



Urbanisasi, Konsumsi Energi, dan Emisi CO₂: Adakah Perbedaan Korelasinya di Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan Timur Indonesia (KTI)?

Anastasia Widya Kristiani¹

Universitas Indonesia, Indonesia

Widyono Soetjipto

Universitas Indonesia, Indonesia

Artikel Masuk : 9 April 2019

Artikel Diterima : 9 Desember 2019

Tersedia Online : 31 Desember 2019

Abstrak: Urbanisasi yang pesat di Indonesia menjadi salah satu indikator tahapan pembangunan yang juga terus meningkat. Tak dapat dipungkiri, peningkatan tahapan pembangunan seringkali berdampak pada degradasi lingkungan seperti konsumsi energi fosil yang berlebihan dan emisi CO₂. Namun, tidak semua wilayah di Indonesia berada pada tahapan pembangunan yang sama. Terdapat ketimpangan ekonomi yang tinggi dan perbedaan kondisi sosial kependudukan antara Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan Timur Indonesia (KTI). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pembuktian empiris dan menganalisis dampak urbanisasi terhadap konsumsi energi dan emisi CO₂ dalam satu wilayah negara yang memiliki perbedaan tahapan pembangunan. Untuk menangkap heterogenitas regional yang ada di Indonesia, maka diaplikasikan metode estimasi data panel pada level provinsi selama periode 2011-2015. Hasil penelitian menunjukkan bahwa urbanisasi di KBI dan KTI memiliki dampak yang berbeda terhadap konsumsi energi fosil perkapita. Urbanisasi di KBI memiliki hubungan positif terhadap konsumsi energi per kapita, sebaliknya urbanisasi di KTI justru berkorelasi negatif. Urbanisasi di KBI berkorelasi negatif terhadap emisi CO₂. Namun, tidak terdapat perbedaan dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ di kedua wilayah karena hasil estimasi di KTI menunjukkan nilai yang tidak signifikan secara statistik. Temuan ini tidak hanya memperkaya literatur yang ada namun juga menambah wawasan bagi para pengambil kebijakan di bidang perencanaan wilayah dan kota.

Kata Kunci: emisi CO₂; konsumsi energi; tahapan pembangunan; urbanisasi

***Abstract:** Indonesia's rapid urbanization has become one of the indicators of development that also continues to increase. It is undeniable, improving stage of development is often have an impact on environmental degradation such as excessive fossil energy consumption and CO₂ emissions. However, not all regions in Indonesia are at the same stage of development. There are high economic and socio-demographic inequalities and differences between*

¹ Korespondensi Penulis: Universitas Indonesia, Indonesia
Email: anaswidya@gmail.com

western Indonesia (KBI) and eastern Indonesia (KTI). This study aims to provide empirical evidence and analyze impact of urbanization on energy consumption and CO₂ emissions in the country that has different stage of developments across the region. Taking regional heterogeneity in Indonesia, panel data estimation method was applied at the provincial level during the 2011-2015 period. The results of the study show that urbanization in KBI and KTI has different effects on per capita fossil energy consumption. Urbanization in KBI has a positive relationship to per capita energy consumption, whereas urbanization in the KTI has a negative correlation. Urbanization in KBI has a negative correlation with CO₂ emissions. However, there was no difference effect of urbanization on CO₂ emissions in both of region because the estimation results in KTI showed values that were not statistically significant. These findings not only help advance the existing literature, but also add insight to policy makers in the urban and regional planning.

Keywords: *CO₂ emissions; energy consumption; stage of development; urbanization*

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang mengalami kemajuan tahapan pembangunan cukup pesat. Hal ini ditandai oleh peningkatan level urbanisasi, sebab urbanisasi merupakan indikator kunci dari modernisasi atau peningkatan tahapan pembangunan (York et al., 2003). Pada tahun 2000, jumlah penduduk perkotaan di Indonesia adalah sebesar 42,4 persen dan meningkat menjadi 49,8 persen pada tahun 2010. Badan Pusat Statistik (2013) memproyeksikan bahwa secara nasional tingkat urbanisasi pada tahun 2035 akan mencapai 66,6 persen.

Peningkatan urbanisasi dapat menyebabkan degradasi lingkungan seperti konsumsi energi fosil yang berlebihan dan emisi CO₂ (Parikh & Shukla, 1995; York et al., 2003). Menariknya, data *World Bank* tahun 2008 – 2014 menunjukkan bahwa penggunaan energi fosil per kapita di Indonesia selama beberapa tahun terakhir terus meningkat, namun emisi CO₂ per kapita mengalami fluktuasi bahkan cenderung menurun.

Perkembangan ekonomi dan sosial di Indonesia tidak sama antara wilayah yang satu dengan yang lain. Terdapat karakteristik yang berbeda serta ketimpangan ekonomi yang tinggi antara Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan timur Indonesia (KTI). Dari sisi ekonomi, pada kurun waktu 2011–2015 rasio PDRB per kapita rata-rata provinsi yang ada di KBI masih lebih tinggi 126 persen jika dibandingkan dengan PDRB per kapita provinsi-provinsi yang ada di KTI. Data Badan Pusat Statistik (2016) menunjukkan bahwa Pulau Jawa jauh lebih berkembang aktivitas perekonomiannya dan menyumbang 58,49 persen dari total PDB nasional. Sedangkan dari sisi lingkungan, data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015) menunjukkan luas kawasan yang ditetapkan berfungsi lindung di KTI jauh lebih besar dibandingkan KBI dengan KTI memiliki lebih dari 43 juta Ha kawasan lindung, sedangkan di KBI sekitar 12 juta Ha.

Pola urbanisasi dan dominasi sektor perekonomiannya pun berbeda antara wilayah yang satu dengan yang lain. Secara rata-rata, level urbanisasi provinsi-provinsi di KBI selama tahun 2011–2015 adalah sebesar 51,63 persen dengan tingkat urbanisasi tertinggi di Provinsi DKI Jakarta. Sementara di KTI, rata-rata level urbanisasi sebesar 36,49 persen dengan tingkat urbanisasi terendah berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Dari sisi kependudukan, secara rata-rata laju pertumbuhan penduduk di KBI selama tahun 2011–2015 lebih rendah dibandingkan KTI dengan KBI sebesar 2,01 persen sedangkan di KTI sebesar 2,35 persen. Selain laju pertumbuhan penduduk yang berbeda, kepadatan wilayah yang tercermin dari jumlah rumah tangga dan rata-rata anggotanya juga berbeda. Data Badan Pusat Statistik (2015) menyatakan jumlah rumah tangga di KBI sebesar 53.426 dengan rata-rata rumah tangga perkotaan adalah sebesar 2.525 rumah tangga per provinsi. Sebaliknya di KTI, pada tahun yang sama jumlah rumah tangga di KTI

adalah sebesar 12.162 rumah tangga, dengan rata-rata 608 rumah tangga perkotaan per provinsi. Data Badan Pusat Statistik (2015) menunjukkan bahwa rata-rata jumlah anggota rumah tangga di KTI lebih besar yaitu 4,27 orang dibandingkan KBI sebanyak 3,92 orang.

Perbedaan kondisi sosial, ekonomi dan karakteristik geografis di KBI & KTI berimbas pada perbedaan pola konsumsi energi fosil dan emisi CO₂ yang dihasilkan. Dari sisi konsumsi energi, data SUSENAS (2015) menunjukkan total konsumsi energi di KBI empat kali lebih besar dari total konsumsi energi di KTI dan pada tahun tersebut konsumsi energi di KBI adalah sebesar 585.512 Terra Joule (TJ) sedangkan di KTI 125.920 TJ. Dari sisi emisi, total emisi CO₂ pada tahun 2015 di KBI sebesar 4,34x10⁷ ton CO₂ sedangkan di KTI sebesar 1,02 x10⁷ ton CO₂. Pada kurun waktu 2011-2015, rata-rata konsumsi energi per kapita di KBI adalah sebesar 0,003 TJ per kapita dengan menghasilkan emisi 0,234 ton CO₂ per kapita sedangkan konsumsi energi di KTI sebesar 0.001 TJ per kapita dan menghasilkan emisi sebesar 0,109 ton CO₂ per kapita. Selama tahun 2011-2015 pertumbuhan total konsumsi energi di KBI lebih rendah dibandingkan KTI, yakni 8,10 persen per tahun di KBI sedangkan di KTI sebesar 8,89 persen per tahun.

Teori transisi lingkungan perkotaan yang dikemukakan oleh McGranahan & Satterthwaite (2002) menyatakan bahwa permasalahan lingkungan perkotaan akan berevolusi mengikuti perkembangan tahapan pembangunan ekonominya. Gouldson & Murphy (1997) menyatakan masalah lingkungan dapat meningkat dari tahap perkembangan rendah hingga menengah, dan modernisasi lebih lanjut dapat meminimalkan masalah tersebut. Beberapa hasil penelitian empiris menunjukkan hasil yang berbeda-beda mengenai bagaimana urbanisasi berdampak pada konsumsi energi dan emisi CO₂ pada berbagai tahapan pembangunan. Poumanyvong & Kaneko (2010) dan Li & Lin (2015) menemukan pada negara-negara *low-income*, urbanisasi berdampak negatif terhadap konsumsi energi namun berdampak positif pada *middle* dan *high income countries*. Sementara itu, pada kota-kota maju di negara *high-income* peningkatan kepadatan kota justru dapat mereduksi konsumsi energi (Larivière & Lafrance, 1999). Poumanyvong & Kaneko (2010) dan Li & Lin (2015) menyimpulkan terdapat hubungan positif antara urbanisasi terhadap emisi CO₂ di *low-income countries* sedangkan Xu & Lin (2015) menemukan hubungan yang positif pada semua tahapan pembangunan. Berbeda dengan itu, Martínez-zarzoso & Maruotti (2011) menemukan hubungan urbanisasi dan emisi CO₂ seperti kurva U-terbalik pada *low* dan *middle-income countries*. Dengan demikian, hasil pembuktian empiris masih *inconclusive* karena urbanisasi dapat berdampak positif atau negatif terhadap konsumsi energi dan emisi CO₂ dengan *net effect* tergantung pada dominasi faktor pendorongnya (Liu et al., 2017; Sheng & Guo, 2018).

Selain hasil studi yang masih belum ada kesepakatan, Zhang & Lin (2012) dan Li & Lin (2015) menyatakan bahwa konsumsi energi dan emisi CO₂ akan dipengaruhi oleh karakteristik wilayah baik pada level regional secara keseluruhan maupun per kapita. Penelitian di tingkat nasional yang pernah dilakukan di Indonesia membuktikan bahwa urbanisasi merupakan faktor pendorong peningkatan konsumsi energi khususnya batubara (Kurniawan & Managi, 2018). Analisis Prasetyawan et al. (2017) menemukan hubungan antara urbanisasi terhadap konsumsi energi adalah positif, namun tidak signifikan terhadap emisi CO₂ dari penggunaan kendaraan bermotor. Meskipun isu ini telah dibahas dalam beberapa literatur, namun jika dilihat hanya dari perspektif nasional mungkin akan menghasilkan estimasi yang bias karena heterogenitas regional yang tidak teramati. Perbandingan konsentrasi perekonomian dan kondisi sosial di KBI dengan KTI yang telah dijabarkan sebelumnya menunjukkan perbedaan tahapan pembangunan di kedua kawasan tersebut. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan dampak urbanisasi terhadap konsumsi energi dan emisi CO₂ di KBI dan KTI.

Penelitian Kurniawan & Managi (2018) dan Prasetyawan et al.,(2017) juga menarik untuk diteliti lebih lanjut sebab studi Kurniawan & Managi (2018) melihat pengaruh

urbanisasi terhadap konsumsi energi batubara. Sedangkan data emisi yang digunakan oleh Prasetyawan et al. (2017) adalah dari sektor transportasi saja. Hal ini kurang tepat sebab urbanisasi meningkatkan emisi CO₂ akibat transportasi, aktivitas rumah tangga dan sektor industri Gu et al. (2011). Berbeda dengan studi sebelumnya, studi ini berusaha melihat konsumsi energi secara lebih menyeluruh dengan menganalisis dampak urbanisasi terhadap konsumsi energi fosil baik cair, padat, maupun gas yakni bensin, solar, minyak tanah, liquefied petroleum gas (LPG), dan batubara.

Berdasarkan latar belakang, kondisi wilayah, dan *research gap* yang ada, maka penelitian ini bertujuan untuk memberikan pembuktian empiris dan menganalisis dampak urbanisasi terhadap tingkat konsumsi energi dan emisi CO₂ dalam satu wilayah negara yang memiliki perbedaan tahapan pembangunan.

Metode Penelitian

Model Empiris

Untuk menganalisis dampak aktivitas manusia terhadap kualitas lingkungan dapat digunakan beberapa pendekatan. *Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology* (STIRPAT) merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang efektif untuk menganalisis isu tersebut sehingga banyak digunakan dalam penelitian tentang jejak ekologis, jejak energi, dan emisi CO₂ (Li & Lin, 2015; Lin, Zhao, & Marinova, 2009; Liu et al., 2017; Martínez-zarzoso & Maruotti, 2011; Poumanyvong & Kaneko, 2010).

Model STIRPAT yang diformulasikan oleh Dietz & Rosa (1997) tersebut mampu menganalisis dampak *non-monotonic* atau *non-proportional* dari faktor-faktor antropogenik terhadap lingkungan secara statistik. Konsep ini dapat menunjukkan elastisitas ekologi atau sensitivitas dampak lingkungan terhadap perubahan faktor-faktor pendorong melalui interpretasi koefisien.

Model dasar STIRPAT dapat dirumuskan seperti persamaan (1), sebagai berikut:

$$I = aP^bA^cT^d \dots\dots\dots(1)$$

dengan deskripsi a= koefisien; b, c, d= eksponensial dari skala populasi, tingkat konsumsi, dan teknologi

Untuk mengatasi heteroskedastisitas model STIRPAT, peneliti sering menerapkan logaritma pada kedua sisi model sehingga menjadi persamaan (2):

$$\ln(I) = a + b\ln(P) + c\ln(A) + d\ln(T) + \varepsilon \dots\dots\dots(2)$$

Pada penelitian ini, tiga puluh satu provinsi yang ada di Indonesia dibagi menjadi dua kelompok tahapan pembangunan. Dasar pembedaan tahapan pembangunan yang digunakan adalah Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMD) 2015-2019 (Bappenas, 2014) yang menyatakan bahwa terdapat ketimpangan yang tinggi antara KBI dan KTI. KTI merupakan wilayah dengan tahapan pembangunan yang masih rendah sedangkan KBI berada pada tahapan pembangunan yang lebih tinggi. KTI meliputi provinsi-provinsi di pulau Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua sebagaimana disebutkan dalam Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 13 Tahun 2000 tentang Dewan Pengembangan Kawasan Timur Indonesia. Sedangkan provinsi lainnya di luar Keppres tersebut merupakan wilayah KBI.

Spesifikasi model yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada (Liu et al., 2017) dan Li & Lin (2015) dengan dilakukan penyesuaian, seperti dijelaskan pada persamaan (3) dan persamaan (4), sebagai berikut:

$$\ln(ENERGI_{perkapit_t}) = a_0 + a_1 \ln(KPDTN_{it}) + a_2 \ln(URB_{it}) + a_3 \ln(PDRB_{perkapit_t}) + a_4 \ln(IND_{it}) + a_5 D_{TIM} + a_6 D_{TIM} * \ln(KPDTN_{it}) + a_7 D_{TIM} * \ln(URB_{it}) + a_8 D_{TIM} * \ln(PDRB_{perkapit_t}) + a_9 D_{TIM} * \ln(IND_{it}) + e_{1it} \quad \dots\dots(3)$$

$$\ln(CO_{2it}) = b_0 + b_1 \ln(KPDTN_{it}) + b_2 \ln(URB_{it}) + b_3 \ln(PDRB_{perkapit_t}) + b_4 \ln(IND_{it}) + b_5 \ln(IE_{it}) + b_6 D_{TIM} + b_7 D_{TIM} * \ln(KPDTN_{it}) + b_8 D_{TIM} * \ln(URB_{it}) + b_9 D_{TIM} * \ln(PDRB_{perkapit_t}) + b_{10} D_{TIM} * \ln(IND_{it}) + b_{11} D_{TIM} * \ln(IE_{it}) + e_{2it} \quad \dots\dots(4)$$

dengan keterangan, yaitu: ENERGI_{perkapit_t} = konsumsi energi per kapita di provinsi i pada tahun t; CO_{2it} = emisi CO₂ per kapita provinsi i pada tahun t; KPDTN_{it} = kepadatan penduduk provinsi i pada tahun t; URB_{it} = level urbanisasi provinsi i pada tahun t; PDRB_{perkapit_t} = PDRB per kapita provinsi i pada tahun t; IND_{it} = level industrialisasi provinsi i pada tahun t; IE_{it} = intensitas energi provinsi i pada tahun t; dan D_{TIM} = *Dummy region/kawasan* dengan KTI = 1, lainnya = 0

Dengan mengaplikasikan *random-effects GLS regression* pada *software* STATA 14, seluruh data diestimasi berdasarkan persamaan (3) dan (4). Untuk menunjukkan bahwa dengan mengakomodasi perbedaan tahapan pembangunan akan menghasilkan dampak yang berbeda, maka dilakukan estimasi secara bertahap yakni secara keseluruhan tanpa mempertimbangkan perbedaan tahapan pembangunan di Indonesia dan selanjutnya diestimasi dengan mempertimbangkan tahapan pembangunan di KBI dan KTI.

Selanjutnya, karena dinyatakan dalam bentuk logaritma natural maka koefisien dari *explanatory variable* dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai elastisitas. Pada persamaan (3) dan (4) a_0 dan b_0 adalah konstanta sedangkan e_{1it} dan e_{2it} adalah *error term*. Penggunaan *dummy region/kawasan* (D_{TIM}) dimaksudkan untuk membedakan tahapan pembangunan yang lebih rendah di KTI dengan wilayah lainnya yang lebih tinggi yaitu KBI. Berdasarkan persamaan (3) adanya perbedaan dampak urbanisasi terhadap konsumsi energi per kapita di KBI dan KTI terlihat jika a_2 dan a_7 signifikan. Sedangkan berdasarkan persamaan (4) adanya perbedaan dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ per kapita di KBI dan KTI terlihat jika b_2 dan b_8 signifikan.

Data dan Sumber Data

Untuk menghitung variabel dependen yakni konsumsi energi dan emisi CO₂ per kapita, metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

Konsumsi energi per kapita

Variabel ini merupakan nilai penggunaan energi per kapita dalam satuan Terra Joule yang terdiri atas jenis energi cair, padat, dan gas berupa bensin, solar, minyak tanah, batubara, serta gas LPG. Semua jenis energi tersebut merupakan sumber energi fosil dominan di Indonesia dan berasal dari tiga sektor pengguna energi terbesar dan penyumbang emisi tertinggi yakni transportasi, industri, dan rumah tangga.

Data konsumsi energi yang tersedia baik dalam satuan ton, kilogram, liter, dan satuan fisik lainnya perlu dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi (TJ) dengan persamaan:

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (satuan fisik)} \times \text{nilai kalor} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Satuan fisik}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Adapun nilai kalor bahan bakar ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kalor Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor
1	Bensin	33 x 10 ⁻⁶ TJ/liter
2	Minyak tanah	43.8 x 10 ⁻⁶ TJ/liter
3	Batubara	18.9 x 10 ⁻⁶ TJ/kg
4	Solar	36 x 10 ⁻⁶ TJ/liter
5	LPG	47.3 x 10 ⁻⁶ TJ/kg

Sumber: IPCC, 2006

Emisi CO₂ per kapita

Emisi dari masing-masing sektor di masing-masing provinsi akan dihitung dan kemudian dijumlahkan berdasarkan metode yang ditetapkan dalam IPCC (2006) dengan formula (6) sebagai berikut:

$$CO_{2i}^t = \sum_j CO_{2ij}^t = \sum_j E_{ij}^t \times EF_j \dots\dots\dots(6)$$

Koefisien emisi yang dimiliki untuk setiap jenis bahan bakar dirinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Emisi Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (ton CO ₂ /TJ)
1	Minyak tanah/Kerosin	71.9
2	Bensin	69.3
3	Batubara	94.6
4	Solar	74.1
5	LPG	63.1

Sumber: IPCC, 2006

Data dan sumber data variabel yang digunakan dalam penelitian ini secara rinci disajikan dalam Tabel 3.

Hasil dan Pembahasan

Secara rata-rata, konsumsi energi di KBI pada kurun waktu 2011-2015 adalah sebesar 431.738,45 TJ/tahun sedangkan di KTI sebesar 84.107,94 TJ/tahun. Konsumsi energi di KBI didominasi oleh penggunaan bensin sebesar 34,15 persen dan solar sebesar 24,89 persen. Baik bensin, LPG, maupun solar mengalami rata-rata pertumbuhan yang positif berturut-turut sebesar 19 persen, 10 persen, dan 1,96 persen per tahun. Sedangkan batubara dan minyak tanah mengalami penurunan penggunaan (-1,7 persen dan -15,77 persen per tahun) seiring urbanisasi yang meningkat. Sektor yang memberikan *share* penggunaan energi terbesar adalah sektor industri yakni 64,24 persen. Tingkat pertumbuhan energi sektor industri adalah yang tertinggi yakni 9,33 persen per tahun sedangkan sektor transportasi dan rumah tangga berturut-turut 7,84 persen dan 2,97 persen per tahun.

Untuk KTI, penggunaan energi didominasi oleh jenis batubara dengan *share* 34,83 persen. Jenis energi LPG, batubara, bensin, solar tumbuh positif seiring kenaikan level urbanisasi dimana masing-masing tingkat pertumbuhannya berturut-turut sebesar 20,68

persen, 15,23 persen, 10,54 persen, dan 0,41 persen per tahun. Untuk minyak tanah mengalami pertumbuhan negatif yakni -10,22 persen per tahun. Jika dilihat berdasarkan sektor, sektor industri di KTI juga memiliki *share* penggunaan energi terbesar yakni sebesar 61,03 persen. Sama seperti di KBI, sektor industri tumbuh paling tinggi yakni 11,74 persen per tahun, diikuti transportasi 9,85 persen per tahun. Selain itu, di KTI terdapat penurunan total konsumsi energi di sektor rumah tangga karena rata-rata pertumbuhannya negatif yaitu -2,19 persen per tahun.

Tabel 3. Data dan Sumber Data

Variabel	Definisi	Satuan	Sumber
ENERGI _{perkap_{it}}	Konsumsi energi per kapita (total penggunaan energi di sektor transportasi, industri, dan rumah tangga/jumlah penduduk) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Terra Joule (TJ)	Badan Pusat Statistik (diolah)
CO _{2it}	Emisi CO ₂ per kapita (total emisi karbon dari penggunaan energi di sektor transportasi, industri, dan rumah tangga/jumlah penduduk) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Ton	Hasil perhitungan
KPDTN _{it}	Kepadatan penduduk provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Orang	Badan Pusat Statistik
URB _{it}	Level urbanisasi (penduduk perkotaan/total penduduk) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Persentase	Badan Pusat Statistik
PDRB _{perkap_{it}}	PDRB per kapita (PDRB riil/jumlah penduduk) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Rupiah	Badan Pusat Statistik
IND _{it}	Level industrialisasi (rasio PDRB sektor industri manufaktur/PDRB sektor primer) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	Angka	Badan Pusat Statistik
IE _{it}	Intensitas energi (penggunaan energi/PDRB riil) provinsi <i>i</i> pada tahun <i>t</i>	TJ/milyar rupiah	Badan Pusat Statistik
D _{TIM}	<i>Dummy</i> region/kawasan dengan KTI = 1, lainnya = 0		

Komposisi penggunaan energi sebagaimana dijabarkan di atas dapat berpengaruh terhadap tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan. Di KBI, emisi CO₂ tertinggi dihasilkan oleh bensin dan batubara yakni sebesar 30,93 persen dan 30,78 persen. Sama halnya dengan KTI, batubara menyumbang emisi tertinggi yakni 41,62 persen dan diikuti bensin dua puluh tiga persen. Sedangkan dari sudut pandang sektoral, sektor industri berkontribusi paling besar terhadap emisi CO₂ di kedua wilayah.

Hasil Estimasi

Tabel 4 merupakan hasil estimasi seluruh provinsi dengan asumsi seluruh wilayah berada pada tahapan pembangunan yang sama. Hasil estimasi tanpa membedakan tahapan pembangunan di Indonesia menunjukkan bahwa urbanisasi memiliki hubungan positif namun secara statistik tidak signifikan terhadap peningkatan konsumsi energi per kapita. Sementara itu, dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ per kapita adalah negatif dan signifikan. Elastisitas urbanisasi terhadap emisi CO₂ sebesar -0.065 menunjukkan bahwa kenaikan satu persen level urbanisasi akan dapat menurunkan emisi CO₂ per kapita sebesar 0.065 persen ketika faktor lainnya dianggap konstan. Meskipun menggunakan model yang

sama, sumber data dan metode penghitungan emisi yang berbeda mengakibatkan hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Prasetyawan et al. (2017), yang menemukan hubungan antara urbanisasi terhadap konsumsi energi di Indonesia adalah positif, namun tidak signifikan terhadap emisi CO₂ dari penggunaan kendaraan bermotor.

Tabel 4. Hasil Estimasi Seluruh Provinsi tanpa Membedakan Tahapan Pembangunan

Variabel	Model Konsumsi Energi	Model Emisi CO ₂
Ln(KPDTN)	-0.188* (0.112)	0.00912 (0.00792)
Ln(URB)	0.391 (0.466)	-0.0651** (0.0326)
Ln(PDRBperkap)	0.407* (0.242)	1.032*** (0.0174)
Ln(IND)	0.271* (0.143)	-0.000944 (0.0102)
Ln(IE)	-	1.039*** (0.00673)
Constant	-13.80*** (4.073)	-16.65*** (0.291)
R-sq overall	0.3620	0.9961
Observations	155	155

Keterangan: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Sumber: Analisis Penulis, 2018

Fokus dari penelitian ini adalah untuk melihat perbedaan dampak urbanisasi di KBI dan KTI, dan hal ini belum dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Dengan mengakomodir perbedaan karakteristik dan tahapan pembangunan di KBI dan KTI, hasil estimasi menunjukkan dampak yang berbeda dari urbanisasi terhadap konsumsi energi dan emisi CO₂ sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, variabel-variabel yang memengaruhi konsumsi energi di KBI memiliki hubungan yang signifikan secara statistik, kecuali pendapatan per kapita. Elastisitas urbanisasi sebesar 0.853 menunjukkan kenaikan satu persen urbanisasi akan meningkatkan konsumsi energi per kapita 0.853 persen ketika faktor lainnya konstan. Dari Tabel 5 tersebut terlihat pula hanya variabel kepadatan penduduk dan urbanisasi di KTI yang memiliki dampak berbeda secara signifikan terhadap konsumsi energi per kapita. Proses urbanisasi di KTI memiliki perbedaan dampak sebesar $\alpha_2 + \alpha_7$ sehingga $0.853 + (-1.386) = -0.533$. Koefisien elastisitas yang negatif menunjukkan bahwa peningkatan satu persen urbanisasi di KTI berdampak pada penurunan konsumsi energi per kapita sebesar 0.533 persen.

Seiring peningkatan level urbanisasi, KTI justru mengalami penurunan konsumsi energi. Korelasi negatif juga diperoleh Poumanyong & Kaneko (2010) dan Li & Lin (2015), yang menjelaskan bahwa pada kelompok negara *low-income* kenaikan level urbanisasi justru menurunkan konsumsi energi. Hasil negatif di KTI bukan menunjukkan argumen yang dapat mendukung efek dari aglomerasi kota maupun teori transisi lingkungan perkotaan. Menurut Satterthwaite (2009), total penggunaan energi fosil di wilayah berpendapatan rendah akan tetap sangat rendah karena bahan bakar yang sangat mahal dan sulit dijangkau. Di KTI, rata-rata total konsumsi energi selama periode 2011-2015 lima kali lebih rendah dibandingkan KBI. Sulitnya pendistribusian, mengakibatkan bahan bakar fosil menjadi langka dan mahal sehingga konsumsi energi per kapita di KTI juga jauh lebih rendah dibandingkan KBI. Di sisi lain, jumlah rumah tangga perkotaan di KTI juga relatif

lebih sedikit dibandingkan rata-rata nasional maupun KBI Oleh karena itu, kebutuhan akan infrastruktur perkotaan yang lebih kecil membutuhkan energi untuk penyediaan dan operasionalisasi infrastruktur kota yang sedikit pula (lihat Gambar 1).

Tabel 5. Hasil Estimasi dengan Membedakan Tahapan Pembangunan di KBI dan KTI

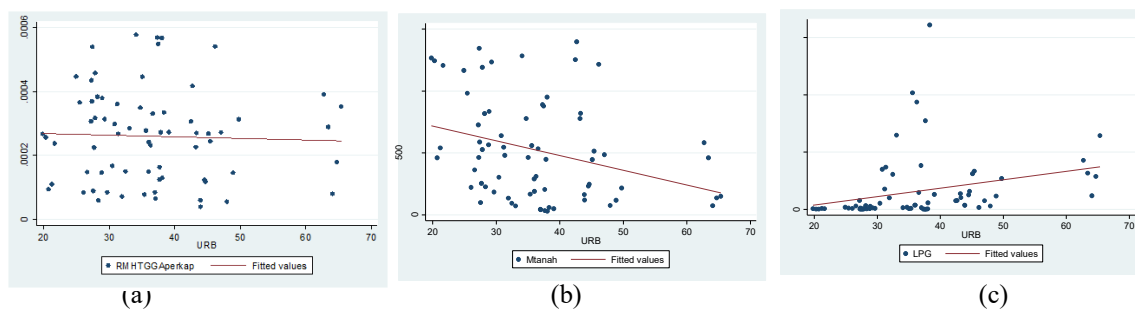
Variabel	Model Konsumsi Energi	Model Emisi CO ₂
Ln(KPDTN)	-0.580*** (0.152)	-0.0211 (0.0149)
Ln(URB)	0.853* (0.455)	-0.0720* (0.0419)
Ln(PDRBperkap)	0.241 (0.245)	0.993*** (0.0233)
Ln(IND)	0.413** (0.191)	0.0313* (0.0177)
Ln(IE)	- -	1.025*** (0.0105)
DTim	-8.180 (6.482)	-1.473** (0.592)
DTim*Ln(KPDTN)	0.773*** (0.220)	0.0577*** (0.0208)
DTim*Ln(URB)	-1.368* (0.762)	-0.0237 (0.0692)
DTim*Ln(PDRBperkap)	0.549 (0.392)	0.0771** (0.0361)
DTim*Ln(IND)	0.0822 (0.268)	-0.0238 (0.0249)
DTim*Ln(IE)	- -	0.0164 (0.0143)
Constant	-10.30** (4.629)	-15.80*** (0.429)
<i>R-sq overall</i>	0.5274	0.9964
Observations	155	155

Keterangan: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Sumber: Analisis Penulis, 2018

Selain konsumsi energi yang rendah, pada periode 2011-2015 terjadi efisiensi bahan bakar di sektor rumah tangga sehingga kebutuhan energi menurun. Urbanisasi merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi jenis energi yang digunakan oleh sektor rumah tangga sehingga akan terjadi perpindahan jenis bahan bakar menjadi lebih modern (Pachauri & Jiang, 2008). Kenaikan pendapatan masyarakat perkotaan akan menyebabkan terjadinya substitusi dari minyak tanah menjadi LPG (Parikh & Shukla, 1995). Dalam kurun waktu 2011-2015, pertumbuhan penggunaan LPG di KTI adalah yang tertinggi dibandingkan minyak tanah yang justru tumbuh negatif. Pada periode tersebut terlihat kecenderungan penurunan total penggunaan energi sektor rumah tangga seiring peningkatan urbanisasi.

Sebagaimana diuraikan di awal, laju pertumbuhan penduduk dan rata-rata jumlah anggota keluarga di KTI lebih tinggi dibandingkan KBI maupun rata-rata nasional. Dengan demikian, konsumsi energi yang rendah diiringi jumlah penduduk yang tumbuh lebih cepat akan menghasilkan dampak akhir negatif dari urbanisasi terhadap konsumsi energi per kapita.

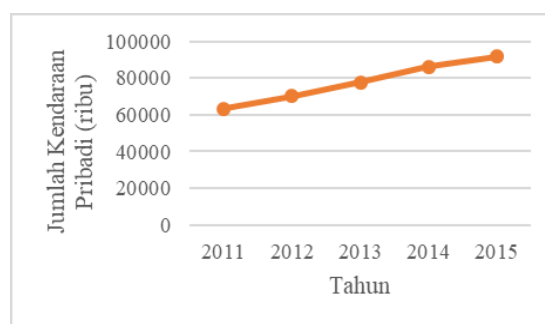


Sumber: Analisis Penulis, 2018

Gambar 1. (a) Penggunaan energi di sektor rumah tangga di KTI; (b) Penggunaan minyak tanah di KTI; (c) Penggunaan LPG di KTI

Hasil berbeda terjadi di KBI yaitu hubungan urbanisasi terhadap konsumsi energi adalah positif. Urbanisasi dapat memengaruhi peningkatan konsumsi energi di KBI sebab terjadi perubahan gaya hidup dari masyarakat pedesaan menjadi masyarakat perkotaan yang kemudian mengubah kebutuhan dan perilaku konsumen (Gu et al., 2011). Korelasi positif di wilayah dengan tahapan pembangunan lebih tinggi tersebut juga dibuktikan oleh Zhang & Lin (2012), Poumanyong & Kaneko (2010) dan Li & Lin (2015) dengan sampel negara-negara *middle/high-income* atau provinsi dengan golongan tahapan pembangunan tinggi. Hal ini mendukung argumen dari teori transisi lingkungan perkotaan. Menurut teori tersebut, semakin meningkatnya kesejahteraan kota sering disertai dengan peningkatan kegiatan manufaktur dan transportasi sehingga menyebabkan peningkatan masalah yang terkait dengan penggunaan energi.

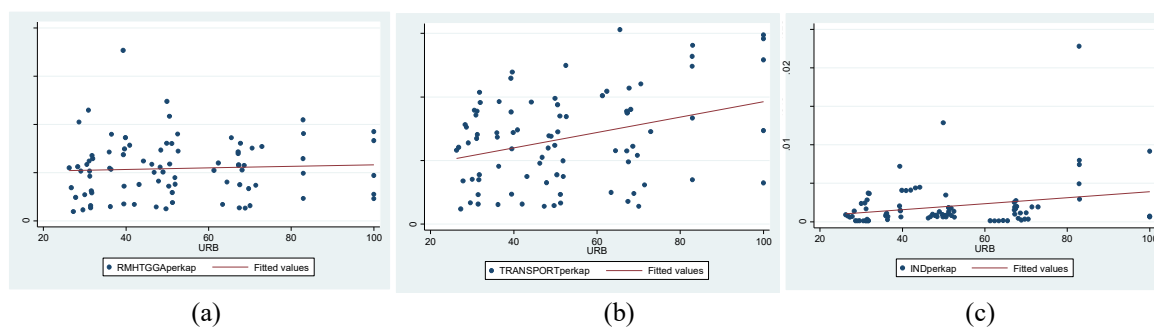
Proses urbanisasi diiringi pula dengan peningkatan aktivitas transportasi serta kebutuhan pengangkutan input maupun produk akhir sehingga penggunaan energi pun semakin meningkat. Hal ini didukung oleh data statistik jumlah kendaraan pribadi di KBI yang terus meningkat dengan tingkat pertumbuhan rata-rata 9,8 persen per tahun selama tahun 2011-2015 (Badan Pusat Statistik, 2016). Di samping itu, konsumsi energi bensin dan solar serta pertumbuhan sektor transportasi menunjukkan nilai tertinggi (lihat Gambar 2).



Sumber: Badan Pusat Statistik, 2015

Gambar 2. Jumlah Kendaraan Pribadi di KBI (2011-2015)

Berdasarkan data pada periode 2011-2015, KBI mengalami peningkatan konsumsi energi di semua sektor baik sektor rumah tangga, transportasi, dan industri seiring peningkatan urbanisasi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Analisis Penulis, 2018

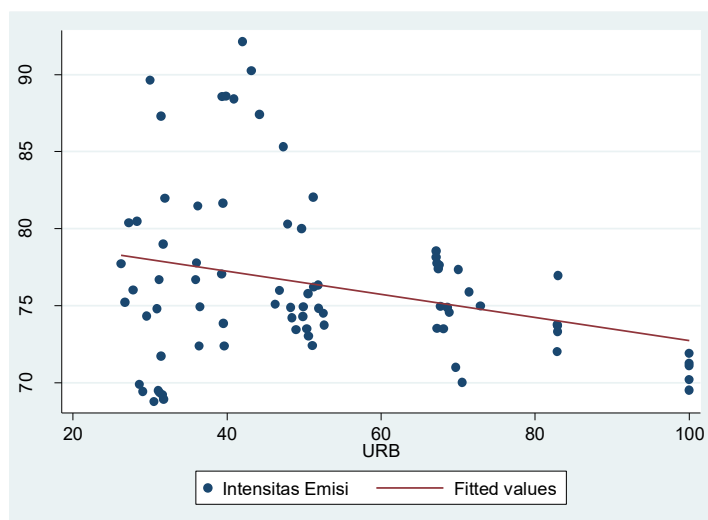
Gambar 3. (a) Penggunaan energi di sektor rumah tangga di KBI; (b) Penggunaan energi di sektor transportasi di KBI; (c) Penggunaan energi di sektor industri di KBI

Dengan demikian, sebagaimana dikemukakan Zhang & Lin (2012) peningkatan pola konsumsi masyarakat perkotaan serta adanya *urban sprawl* yang mendorong peningkatan jumlah dan jarak tempuh kendaraan akan meningkatkan penggunaan energi.

Dari Tabel 5 model emisi CO₂ terlihat pula bahwa elastisitas dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ per kapita sebesar -0.072 mengindikasikan bahwa kenaikan satu persen level urbanisasi di KBI berdampak pada penurunan emisi CO₂ per kapita sebesar 0.072 persen ketika faktor lainnya konstan. Namun, elastisitas dampak urbanisasi di KTI tidak signifikan secara statistik sehingga mengindikasikan tidak terdapat perbedaan dampak urbanisasi di KBI dengan KTI. Modernisasi lebih lanjut di KBI menyebabkan perubahan struktur energi sehingga penggunaan *low-carbon energy* menjadi lebih besar. Berdasarkan deskripsi data, porsi emisi yang besar disumbang oleh bahan bakar batubara yang mengalami pertumbuhan negatif. Namun, jenis energi yang relatif lebih rendah emisi, seperti LPG, tumbuh positif dan cukup tinggi dibandingkan minyak tanah dan batubara yang beremisi tinggi dan pertumbuhan rata-ratanya negatif.

Korelasi negatif antara urbanisasi dan emisi CO₂ di KBI dapat ditunjukkan pula dari intensitas emisi sepanjang tahun 2011-2015 yang cenderung menurun (Gambar 4). Intensitas emisi merupakan total emisi yang dihasilkan dari total penggunaan energi fosil. Dengan demikian, seiring kenaikan level urbanisasi maka emisi CO₂ per kapita di KBI akan menurun.

Hasil negatif ini juga mendukung teori modernisasi ekologi yang dikemukakan oleh Gouldson & Murphy (1997) yaitu peningkatan tahapan pembangunan lebih lanjut di KBI dapat menurunkan dampak lingkungan. Semakin sejahtera suatu kota maka *technological progress* dan penggunaan energi *low-carbon* yang semakin meningkat dapat menurunkan emisi CO₂ per kapita. Elastisitas dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ di KBI yang negatif juga dapat disebabkan oleh akumulasi dari *human capital* (Zhang & Lin, 2012). Adanya proses urbanisasi akan mendorong akumulasi *human capital* sehingga menciptakan perilaku masyarakat yang lebih peduli terhadap lingkungan. Hal ini didukung dengan data rata-rata Indeks Pembangunan Manusia (IPM) tahun 2015 di KBI yang lebih tinggi yaitu 69,70 dibandingkan KTI sebesar 63,39, serta rata-rata lamanya pendidikan di KBI yang lebih tinggi yakni 7,87 tahun sedangkan di KTI 6,91 tahun.



Sumber: Analisis Penulis, 2018

Gambar 4. Hubungan antara Level Urbanisasi dan Intensitas Emisi di KBI

Dampak urbanisasi terhadap emisi CO₂ di KTI menunjukkan nilai yang negatif namun tidak signifikan secara statistik. Hasil ini dapat disebabkan oleh konsumsi energi yang rendah sehingga kontribusi terhadap emisi CO₂ sangat kecil. Meskipun terjadi *shifting* energi yang lebih efisien di sektor rumah tangga, namun konsumsi energi di KTI sangat sedikit sehingga tidak terlalu berpengaruh menghasilkan emisi. Terlebih lagi, masyarakat perkotaan di wilayah dengan tingkat pembangunan rendah sebagian besar masih menggunakan moda transportasi yang ramah lingkungan atau rendah emisi seperti berjalan kaki, sepeda, atau transportasi massal (Satterthwaite, 2009). Beberapa wilayah di KTI yang kurang terhubung dengan jalur darat masih banyak menggunakan transportasi massal antar wilayah seperti kapal dan pesawat.

Beberapa variabel kontrol menunjukkan elastisitas dampak yang berbeda di kedua wilayah karena nilainya signifikan secara statistik. Pertama, variabel kepadatan penduduk. Elastisitas dampak kepadatan penduduk terhadap konsumsi energi per kapita berubah dari positif di KTI ($-0,580 + 0,773 = 0,193$) menjadi negatif di KBI ($-0,580$). Pola ini menunjukkan bahwa seiring perkembangan tahapan pembangunan, dampak kepadatan penduduk akan menurun.

Hasil estimasi tersebut juga mengkonfirmasi hubungan negatif antara kepadatan penduduk terhadap penggunaan energi ketika suatu wilayah telah mencapai skala pengembangan yang tepat. Kepadatan penduduk yang tinggi memberikan *benefit* bagi lingkungan yaitu penurunan konsumsi energi per kapita di KBI, karena secara umum infrastruktur publik di KBI relatif lebih memadai, maka menurut Liu et al. (2017) kepadatan penduduk dapat membawa peningkatan skala pelayanan infrastruktur publik dan aktivitas perekonomian serta efisiensi energi. Sebaliknya di KTI, karena relatif lebih rendah tahapan pembangunannya dan tidak didukung fasilitas publik atau infrastruktur yang memadai, maka *economies of scale* infrastruktur publik tidak terjadi di wilayah ini. Oleh karena itu, semakin meningkatnya kepadatan penduduk maka konsumsi energi dan emisi CO₂ per kapita di KTI akan semakin meningkat.

Variabel kontrol yang kedua adalah level industrialisasi. Industrialisasi di KTI tidak menunjukkan nilai yang signifikan secara statistik terhadap konsumsi energi maupun emisi

CO₂ per kapita. Hal ini dapat disebabkan oleh perkembangan kota dan aktivitas sektor sekunder di wilayah tersebut belum terlalu besar sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan bagi konsumsi energi dan emisi CO₂ di Indonesia. Sebaliknya, industrialisasi di KBI memiliki hubungan positif terhadap konsumsi energi dan emisi CO₂ per kapita. Aktivitas produksi yang tadinya sebagian dilakukan oleh rumah tangga perdesaan perlahan berubah sehingga barang-barang manufaktur yang dibutuhkan rumah tangga perkotaan meningkat dan berimbas meningkatkan konsumsi energi di sektor industri. Industrialisasi, yang merujuk pada peningkatan aktivitas industri, dapat meningkatkan penggunaan energi yang lebih tinggi sebab nilai tambah industri manufaktur yang lebih tinggi membutuhkan konsumsi energi yang lebih tinggi pula (Sadorsky, 2013). Hasil tersebut sesuai pula dengan hasil penelitian Prasetyawan et al. (2017) menyatakan bahwa industrialisasi akan meningkatkan konsumsi energi final di Indonesia. Di sisi lain, hubungan positif ini menunjukkan bahwa teknologi sektor industri manufaktur di Indonesia belum mencapai tahapan tertentu yang telah mampu menurunkan dampak lingkungan.

Variabel kontrol ketiga adalah pendapatan per kapita. Elastisitas pendapatan per kapita terhadap emisi CO₂ di KTI yang lebih besar dibandingkan KBI mengonfirmasi teori *Environmental Kuznets Curve*, yaitu semakin tinggi *income level* maka dampak lingkungan akan semakin menurun. Pada tahap awal, emisi CO₂ per kapita mulai meningkat seiring peningkatan pola konsumsi akibat kenaikan pendapatan. Namun, ketika mencapai level tertentu dampaknya menurun karena masyarakat lebih memperhatikan kualitas lingkungan. Eksistensi pola seperti U-terbalik antara pendapatan per kapita dan emisi CO₂ di Indonesia ini juga dibuktikan oleh Le & Quah (2018).

Variabel intensitas energi menunjukkan dampak positif di kedua wilayah terhadap emisi CO₂. Hal ini menunjukkan penggunaan energi yang belum efisien dalam menghasilkan output. Temuan ini serupa dengan penelitian Zhang & Lin (2012), yaitu pada semua tahap pembangunan intensitas energi memiliki hubungan positif terhadap emisi CO₂.

Kesimpulan

Peningkatan tahapan pembangunan, yang ditunjukkan dengan level urbanisasi, di KBI dan KTI berpengaruh terhadap pola konsumsi energi di masing-masing wilayah. Hal ini dibuktikan dengan hasil estimasi yang menunjukkan bahwa terdapat dampak yang berbeda terhadap konsumsi energi antara KBI dan KTI. Namun, urbanisasi tidak memberikan pengaruh secara berbeda terhadap tingkat emisi CO₂ di kedua wilayah.

Temuan menarik lainnya adalah selain urbanisasi, peningkatan level industrialisasi di KBI juga berperan signifikan dalam peningkatan konsumsi energi per kapita. Korelasi positif tersebut mendukung teori transisi lingkungan perkotaan. Pada tahap pembangunan awal hingga menengah, perkembangan kota di KBI yang diikuti dengan aktivitas produksi yang lebih intensif energi menghasilkan dampak yang tinggi dan positif terhadap konsumsi energi. Sedangkan korelasi negatif antara urbanisasi dan konsumsi energi per kapita di KTI tidak menunjukkan hasil yang mendukung teori transisi lingkungan perkotaan. Penggunaan energi yang sangat rendah diiringi dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi dan rata-rata jumlah anggota keluarga yang besar menyebabkan dampak akhir konsumsi energi per kapita di KTI yang negatif.

Hasil estimasi yang menunjukkan adanya korelasi negatif antara urbanisasi dan emisi CO₂ di KBI dapat memberikan dukungan bagi teori modernisasi ekologi. Berdasarkan teori dan studi lainnya yang terkait, modernisasi lebih lanjut menjadikan *low-carbon energy* lebih banyak digunakan dan emisi CO₂ pun menurun.

Berdasarkan temuan dalam studi ini, beberapa rekomendasi kebijakan dapat diberikan. Pertama, skala pembangunan yang tepat dapat berkontribusi menurunkan emisi

CO₂ per kapita. Dalam menghadapi tantangan demografi di masa depan, skala ini perlu dipertahankan dengan pembangunan infrastruktur yang merata, terintegrasi dan akan lebih baik jika berprinsip *green building*.

Kedua, perencanaan infrastruktur publik yang baik dan memadai terutama di KTI juga perlu segera ditindaklanjuti karena laju pertumbuhan penduduk di KTI lebih tinggi dibandingkan KBI. Hal ini dimaksudkan untuk menciptakan efek aglomerasi perkotaan sehingga peningkatan kepadatan penduduk di masa depan dapat menekan penggunaan energi dan emisi CO₂ per kapita.

Ketiga, inovasi teknologi ramah lingkungan perlu didorong di sektor manufaktur. Selain itu, pengembangan investasi di sektor *renewable energy* dan perluasan akses terhadap bahan bakar fosil modern perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi hasil sampingan berupa pencemaran udara, ketergantungan akan energi fosil dan menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan seiring perkembangan pembangunan di kedua wilayah.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2013). *Proyeksi penduduk indonesia 2010-2035*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Statistik lingkungan hidup Indonesia*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Statistik lingkungan hidup Indonesia*. Jakarta.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *94*(1), 175–179. doi:10.1073/pnas.94.1.175.
- Gouldson, A., & Murphy, J. (1997). Ecological modernisation: Restructuring industrial economies. *The Political Quarterly*, *68* (5), 74–86. doi: 10.1111/1467-923X.00117.
- Gu, C., Hu, L., Zhang, X., Wang, X., & Guo, J. (2011). Climate change and urbanization in the Yangtze River Delta q. *Habitat International*, *35*(4), 544–552. doi:10.1016/j.habitatint.2011.03.002.
- IPCC. (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories, *2*(Energy).
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2015). *Statistik kementerian lingkungan hidup dan kehutanan tahun 2014*.
- Kurniawan, R., & Managi, S. (2018). Coal consumption, urbanization, and trade openness linkage in Indonesia. *Energy Policy*, *121*(February), 576–583. doi:10.1016/j.enpol.2018.07.023.
- Larivière, I., & Lafrance, G. (1999). Modelling the electricity consumption of cities: Effect of urban density. *Energy Economics*, *21*(1), 53–66. doi:10.1016/S0140-9883(98)00007-3.
- Le, T. H., & Quah, E. (2018). Income level and the emissions, energy, and growth nexus: Evidence from Asia and the Pacific. *International Economics*, *15*(November 2017), 193–205. doi:10.1016/j.inteco.2018.03.002.
- Li, K., & Lin, B. (2015). Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO₂ emissions: Does the level of development matter? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *52*, 1107–1122. doi:10.1016/j.rser.2015.07.185.
- Lin, S., Zhao, D., & Marinova, D. (2009). Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. *Environmental Impact Assessment Review*, *29*(6), 341–347. doi:10.1016/j.eiar.2009.01.009.
- Liu, Y., Gao, C., & Lu, Y. (2017). The impact of urbanization on GHG emissions in China: The role of population density. *Journal of Cleaner Production*, *157*, 299–309. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.138
- Martínez-zarzoso, I., & Maruotti, A. (2011). The impact of urbanization on CO₂ emissions : Evidence from developing countries ☆. *Ecological Economics*, *70*(7), 1344–1353. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.02.009.
- McGranahan, G., & Satterthwaite, D. (2002). The environmental dimensions of sustainable development for cities. *Geography*, *87*(3), 213–226.
- Pachauri, S., & Jiang, L. (2008). The household energy transition in India and China. *Energy Policy*, *36*(11), 4022–4035. doi:10.1016/j.enpol.2008.06.016.

- Parikh, J., & Shukla, V. (1995). Urbanization, energy use and greenhouse effects in economic development. *Global Environmental Change*, 5(2), 87–103. doi:10.1016/0959-3780(95)00015-G.
- Poumanyvong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434–444. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.09.029.
- Prasetyawan, P. A., Hartono, D., & Awirya, A. Al. (2017). Pengaruh urbanisasi terhadap konsumsi energi dan emisi Co₂ : Analisis provinsi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 10 No.2, 9–18.
- Sadorsky, P. (2013). Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries? *Energy Economics*, 37, 52–59. doi:10.1016/j.eneco.2013.01.009.
- Satterthwaite, D. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, 21(2), 545–567. doi:10.1177/0956247809344361.
- Sheng, P., & Guo, X. (2018). Energy consumption associated with urbanization in China: Efficient- and inefficient-use. *Energy*, 165, 118–125. doi:10.1016/j.energy.2018.09.161.
- Xu, B., & Lin, B. (2015). How industrialization and urbanization process impacts on CO₂ emissions in China: Evidence from nonparametric additive regression models. *Energy Economics*, 48, 188–202. doi:10.1016/j.eneco.2015.01.005.
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351–365. doi:10.1016/S0921-8009(03)00188-5.
- Zhang, C., & Lin, Y. (2012). Panel estimation for urbanization, energy consumption and CO₂ emissions: A regional analysis in China. *Energy Policy*, 49, 488–498. doi:10.1016/j.enpol.2012.06.048.