diperlukan aksi nyata di tingkat mikro dan inilah tantangannya yang berat, membutuhkan kepedulian dan kesadaran terhadap kelestarian lingkungan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah membiayai penelitian ini hingga purna. Terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak terkait yang turut serta membantu dalam proses pengumpulan data penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S. H., Zakaria, R., & Kondorura, C. F. (2020). The capability of green open space in absorbing carbon monoxide and carbon dioxide emissions in Balai Kota Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012169>
- Gullo, P., Purohit, N., Dasgupta, M. S., Hafner, A., & Banasiak, K. (2018). Comparative study of various supermarket refrigerating systems in European climate context. *Refrigeration Science and Technology*, 2018-April. <https://doi.org/10.18462/iir.iccc.2018.0017>
- Hart, M., Austin, W., Acha, S., Le Brun, N., Markides, C. N., & Shah, N. (2020). A roadmap investment strategy to reduce carbon intensive refrigerants in the food retail industry. *Journal of Cleaner Production*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123039>
- Li, Y., Tan, W., & Sha, R. (2016). The empirical study on the optimal distribution route of minimum carbon footprint of the retail industry. *Journal of Cleaner Production*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.104>
- Lia, Y., Ga O, J., Dong, S., Zheng, J., & Ji, X. (2020). Study of CO₂ emissions from traffic and CO₂ sequestration by vegetation based on eddy covariance flux measurements in suburb of Beijing, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(1). <https://doi.org/10.15244/pjoes/103025>
- Madeira, A. B. (2019). Green marketing mix: A case study of Brazilian retail enterprises. *Environmental Quality Management*, 28(3). <https://doi.org/10.1002/tqem.21608>
- Marrucci, L., Marchi, M., & Daddi, T. (2020). Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. *Waste Management*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.002>
- Pace, R., Biber, P., Pretzsch, H., & Grote, R. (2018). Modeling ecosystem services for park trees: Sensitivity of i-tree eco simulations to light exposure and tree species classification. *Forests*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/f9020089>
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1–4). <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Russo, A., Escobedo, F. J., Timilsina, N., & Zerbe, S. (2015). Transportation carbon dioxide emission offsets by

public urban trees: A case study in Bolzano, Italy. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(2).
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.002>

Scrucca, F., Barberio, G., Fantin, V., Porta, P. L., & Barbanera, M. (2021). Carbon Footprint: Concept, Methodology and Calculation. In *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_1

Singh, A. K., Singh, H., & Singh, J. S. (2020). Green infrastructure of cities: An overview. In *Proceedings of the Indian National Science Academy* (Vol. 86).
<https://doi.org/10.16943/PTINSA/2020/154988>

Syed, A., & Hachem-Vermette, C. (2019). Climate Change Resilient Urban Prototypes—A Canadian Perspective on Net Zero Energy Design for Retail Amenities. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineers*, 116(1).
<https://doi.org/10.1080/01998595.2019.12043335>

Yañez, P., Sinha, A., & Vásquez, M. (2020). Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1).
<https://doi.org/10.3390/SU12010181>