

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udara sebagai salah satu komponen penting yang harus dijaga dan ditingkatkan kualitasnya untuk mendukung kehidupan makhluk hidup secara optimal. Kualitas udara saat ini menunjukkan penurunan yang tidak hanya terjadi di perkotaan namun juga terjadi di pedesaan. Penurunan kualitas udara ini terjadi karena berbagai aktivitas yang dilakukan oleh manusia baik di sektor industri, transportasi, maupun permukiman. Permasalahan yang berkaitan dengan penurunan kualitas udara yang menjadi perhatian dunia pada umumnya dan Indonesia pada khususnya adalah gas rumah kaca. Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas yang berada di atmosfer yang berfungsi untuk menyerap radiasi inframerah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Meningkatnya konsentrasi GRK di atmosfer akan menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Tahun 2018 berdasarkan penelitian *Global Carbon Project* terjadi peningkatan emisi GRK sebesar 2,7%. Menurut UNFCCC (2005) emisi yang termasuk ke dalam gas rumah kaca adalah gas CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (dinitrogen oksida), HFCs (hidrofluoro karbon), PFCs (perfluoro karbon), dan SF₆ (sulfur heksafluorida). Dari keenam gas rumah kaca tersebut gas CO₂ merupakan gas yang mengalami peningkatan yang sangat tinggi mencapai 400 ppm dan setiap tahun sejak dilakukan pencatatan pada tahun 1984 (Dirjen EBTKE, 2015). Sumber emisi gas CO₂ ada yang berasal secara alami seperti letusan gunung berapi dan sumber antropogenik yang berasal dari aktivitas/kegiatan manusia dari mulai kegiatan pernafasan manusia, kegiatan industri, kegiatan permukiman dan, kegiatan transportasi. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan emisi gas CO₂ yang meningkat tajam dibandingkan dengan gas rumah kaca yang lain. Selain itu 75% komposisi GRK di atmosfer adalah gas CO₂ sehingga apabila kontribusi CO₂ dari berbagai kegiatan dapat dikurangi secara signifikan maka ada potensi untuk mengurangi dampak pemanasan global terhadap perubahan iklim.

Pemerintah Indonesia berupaya untuk menurunkan konsentrasi GRK dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK. Target penurunan emisi gas rumah kaca berdasarkan RAN-GRK adalah sebesar 26% dari kondisi BAU (*Business As Usual*) dengan usaha sendiri dan penurunan 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2020 dan akan ditingkatkan menjadi 29% di tahun 2030 dengan usaha sendiri berdasarkan pertemuan UNFCCC CP 21 tahun 2015 di Paris yang juga merupakan target penurunan emisi gas rumah kaca dalam RPJMN 2020-2024. Target penurunan emisi gas rumah kaca untuk tiap daerah akan dilaksanakan berdasarkan RPJMD yang mengedepankan pembangunan lingkungan yang berkelanjutan dan rendah karbon. Dalam RPJMD Tahun 2017 - 2022 Kabupaten Pati salah satu isu prioritas dalam pembangunan daerah dengan melakukan sinergi program pengendalian lingkungan. Program tersebut sebagai upaya pemerintah Kabupaten Pati dalam menjaga lingkungan dengan melakukan pembangunan rendah karbon seperti yang dicanangkan dalam RAN-GRK dan RPJMN.

Pemerintah mencanangkan langkah awal rencana aksi untuk mitigasi perubahan iklim dengan melakukan inventarisasi GRK. Upaya monitoring penerapan suatu kebijakan penting dilakukan dengan melakukan inventarisasi emisi sebagai upaya untuk memenuhi target penurunan emisi (Lu and Liu, 2014). Beberapa manfaat melakukan inventarisasi GRK, yaitu untuk mengetahui efektivitas kebijakan yang telah dibuat (Geng et al., 2011), untuk mengetahui potensi penurunan emisi CO₂ yang dapat dilakukan (Kennedy et al., 2010). Sumber emisi terbesar diperkirakan berada pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi sehingga inventarisasi GRK dimulai dari wilayah tersebut (Satterthwaite, 2008). Inventarisasi GRK ini merupakan gambaran seberapa besar emisi GRK yang dapat ditimbulkan dari suatu aktivitas perkotaan (Yuliana, 2018).

Meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer salah satunya disebabkan karena aktivitas manusia dari sektor permukiman yang melepaskan emisi CO₂. Di beberapa negara konsumsi energi permukiman menghasilkan proporsi yang cukup besar dari jumlah total penggunaan energi (Donglan et al., 2010). Di Indonesia berdasarkan data dari Kementerian ESDM menyebutkan bahwa pemakaian energi terbesar

adalah sektor rumah tangga yaitu sebesar 382,95 juta BOE (*Barrels Oil Equivalent*) yang mencapai hampir sepertiga dari total konsumsi energi di tahun 2017 (Katadata, 2018). Hal ini tentu juga berdampak pada sumbangan emisi CO₂ yang besar. Sumber emisi CO₂ dari kegiatan permukiman dapat diidentifikasi berdasarkan penggunaan bahan bakar untuk memasak, penggunaan energi listrik, transportasi dan limbah rumah tangga. Tiap rumah tangga mempunyai beragam aktivitas yang menghasilkan jejak karbon yang berbeda-beda. Beragam aktivitas rumah tangga ini tentunya bergantung pada jenis aktivitas yang dilakukan oleh anggota rumah tangga tersebut.

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas perkotaan dapat dilakukan dengan mengalikan faktor emisi dengan data aktivitas. Faktor emisi merupakan besarnya emisi per satuan unit aktivitas yang dilakukan sedangkan data aktivitas adalah aktivitas yang menghasilkan emisi GRK. Metode inventarisasi GRK sudah banyak dikembangkan dan diteliti. Di negara berkembang telah dilakukan penelitian terkait metode inventarisasi GRK dengan ketersediaan data yang terbatas (Lu and Liu, 2014). Di negara berkembang metode inventarisasi GRK yang digunakan disesuaikan dengan pedoman yang disusun IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Dengan adanya pedoman dari IPCC mendorong setiap negara menyusun faktor emisi spesifik (lokal) agar hasil dugaan emisi GRK tidak *over estimate* atau *under estimate* (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2012).

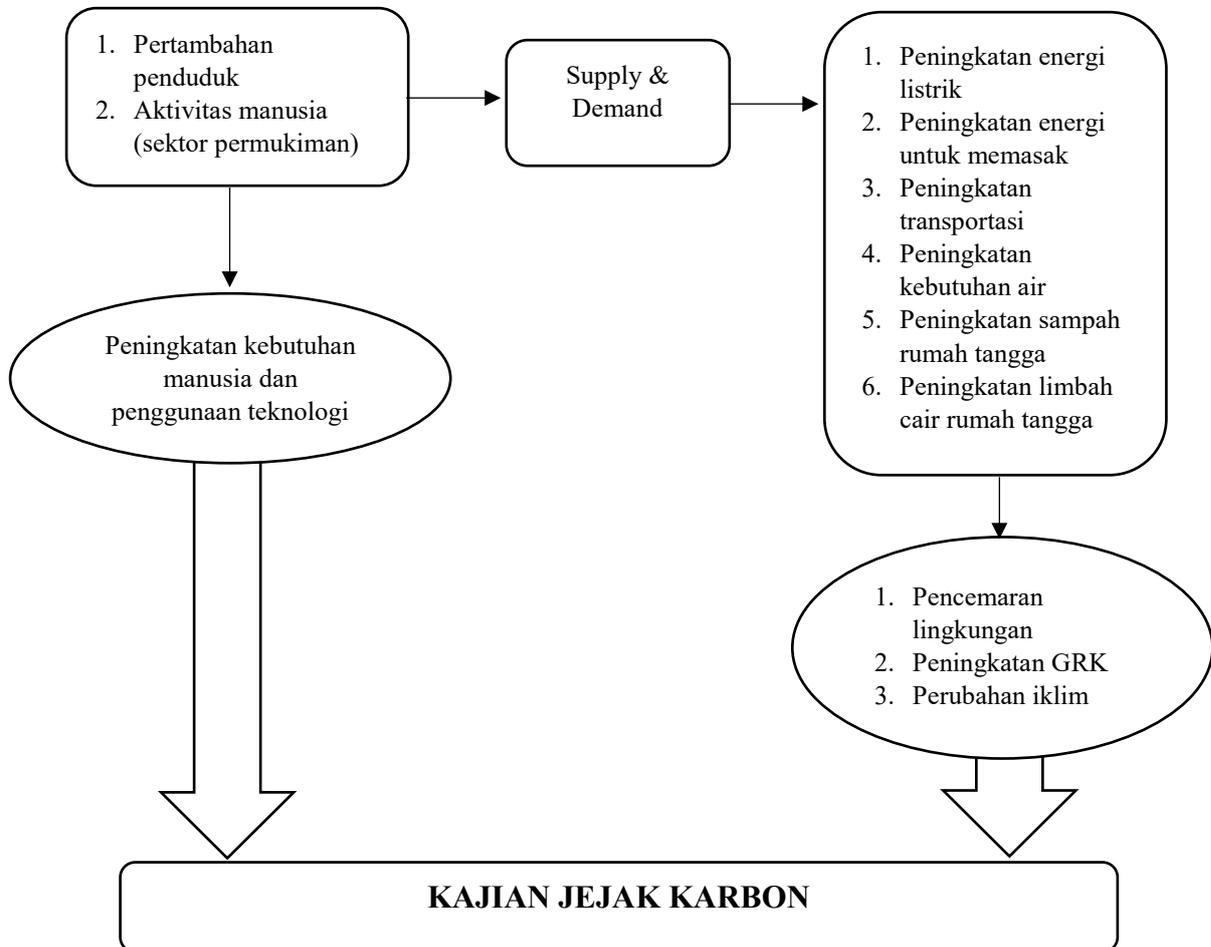
Kendala atau hambatan yang sering ditemui dalam menginventarisasi emisi GRK adalah terbatasnya ketersediaan data faktor emisi spesifik dan hanya beberapa kategori saja. Kendala ini juga terjadi di Cina (Liu et al., 2011) sehingga diperlukan upaya dengan menentukan faktor emisi spesifik. Inventarisasi faktor emisi spesifik yang berasal dari aktivitas permukiman ini akan memberikan gambaran terkait emisi GRK yang dihasilkan dari aktivitas permukiman. Emisi GRK yang dihasilkan oleh aktivitas permukiman di perkotaan dan pedesaan diidentifikasi dari penggunaan energi listrik dan energi panas untuk memasak, penggunaan transportasi, timbunan sampah, serta konsumsi air bersih. Emisi GRK di sini tentunya yang berkaitan dengan emisi CO₂.

Inventarisasi emisi CO₂ dari aktivitas permukiman perlu dilakukan untuk memperkirakan jejak karbon dari aktivitas permukiman. Definisi dari jejak karbon itu sendiri adalah ukuran jumlah total hasil emisi karbondioksida baik secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder) dari satu aktivitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari (Wiedmann and Minx, 2008).

Faktor yang mempengaruhi jejak karbon pada permukiman diantaranya banyaknya populasi, jumlah pendapatan rumah tangga, tingkat pendidikan, ukuran rumah, letak geografis rumah tangga (perkotaan atau pedesaan), dan pola hidup rumah tangga.

Kabupaten Pati sebagai salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2018 memiliki jumlah penduduk sebesar 1.253.299 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,54 % per tahun (BPS, 2019). Dari total jumlah penduduk Kabupaten Pati tersebut Kecamatan Pati merupakan wilayah kecamatan yang mempunyai penduduk terbanyak yaitu sebesar 107.590 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,53%. Di Kecamatan Pati, Desa Kutoharjo, merupakan desa dengan jumlah penduduk yang paling besar diantara desa-desa lain di Kecamatan Pati yaitu sebanyak 11.030 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,60% pada tahun 2018 (Pemerintah Desa Kutoharjo, 2019). Dengan jumlah dan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi dan beragam aktivitas penduduk Desa Kutoharjo tentunya akan berpengaruh pada emisi CO₂ yang dihasilkan. Namun belum diketahui nilai faktor emisi spesifik dan jumlah emisi CO₂ yang berasal dari aktivitas permukiman di Desa Kutoharjo. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian terkait perhitungan emisi CO₂ dari aktivitas permukiman di Desa Kutoharjo dengan menentukan faktor emisi spesifik di mana dalam penelitian ini akan dilakukan di daerah perumahan teratur dan tidak teratur di Desa Kutoharjo, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati.

Hasil perhitungan faktor emisi spesifik dalam penelitian ini akan digunakan untuk menghitung jejak karbon di Kabupaten Pati untuk dipetakan dengan menggunakan software ArcGis yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memberikan gambaran visual persebaran jejak karbon dari aktivitas permukiman.



Gambar 1. Latar belakang perlunya kajian jejak karbon

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dikaji dapat dinyatakan dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah nilai faktor emisi spesifik dan hasil perhitungan jejak karbon dari aktivitas permukiman di wilayah studi Desa Kutoharjo?
2. Bagaimanakah perhitungan jejak karbon di Kabupaten Pati berdasarkan faktor emisi spesifik dari aktivitas permukiman Desa Kutoharjo?
3. Bagaimanakah upaya penurunan emisi karbon dari aktivitas permukiman di Kabupaten Pati?

4. Bagaimanakah hasil pemetaan emisi karbon dari aktivitas permukiman di Kabupaten Pati?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian yang tersaji pada latar belakang dan rumusan masalah diatas maka dapat disusun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis Faktor Emisi Spesifik (FES) dan perhitungan jejak karbon dari aktivitas permukiman di wilayah Desa Kutoharjo.
2. Menganalisis jejak karbon dari aktivitas permukiman di Kabupaten Pati,
3. Menganalisis penurunan emisi karbon dari aktivitas permukiman di Kabupaten Pati.
4. Menganalisis pemetaan jejak karbon dari aktivitas permukiman di wilayah studi Kabupaten Pati.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui Faktor Emisi Spesifik (FES) dan perkiraan jejak karbon dari aktivitas permukiman di wilayah Desa Kutoharjo dan Kabupaten Pati.
2. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan bagi pemerintah kabupaten, pemerintah provinsi dan pemerintah pusat dalam upaya mitigasi perubahan iklim.
3. Memberikan informasi tentang tingkat persebaran jejak karbon dari aktivitas permukiman di wilayah Kabupaten Pati.

1.5. Originalitas Penelitian

Penelitian tentang perkiraan jejak karbon dari aktivitas permukiman dan pemetaan persebarannya di Kabupaten Pati khususnya di Desa Kutoharjo belum pernah dilakukan. Penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan jejak karbon dari aktivitas permukiman yang telah dilakukan dengan wilayah studi yang berbeda maka diperlukan untuk pemetaan berbagai macam teori dari penelitian sebelumnya untuk menemukan *research gap*. Kajian jejak karbon dari aktivitas permukiman di

Indonesia telah banyak dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh Puspasari (2011) di Surabaya Timur dan Surabaya Utara dengan menggunakan metode penghitungan berdasarkan *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* berdasarkan data penggunaan bahan bakar dan energi listrik di rumah tangga. Hal yang sama dilakukan oleh Wicaksono (2011) di Surabaya Bagian Barat. Metode yang sama juga dilakukan oleh Wulandari *et al.* (2013) di Kabupaten Semarang untuk menghitung jejak karbon di tiga perumahan yaitu perumahan Sebantengan, Gedang Asri, dan Susukan RW 07 Kabupaten Semarang. Made Wiratama *et al.* (2016) telah melakukan penelitian jejak karbon kawasan permukiman di Kota Denpasar Bali dengan menggunakan metode survei penggunaan LPG dan konsumsi listrik rumah tangga untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap jejak karbon dengan analisis regresi. Penelitian jejak karbon dari aktivitas rumah tangga dengan variabel LPG dan minyak tanah serta penggunaan listrik telah dilakukan Sasmita *et al.* (2018) di Kelurahan Limbungan Baru Kota Pekanbaru. Sedangkan penelitian faktor emisi spesifik dan jejak karbon yang terkait dengan sektor industri dan transportasi telah dilakukan oleh Agustina (2015) di Kabupaten Malang dan Dinora (2015) di Kota Malang. Kedua penelitian tersebut mengambil data sekunder berupa jenis industri, konsumsi energi (BBM) industri, konsumsi energi (BBM) sektor transportasi, dan jumlah kendaraan untuk kemudian dihitung faktor emisi spesifik yang akan digunakan untuk memperkirakan jejak karbon dari sektor transportasi dan industri.

Penelitian lain yang dilakukan di kota-kota di luar negeri diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Donglan *et al.* (2010) yang meneliti tentang faktor-faktor yang mempengaruhi emisi CO₂ permukiman di perkotaan dengan analisis dekomposisi, Kennedy *et al.* (2010) melakukan penelitian terkait metodologi dan data yang digunakan untuk menentukan emisi gas rumah kaca (GHG) yang dikaitkan dengan sepuluh kota atau wilayah-kota: Los Angeles County, Denver City and County, Greater Toronto, New York City, Greater London, Geneva Canton, Greater Prague, Barcelona, Cape Town, dan Bangkok. Persamaan untuk menentukan emisi dikembangkan berdasarkan data : konsumsi listrik; bahan bakar pemanas dan industri; bahan bakar transportasi darat; bahan bakar transportasi

udara dan laut; proses industri; dan limbah. Konsumsi bahan bakar diperkirakan menggunakan tiga pendekatan: dari penjualan bahan bakar lokal; dengan scaling dari penjualan bahan bakar regional; dan dari jumlah kilometer perjalanan kendaraan. Versi sederhana dari panel antar pemerintah tentang perubahan iklim (IPCC) metode untuk memperkirakan emisi GRK dari limbah TPA diterapkan. Tiga ukuran emisi keseluruhan disarankan: (i) emisi aktual dalam batas kota; (ii) emisi proses tunggal (dari perspektif siklus hidup) yang terkait dengan metabolisme kota; dan (iii) emisi siklus hidup yang terkait dengan metabolisme kota.

Liu *et al.* (2011) melakukan inventarisasi emisi CO₂ berdasarkan penggunaan energi di kota Shanghai, Geng *et al.* (2011) yang melakukan penelitian tentang penggunaan energi dan emisi CO₂ di empat kota di China, Feng *et al.* (2011) melakukan penelitian terkait dampak gaya hidup terhadap penggunaan energi dan emisi CO₂ di pedesaan dan perkotaan, Lu dan Liu (2014) yang meneliti efek spasial dari emisi CO₂ dari konsumsi energi perumahan, Fry *et al.* (2018) meneliti tentang jejak karbon di perkotaan dengan data yang terbatas, Liu *et al.* (2018) meneliti tentang konsumsi energi dan jejak karbon penduduk perkotaan dan pedesaan di Beijing dengan pendekatan gaya hidup konsumen, dan Long *et al.* (2019) meneliti tentang jejak karbon rumah tangga di perkotaan berdasarkan sudut pandang pembeli dengan model input-output yang dimodifikasi.

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yang terkait ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Keaslian Thesis Dibandingkan dengan Penelitian Sebelumnya

No.	Nama Peneliti	Judul	Metode	Research gap	Hasil Penelitian
1.	Rinpropadebi, Hermana dan Boedisantoso (2015)	Jurnal : Penentuan Faktor Emisi Spesifik Untuk Estimasi Tapak Karbon Beserta Pemetaannya Dari Sektor Permukiman di Kota Malang	<ul style="list-style-type: none"> - Metode IPCC, 1996 - Variabel : tipe rumah - Data : Konsumsi LPG - $FES = E \text{ tot} / N$ - Analisis teknis, lingkungan (skenario I semua rumah mengganti LPG ke gas alam; skenario II hanya rumah mewah dan menengah yang beralih dari LPG ke gas alam) dan ekonomi 	Hanya menghitung jejak karbon dari konsumsi LPG tanpa memperhitungkan aktivitas permukiman yang lain	<ul style="list-style-type: none"> - Aspek teknis : Kecamatan Blimbing memiliki jejak karbon tertinggi sebesar 29.647,80 CO₂/tahun - Aspek lingkungan : skenario I maksimal di Kecamatan Blimbing (585,90 CO₂/tahun). Skenario II maksimal di Kecamatan Lowokwaru 200.527,93 CO₂/tahun - Aspek ekonomi : estimasi biaya konsumsi Rp. 3000/bulan/rumah
2.	Sofriadi, Suhendrayatna dan Fatimah (2017)	Jurnal : Estimasi Emisi Karbon Dari Sampah Permukiman Dengan Metode IPCC Di Kecamatan Ulee Kareng, Banda Aceh	<ul style="list-style-type: none"> - Metode IPCC, 2006 - Metode stratified random sampling - Variabel : tipe rumah - Data: sampah rumah tangga 	Tidak menganalisis pengaruh tipe rumah terhadap emisi karbon dari sampah permukiman.	<ul style="list-style-type: none"> - rata-rata pembangkitan sampah rumah tangga untuk kecamatan Ulee Kareng adalah 0,27 kg /orang.day atau 1,63 L / orang/hari - Emisi karbon pada saat ini 143,43 MTS / tahun, dan emisi karbon sebesar 3R di dapat MTCE 38.12/tahun
3.	Allinson <i>et al.</i> .(2016)	Jurnal : <i>Measurement and analysis of household carbon: The case of a UK city</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Metode CLA (<i>Customer Lifestyle Approach</i>) - Variabel : kepemilikan rumah, jumlah orang dewasa, jumlah anak, usia rumah tangga, tipe rumah, pendapatan, luas tanah, ruang terbuka hijau, pajak 	Analisis dilakukan berdasarkan CLA yang sangat rumit dalam aplikasi modelnya tanpa mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan. Data hanya dari konsumsi energi	<ul style="list-style-type: none"> - Jejak karbon rumah tangga menyumbang bertanggung jawab atas lebih dari 50% emisi dan sekitar 50% Organik Carbon yang disimpan di tanaman. - Kontribusi relatif dari gas, listrik, dan transportasi pribadi terhadap emisi total ditunjukkan bervariasi dari rumah tangga ke rumah tangga

Tabel 1. Matriks Keaslian Thesis Dibandingkan dengan Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti	Judul	Metode	Research gap	Hasil Penelitian
4.	Zhang <i>et al.</i> (2017)	Jurnal : <i>The indirect energy consumption and CO2 emission caused by household consumption in China: an analysis based on the input-output method</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Metode Input-Output - Variabel : 28 sektor - $D_k = \sum_{i=1}^{16} e_{ki} \times f_i \times m_i \times \frac{44}{12} \times o_i$ <p>D_k: direct emisi carbon dari sektor k I = sektor f_i = nilai kalor m_i = emisi karbon per unit kalori o_i = laju oksidasi</p>	Belum mempertimbangkan pengaruh struktur populasi (seperti berbagai kelompok pendapatan) tentang emisi CO ₂ tidak langsung yang disebabkan oleh konsumsi rumah tangga	<ul style="list-style-type: none"> - konsumsi energi tidak langsung dan emisi CO₂ adalah bagian utama dari total konsumsi energi dan emisi CO₂ yang disebabkan oleh konsumsi rumah tangga, masing-masing sebesar 69% -77% dan 77% -84%. - emisi CO₂ tidak langsung menunjukkan tren peningkatan terutama didorong oleh konsumsi rumah tangga per kapita dan intensitas energi.
5.	Long <i>et al.</i> (2018)	Jurnal : <i>Evaluation of energy-related household carbon footprints in metropolitan areas of Japan</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Metode Input-Output Analysis - Variabel : populasi, luas, kota - $DHCF^k = \sum_{i=1}^n EG_i \times I_i$ $Eg_i = Eci \times Epi$ <p>DHCF^k : emisi karbon langsung kota k, I : tipe energi, I_i : 10actor emisi EG : konsumsi energi EC : biaya energi Ep : harga energi/unit</p>	Hanya menganalisis emisi CO ₂ dari sektor energi listrik, air, dan gas belum memasukkan sampah perkotaan .	<ul style="list-style-type: none"> - Tokyo adalah sumber emisi langsung yang tinggi, sementara tsunomiya adalah sumber emisi tidak langsung yang signifikan - Depopulasi kota dapat menghasilkan emisi per kapital yang lebih tinggi, baik langsung maupun tidak langsung, karena berkaitan dengan permintaan energi
6.	Agus Purwanto (2019)	Thesis : Jejak Karbon Berdasarkan Penentuan Faktor Emisi Spesifik Aktivitas Permukiman	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan apa yang dilakukan Rinpropadebi, Hermana dan Boedisantoso (2015) dan Sofriadi, Suhendrayatna dan Fatimah (2017) dengan mempertimbangkan kriteria permukiman yang berwawasan lingkungan - Metode Kriging untuk pemetaan jejak karbon 	Penelitian di batasi menghitung emisi karbon dari listrik, LPG, sampah,air, dan BBM di Desa Kutoharjo berdasarkan konsumsi rumah tangga/bulan	<ul style="list-style-type: none"> - Faktor emisi spesifik aktivitas permukiman , jejak karbon permukiman 51,66 kgCO₂e/ orang/bulan - Perkiraan jejak karbon berdasarkan FES di Kabupaten Pati adalah 776411,22 tonCO₂e/tahun - Pemetaan jejak karbon di Kabupaten Pati

Berdasarkan Tabel 1 terlihat perbedaan antara penelitian yang akan dilakukan saat ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut antara lain dalam penggunaan metode penelitian, variabel penelitian, dan lokasi penelitian untuk memperkirakan jejak karbon dari aktivitas permukiman. Penelitian ini direncanakan menggunakan metode IPCC 2006 dengan menggunakan variabel penggunaan listrik, energi untuk memasak (LPG), sampah yang dihasilkan tiap rumah tangga, penggunaan air bersih, penggunaan BBM kendaraan pribadi, dan limbah cair rumah tangga sedangkan untuk pemetaan persebarannya akan menggunakan software *ArcMap 10.4.1* dengan mengkalsifikasikan nilai emisi karbon berdasarkan perhitungan tiap Kecamatan dan tiap sektor (energi listrik, LPG, sampah, air bersih, BBM, dan limbah cair) di Kabupaten Pati.. Analisis pada penelitian ini dilengkapi dengan skenario penurunan emisi karbon

