

Pengaruh Konsumsi Energi Listrik Kawasan Permukiman Terhadap Emisi Karbon Dioksida Kota Semarang

T. Wismandani¹, W. Widjonarko²

^{1,2} Universitas Diponegoro, Indonesia

Article Info:

Received: 20 June 2017
Accepted: 9 November 2017
Available Online: 14 December 2017

Keywords:

Carbon dioxide emissions, commercial, effect, government, household, industry, settlements.

Corresponding Author:

Tusiana Wismandani
Diponegoro University,
Semarang, Indonesia
Email:
tusiana.wismandani16@pwk.u

Abstract: Population growth in Semarang City increases the need of settlements, which have many activities that need electricity power generated from the power plant by burning a huge amount of fossil fuel. Carbon dioxide was a by-product of the burning process, and also the most abundant Green House Gas contained in the atmosphere. This research expected to discover the influence of electricity consumption towards carbon dioxide emissions particularly in Semarang City, by indentifying the electricity consumption of the four settlements sectors: household, industry, commercial, and governmental. Then, analyzing their correlation and effect towards carbon dioxide emissions partially using multiple regression method, and comprehensively using simple linear regression. The household sector has the highest electricity consumption, followed by industry, commercial, and governmental sector. Yet, it also has numerous consumers which caused it's consumption per-consumer to be the lowest amongst all of the sectors. Conversely, industrial sector has the highest consumption per-consumer since it has high electricity usage yet a fewest consumers. The multiple regression analysis showed that sectoral electricity consumption didn't represent a valid result because there was a multicollinearity between the independent variables. Whilst the simple regression discovered that comprehensive electricity consumption gave a significant effect to the carbon dioxide emissions, where 1% increasement of electricity usage also increase upto 1.421.525,52 ton carbon dioxide emissons.

Copyright © 2017 TPWK-UNDIP

This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

Wismandani, T., & Widjonarko, W. (2017). Pengaruh Konsumsi Energi Listrik Kawasan Permukiman Terhadap Emisi Karbon Dioksida Kota Semarang. *Jurnal Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Dan Kota)*, 6(4), 220–231.

1. PENDAHULUAN

Kota Semarang sebagai ibukota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota pantai, merupakan pintu gerbang dari seluruh aktivitas yang berlangsung di Jawa Tengah baik perdagangan, pemerintahan, perindustrian, dll. Karena itu tak heran perkembangannya cukup pesat dan menjadi salahsatu kota metropolitan terbesar di Indonesia dengan kepadatan penduduk mencapai 4.402 jiwa/km². Tidak hanya dari jumlah penduduknya, wilayah Kota Semarang kini juga semakin padat dengan lahan terbangun. Perkembangan di Kota Semarang telah terlihat sejak tahun 1992 dimulai dengan mulai banyaknya pembangunan gedung pencakar langit di Kota Semarang. Perindustrian besar juga sudah merambah di Kota Semarang, menjadikan sektor industri sebagai kontributor terbesar terhadap PDRB (Produk Domestik Regional Bruto Kota Semarang) disusul sektor perdagangan dan jasa. Dari segi perekonomian, PDRB Kota Semarang adalah 61,092 trilyun atau 9,8% dan merupakan nilai tertinggi dari PDRB Provinsi Jawa Tengah (BPS, 2015). Pertumbuhan ekonomi memiliki andil yang besar sebagai magnet dari pertumbuhan permukiman yang berakhir pada potensi peningkatan emisi. Pertumbuhan ekonomi Kota Semarang pada tahun 2015 ada 5,30% di atas rata-rata pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota di Jawa Tengah yaitu 4,20% dan di atas kota-kota besar di Jawa Tengah seperti Kota Surakarta, Kabupaten Gilacap, dan Kudus (BPS, 2015). Pertumbuhan ekonomi dapat menarik tenaga kerja yang berdampak pada kebutuhan akan fasilitas dan tempat tinggal. Selain itu, pertumbuhan ekonomi juga berdampak pada tumbuhnya kawasan industri karena prospek pemasaran

yang strategis. Perkembangan Kota Semarang baik dari jumlah penduduk, perekonomian, maupun perindustrian dan perdagangan diperkirakan masih akan terus berlanjut dan riskan terhadap ekspansi luas lahan terbangun serta peningkatan penggunaan energi dan timbunan limbah yang berujung pada peningkatan emisi dan kerusakan lingkungan.

Peningkatan jumlah penduduk beberapa tahun belakangan menimbulkan efek samping terhadap pembangunan pada setiap wilayah. Peningkatan jumlah penduduk juga berarti peningkatan kebutuhan akan pangan, fasilitas kesehatan, pendidikan, dan juga yang merupakan hal terpenting adalah tempat tinggal. Kota Semarang memiliki jumlah penduduk 1.572.105 jiwa pada tahun 2012, dan 1.696.253 jiwa pada tahun 2015 (BPS, 2016). Hal ini menimbulkan banyaknya pembangunan permukiman untuk memenuhi tingginya permintaan tersebut. Selain itu, adanya tren urbanisasi juga mengakibatkan luasan lahan terbangun meningkat. UN-Habitat mengungkapkan bahwa tren pertumbuhan luas daerah perkotaan yang terjadi di dunia menunjukkan angka yang fenomenal, 6 dari 10 orang akan lebih memilih tinggal di kawasan perkotaan pada tahun 2030, dan 90%-nya akan berada di Afrika, Asia, Amerika Latin, dan Karibia. Berdasarkan pemaparan profil Kota Semarang dan data Semarang dalam Angka tahun 2015, luas lahan permukiman di Kota Semarang pada tahun 2005 adalah sebesar 33,06% dari keseluruhan luas Kota Semarang, dan luas tersebut terus bertambah hingga menjadi 42% pada tahun 2014 (BPS, 2016). Penambahan luasan permukiman memiliki dampak terhadap munculnya aktivitas penunjang lainnya baik itu fasilitas-fasilitas umum maupun jaringan jalan, serta peningkatan volume lalu lintas di Kota Semarang.

Permukiman menurut UU No.1 tahun 2011 tentang perumahan dan kawasan permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Sarana penunjang lainnya yang dimaksud seperti sarana rekreasi, transportasi, perdagangan dan jasa, kawasan industri, dll. Kegiatan domestik yang menghasilkan emisi karbon dioksida antara lain pembakaran sampah, penggunaan listrik, penggunaan kayu bakar, minyak tanah, atau gas LPG, serta limbah rumah tangga (BMKG, 2011). Saat ini masyarakat dan energi listrik bagai tak terpisahkan. Makin banyak produk elektronik yang digunakan masyarakat setiap harinya dan tentu saja membutuhkan tenaga listrik, sebut saja rice cooker, televisi, kulkas, dll. peningkatan rasio penggunaan listrik berdampak pada peningkatan rasio elektrifikasi dan tingkat pendapatan. Listrik sudah layaknya penopang kehidupan sebuah kota, fasilitas umum, kawasan perdagangan dan jasa, dan kawasan industri, menggunakan energi listrik dalam jumlah yang tak kalah banyak (ESDM, 2013). Menurut BMKG (2011), aktivitas domestik (rumah tangga), perkantoran, industri, dan transportasi merupakan salahsatu aktivitas penyumbang emisi karbon dioksida yang mengakibatkan peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca di atmosfer dan menyebabkan—atau saat ini—memperparah pemanasan global.

Pertumbuhan kawasan permukiman ditandai dengan adanya pertumbuhan kepadatan penduduk dan luas kawasan terbangun (Seto, dkk. 2014). Pertumbuhan kawasan permukiman umumnya terjadi di kawasan perkotaan terutama di kota besar seperti Kota Semarang, yang akan dikaji lebih lanjut di dalam penelitian ini. Pangsa terbesar emisi GRK terjadi di sektor industri yaitu sebesar 34% pada tahun 2013. Diikuti oleh sektor pembangkit listrik sebesar 30%, sektor transportasi (29%) dan sektor rumah tangga (4%) (ESDM, 2015). Di Kota Semarang, Emisi GRK mencapai 1.956.332 ton CO₂e pada tahun 2010 dan diproyeksikan meningkat menjadi 3.286.026 ton CO₂e pada tahun 2020.

Emisi karbon dioksida merupakan hasil sampingan dari proses pembakaran, sehingga setiap proses pembakaran pasti menghasilkan emisi karbon dioksida. Pada dasarnya perhitungan emisi merupakan perkalian dari besaran kuantitatif aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi dengan faktor emisi. Penggunaan energi listrik pada kawasan permukiman berasal dari pembakaran bahan bakar dari pembangkit listrik yang menghasilkan emisi langsung, energi listrik tersebut kemudian didistribusikan dan dikonsumsi oleh masyarakat. Sebagai konsumen produk energi listrik, masyarakat merupakan penyebab dari produksi energi listrik pada pembangkit melalui permintaan akan energi listrik, hal ini menjadikan emisi karbon dioksida dari pembangkitan listrik merupakan tanggung jawab dari konsumennya sebagai emisi tidak langsung. Analisis mengenai korelasi antara pertumbuhan permukiman terhadap emisi karbon dioksida di Kota Semarang dilakukan untuk mengetahui keterkaitan dan adanya dampak dari pertumbuhan kawasan permukiman terhadap produksi emisi karbon dioksida melalui konsumsi energi listrik pada kawasan permukiman. Dengan mengetahui besarnya dampak yang ditimbulkan oleh pertumbuhan kawasan permukiman terhadap emisi karbon dioksida melalui penggunaan energi, diharapkan dapat

dijadikan sebagai input dalam mengendalikan jumlah pertumbuhan yang ada dan kebijakan-kebijakan lain sebagai bentuk antisipasi untuk meminimalisir dampak lingkungan yang akan ditimbulkannya.

2. DATA DAN METODE

Menurut Iqbal (2012), statistik deskriptif atau statistik deduktif adalah bagian dari statistik yang menjelaskan atau menguraikan keterangan suatu data atau fenomena. Berdasarkan ruang lingkup pembahasannya, statistik deskriptif mencakup: (1) Distribusi frekuensi beserta bagian-bagiannya, seperti grafik, histogram, diagram, rata-rata, kemencengan dan kemiringan kurva, dll; (2) Angka indeks; (3) Time series atau data berkala; (4) Korelasi dan regresi sederhana. Penarikan kesimpulan dalam analisis deskriptif hanya dalam ruang lingkup data yang digunakan. Analisis statistik deskriptif dalam penelitian ini akan digunakan untuk mendeskripsikan data pertumbuhan konsumsi energi listrik yang akan disajikan dalam bentuk grafik, peta, dan tabel.

Analisis regresi merupakan analisis yang mampu mengidentifikasi bentuk hubungan antara dua variabel atau lebih yang terdiri dari variabel bebas dan tidak bebas. Hubungan atau keterkaitan dilihat melalui perubahan nilai variabel tersebut yang kemudian dinyatakan ke dalam rumus, rumus tersebut kemudian dapat digunakan untuk membuat peramalan nilai variabel terikat apabila nilai variabel bebas sudah diketahui. Prediksi tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh secara kuantitatif sebuah variabel jika variabel lainnya dianggap tetap (Supranto, 1996). Persamaan regresi sederhana dan berganda secara umum adalah:

$$Y_i = B_0 + BX + e$$

$$Y_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n + e$$

di mana :

Y = Variabel terikat *B* = Koefisien variabel bebas *e* = nilai error
B₀ = Konstanta *X* = Variabel bebas

Hasil analisis regresi akan diinterpretasikan melalui nilai koefisien determinasi yang menjelaskan seberapa besar kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians variabel terikatnya. Koefisien determinasi digambarkan dengan nilai R-squared dengan nilai antara 0–1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan semakin tinggi kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians variabel terikatnya. Selain itu, keterkaitan dapat diinterpretasikan melalui nilai koefisien korelasi yang menjelaskan besar-kecil serta arah keterkaitan variabel bebas terhadap variabel terikatnya. Koefisien korelasi digambarkan dengan nilai R dengan range nilai -1 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 0 menunjukkan semakin rendah keterkaitan variabel bebas dengan terikatnya. Nilai negatif dan positif dalam koefisien korelasi menunjukkan arah keterkaitan (searah atau saling berlawanan). Variabel tidak bebas atau variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah emisi karbon Kota Semarang pada tahun terkait, sedangkan variabel bebas atau variabel yang nilainya mempengaruhi variabel terikat dalam penelitian ini terdiri dari konsumsi energi listrik sektor rumah tangga, sektor ekonomi, sektor pemerintahan, sektor industri

Tabel 1 Variabel Bebas dan Terikat Pada Analisis Regresi (Analisis, 2017)

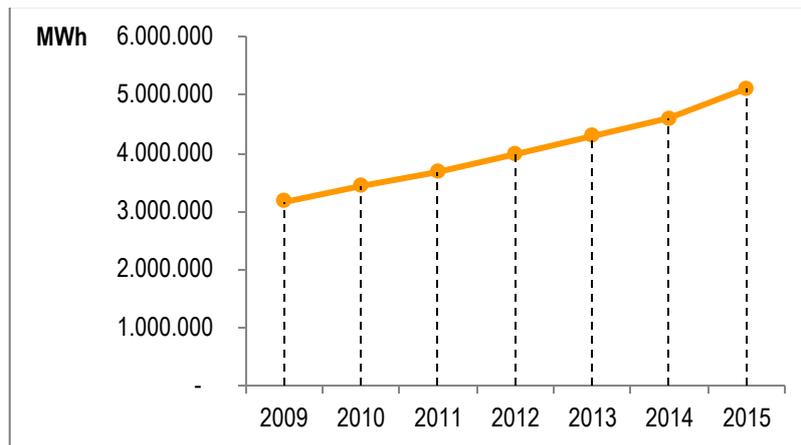
Regresi Berganda	
Variabel Bebas	Variabel Terikat
Konsumsi energi listrik sektor (MWh): <ul style="list-style-type: none"> • Rumah tangga • Industri • Komersial • Pemerintahan 	• Emisi karbon dioksida (Ton)
Regresi Sederhana	
• Total seluruh konsumsi energi listrik (MWh)	• Emisi karbon dioksida (Ton)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Pertumbuhan Konsumsi Listrik Kawasan Permukiman Kota Semarang

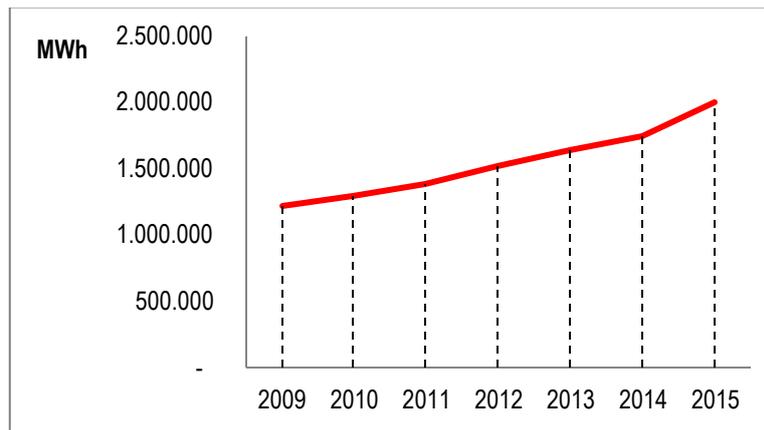
Konsumsi energi listrik di kawasan permukiman dalam penelitian ini dibagi berdasarkan sektor penggunaannya, yaitu rumah tangga, industri, komersial, dan pemerintahan dalam kurun waktu lima tahun, yaitu 2009-2015. Secara keseluruhan, pertumbuhan konsumsi energi listrik di Kota Semarang mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan laju pertumbuhan yang kurang stabil dalam kisaran 6% s.d. 11% dan rata-rata 7,42%. Laju pertumbuhan tertinggi terjadi pada tahun 2015 dengan 11,22%. Jika dilihat dari pertumbuhan nilainya, peningkatan konsumsi listrik Kota Semarang setiap tahunnya memiliki rata-rata sebesar 320.550 MWh, dengan nilai terendah 240.702 MWh pada tahun 2011 dan tertinggi pada tahun 2015 dengan 514.675 MWh. Sepanjang tahun penelitian, proporsi konsumsi energi listrik di Kota Semarang selalu didominasi oleh sektor rumah tangga (39%) dan industri (37%).

Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Konsumsi Energi Listrik Kota Semarang Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)



Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhang Jie, dkk. (2015), terdapat beberapa faktor makro yang mempengaruhi emisi dari penggunaan listrik, seperti PDRB perkapita, rata-rata suhu tahunan, dan kepadatan penduduk dan kawasan. Jumlah pelanggan pada sektor rumah tangga di Kota Semarang terus meningkat dan berjumlah sangat banyak. Selain itu, luas kawasan perumahan di Kota Semarang adalah 203 km² atau 54,28% dari luas Kota Semarang (Bappeda, 2010) dan masyarakat di Kota Semarang memiliki preferensi tempat tinggal di rumah tapak. Pertumbuhan ekonomi memiliki dampak yang positif terhadap emisi karbon dioksida, di mana daerah yang memiliki PDRB perkapita yang tinggi serta proporsi sektor industri yg dominan dalam PDRB, cenderung memiliki tingkat konsumsi energi yang lebih tinggi karena adanya daya beli masyarakat terhadap energi listrik (Jie et al, 2015). Sektor industri sendiri hanya memiliki luas 24 km² atau 6,42% dari luas Kota Semarang, namun dalam perekonomian Kota Semarang, sektor industri merupakan kontributor terbesar kedua yaitu sekitar 23% dari PDRB Kota Semarang. Sektor komersial memiliki kontribusi terbesar dalam PDRB Kota Semarang yaitu sebesar 28%.

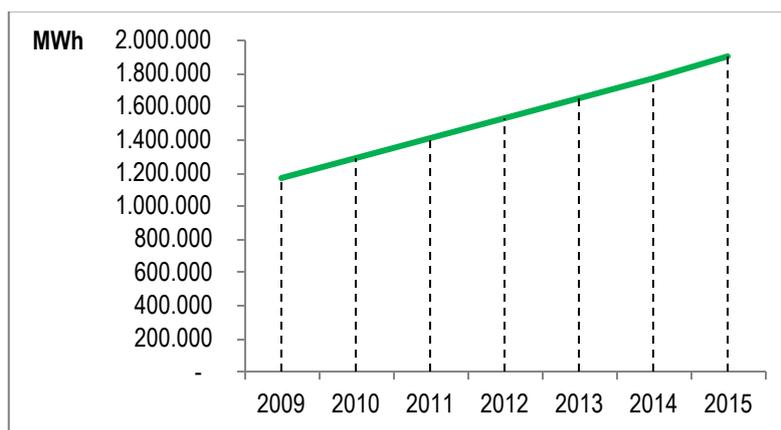
Sektor rumah tangga merupakan sektor yang berpengaruh dalam konsumsi listrik Kota Semarang dengan menyumbang 39% dari total konsumsi energi listrik Kota Semarang. Konsumsi listrik rumah tangga biasa digunakan masyarakat untuk penerangan, pendingin ruangan, dan penggunaan alat elektronik. Pertumbuhan konsumsi energi listrik pada sektor rumah tangga dari tahun 2012 hingga 2016 cenderung stabil yaitu berkisar pada 1.200.000-2.000.000 MWh. Laju pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor rumah tangga pada tahun 2010 adalah 7,21% kemudian menurun menjadi 6,26% pada tahun 2011, kemudian meningkat pesat hingga 14,11% pada tahun 2015. Jumlah pelanggan PLN pada sektor rumah tangga pada tahun 2009-2015 meningkat dari 947.555 menjadi 1.262.762 pelanggan. Jumlah pelanggan sektor rumah tangga yang mengalami pertumbuhan signifikan di tahun 2015 adalah pelanggan untuk kelas menengah dengan daya 3500 VA-5500 VA di mana kondisi perekonomian dari golongan tersebut juga tergolong mampu, sehingga memiliki tingkat konsumsi listrik yang lebih tinggi. Jumlah konsumsi listrik per-pelanggan pada sektor ini berkisar antara 1285,77 KWh/pelanggan hingga 1584,70 KWh/pelanggan. Jumlah ini jauh lebih kecil dibandingkan sektor-sektor lain karena banyaknya jumlah pelanggan pada sektor rumah tangga.

Gambar 2. Pertumbuhan Konsumsi Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)**Tabel 2.** Konsumsi Energi Listrik Per-Pelanggan Sektor Rumah Tangga Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)

Tahun	Jumlah Pelanggan	Konsumsi Listrik (KWh)	Konsumsi Listrik/Pelanggan
2009	947.555	1.218.338.000	1285.77
2010	992.853	1.306.131.000	1315.53
2011	994.874	1.390.960.000	1398.13
2012	1.104.046	1.517.810.632	1374.77
2013	1.172.590	1.650.274.897	1407.38
2014	1.214.871	1.753.641.849	1443.48
2015	1.262.762	2,001,098.153	1584.70

Konsumsi energi listrik dari sektor industri merupakan yang terbesar kedua di Kota Semarang yaitu 37% dari keseluruhan total konsumsi listrik Kota Semarang. Aktivitas industri di Kota Semarang memang termasuk yang terbesar di Provinsi Jawa Tengah. Saat ini terdapat enam kawasan industri besar di Kota Semarang, yaitu di Kecamatan Genuk, Mijen, Tugu, Ngaliyan, Pedurungan, dan Semarang Utara. Konsumsi listrik sektor industri merupakan sektor dengan pertumbuhan paling stabil. Laju pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor industri berkisar pada angka 6,8%-10,05% pada tahun 2009-2015 dengan rata-rata laju perubahan 8,38%. Total konsumsi listrik tertinggi berada pada tahun 2015 dengan 1.900.025 MWh dan dengan rata-rata 1.533.579 MWh. Peningkatan konsumsi listrik pada sektor industri merefleksikan adanya peningkatan produksi setiap tahunnya.

Jumlah industri sedang di Kota Semarang ada 235 industri yang didominasi oleh industri makanan/minuman (22%), kemudian penerbitan/percetakan (16%), dan karet/barang dari karet dengan 12% (BPS, 2010). Berdasarkan Kementerian Perindustrian RI (2012), industri makanan/minuman, barang dari karet, dan industri tekstil termasuk dalam golongan industri yang lahap energi, khususnya energi listrik paling banyak digunakan oleh industri tekstil, barang dari kulit dan alas kaki. Di antara berbagai jenis industri tersebut, industri karet/barang dari karet, tekstil, makanan/minuman, funitur, dan kertas/percetakan secara berturut-turut merupakan industri dengan konsumsi energi listrik paling tinggi di Kota Semarang (BPS, 2010). Hal ini juga yang menyebabkan konsumsi listrik per-pelanggan pada sektor ini menjadi yang tertinggi dari sektor lainnya, selain karena jumlah pelanggan yang paling sedikit, juga dari besaran konsumsi listrik yang tinggi, yaitu mencapai 1200 MWh/pelanggan.

Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Konsumsi Energi Listrik Sektor Industri Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)**Tabel 3.** Konsumsi Energi Listrik Per-Pelanggan Sektor Industri Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)

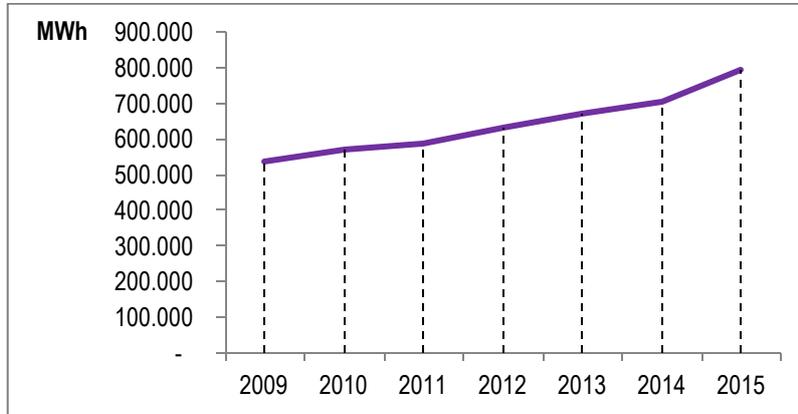
Tahun	Jumlah Pelanggan	Konsumsi Listrik (MWh)	Konsumsi Listrik/Pelanggan
2009	1.196	1.172.554	980,39
2010	1.205	1.290.351	1.070,83
2011	1.210	1.416.852	1.170,95
2012	1.316	1.528.676	1.161,61
2013	1.416	1.647.568	1.163,53
2014	1.449	1.779.028	1.227,76
2015	1.556	1.900.025	1.221,09

Konsumsi energi listrik pada sektor komersial terus mengalami peningkatan hingga 2015 dengan nilai tertinggi 795.033 MWh pada tahun 2015 dan rata-rata 719.177 MWh. Laju pertumbuhan konsumsi energi listrik tertinggi pada sektor komersial adalah pada tahun 2015 dengan 13%, dan terendah adalah pada tahun 2011 dengan 2,91%. Pertumbuhan yang positif menunjukkan adanya permintaan yang meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas pada sektor komersial. Sektor komersial juga telah memberikan sumbangan yang besar terhadap PDRB Kota Semarang dengan besaran yang terus meningkat pula. Jumlah pelanggan listrik PLN pada sektor komersial mengalami peningkatan yang signifikan dan stabil sejak tahun 2012. Tercatat ada sekitar 4000 pendaftar setiap tahunnya dengan didominasi oleh pelanggan pada sektor menengah ke bawah karena itulah meskipun jumlah pelanggan meningkat cukup tajam namun jumlah konsumsi tidak. Jumlah konsumsi listrik per-pelanggan mengalami cenderung mengalami penurunan karena nilai tertinggi justru diraih pada tahun 2012 dengan 11.176 KWH, dan mencapai titik terendah pada tahun 2014 dengan 10.406 KWH. Hal ini dikarenakan jumlah pelanggan yang banyak namun konsumsi listrik yang dibutuhkan tidak begitu besar. Selain itu, banyak perdagangan dan jasa di Kota Semarang yang belum stabil sehingga berpengaruh pada konsumsi listrik yang digunakan.

Jumlah pelanggan listrik PLN pada sektor komersial mengalami peningkatan yang signifikan dan stabil sejak tahun 2012. Tercatat ada sekitar 4000 pendaftar setiap tahunnya dengan didominasi oleh pelanggan pada sektor menengah ke bawah karena itulah meskipun jumlah pelanggan meningkat cukup tajam namun jumlah konsumsi tidak. Jumlah konsumsi listrik per-pelanggan mengalami cenderung mengalami penurunan karena nilai tertinggi justru diraih pada tahun 2012 dengan 11.176 KWH, dan mencapai titik terendah pada tahun 2014 dengan 10.406 KWH. Sektor pemerintahan terdiri dari kantor-kantor instansi pemerintah, gedung badan sosial, fasilitas sosial dan penerangan jalan. Dibandingkan sektor-sektor lainnya, konsumsi energi listrik sektor pemerintahan memiliki tingkat konsumsi paling rendah. Kontribusi sektor ini terhadap total konsumsi energi listrik Kota Semarang hanyalah 8% dengan nilai yang berkisar antara 250.000 MWh s.d. 400.000 MWh. Meskipun demikian, sektor ini memiliki laju pertumbuhan yang tinggi yaitu 8,42%. Jumlah pelanggan dalam sektor pemerintahan ini didominasi oleh fasilitas sosial yaitu sekitar 70% dari total 43.246 pelanggan. Jumlah konsumsi listrik per-pelanggan pada sektor ini terus mengalami

peningkatan seiring dengan peningkatan jumlah pelanggan dan total konsumsi listrik. Namun, peningkatan yang terjadi cenderung stabil hingga terjadi lonjakan pada tahun 2015 di mana peningkatan konsumsi yang biasanya 8.500 KWH/pelanggan pada setiap tahunnya menjadi 9.368 KWH/Pelanggan.

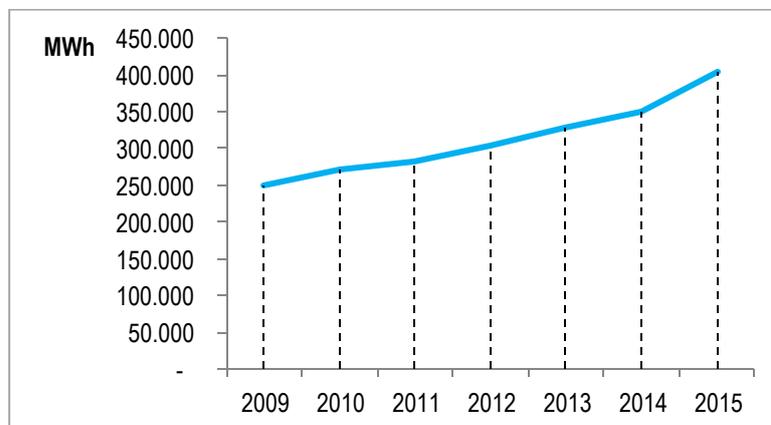
Gambar 4. Pertumbuhan Konsumsi Energi Listrik Sektor Komersial Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)



Tabel 4. Konsumsi Energi Listrik Per-Pelanggan Sektor Komersial Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)

Tahun	Jumlah Pelanggan	Konsumsi Listrik (KWh)	Konsumsi Listrik/Pelanggan
2009	49.515	536.965.000	10.844,49
2010	50.679	571.859.000	11.283,94
2011	50.729	588.517.000	11.601,19
2012	56.486	631.304.916	11.176,31
2013	61.254	673.754.832	10.999,36
2014	67.609	703.580.571	10.406,61
2015	73.900	795.033.020	10.758,23

Gambar 5. Pertumbuhan Konsumsi Energi Listrik Sektor Pemerintahan Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)



Tabel 5. Konsumsi Energi Listrik Per-Pelanggan Sektor Pemerintahan Tahun 2009-2015 (PLN, 2016)

Tahun	Jumlah Pelanggan	Konsumsi Listrik (KWh)	Konsumsi Listrik/Pelanggan
2009	31.105	250.168.000	8.042,69
2010	32.792	270.826.000	8.258,90
2011	32.850	283.540.000	8.631,35
2012	36.126	304.042.480	8.416,17
2013	38.827	327.801.548	8.442,62
2014	40.748	350.397.431	8.599,13
2015	43.246	405.166.249	9.368,87

Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Listrik Tiap Sektor dengan Emisi Karbon Dioksida

Energi listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik, yang sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil. Di Kota Semarang sendiri satu-satunya pembangkit listrik berada di kawasan Tambak Lorok. Berdasarkan data yang diperoleh melalui BLH Kota Semarang, hingga tahun 2010 pembangkit listrik di Kota Semarang masih menggunakan batu bara sebagai bahan bakar, namun kemudian beralih ke diesel dan MFO sejak tahun 2011 (BLH, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa suplai energi listrik untuk Kota Semarang masih bergantung pada bahan bakar fosil, karena pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan belum banyak digunakan di Indonesia karena harga investasi yang mahal. Kawasan permukiman memiliki berbagai aktivitas yang membutuhkan banyak energi listrik. Tanpa energi listrik, aktivitas di dalam kawasan permukiman tidak akan berjalan dengan semestinya, begitulah pentingnya peran listrik dalam aktivitas di kawasan permukiman. Pembakaran bahan bakar fosil pada pembangkit listrik tersebut menghasilkan emisi karbon dioksida yang merupakan salahsatu gas yang menyebabkan pemanasan global.

Analisis keterkaitan konsumsi energi listrik tiap sektor dengan emisi karbon dioksida, analisis ini meneliti keterkaitan konsumsi energi listrik pada kawasan permukiman yang dibagi ke dalam empat sektor utama, yaitu sektor rumah tangga, industri, komersial dan pemerintahan terhadap emisi karbon dioksida Kota Semarang. Sehingga akan diketahui apakah konsumsi energi listrik memiliki korelasi dengan emisi karbon dioksida serta sektor mana yang memiliki keterkaitan yang paling erat. Dalam analisis ini, konsumsi energi listrik pada tiap sektor akan menjadi variabel bebas, dan emisi karbon dioksida Kota Semarang sebagai variabel terikatnya. Metode yang digunakan adalah analisis regresi yang dilakukan dengan bantuan software statistik SPSS. Keterkaitan dari variabel bebas dan terikat dalam analisis ini akan dilihat melalui tabel correlations sebagai berikut.

Tabel 6. Pearson Correlation (Analisis, 2016)

Variabel Bebas (Sektor)	Pearson Correlation	Sig.
Industri	0,983	0,000
Rumah Tangga	0,951	0,001
Komersial	0,940	0,001
Pemerintahan	0,933	0,001

Dalam tabel pearson correlations di atas, dapat dilihat korelasi dari masing-masing variabel, di mana semakin mendekati 1 atau -1 nilai pearson correlation maka korelasi antara kedua variabel tersebut semakin kuat. Suatu variabel dikatakan berkorelasi apabila nilai pearson correlation-nya bukan 0. Signifikansi keterkaitan setiap variabel dapat dilihat melalui nilai Sig. di mana dikatakan ada keterkaitan yang signifikan jika nilai Sig. berada di bawah 0,05. Nilai Sig. dari semua variabel bebas yang digunakan berada di bawah 0,05 sehingga variabel bebas memiliki keterkaitan dengan variabel terikat dan H₀ ditolak, atau berarti konsumsi energi listrik tiap sektor pada kawasan permukiman memiliki keterkaitan yang signifikan dengan emisi karbon dioksida. Berdasarkan tabel di atas, variabel dengan keterkaitan tertinggi hingga terendah secara berurutan adalah sektor industri, rumah tangga, komersial, lalu pemerintahan.

Seluruh variabel memiliki nilai Sig. di bawah 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa variabel bebas memiliki keterkaitan dengan variabel terikat.

Tabel 7. Model Summary (Analisis, 2016)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	.999	.997	21706.99895

Tabel model summary menunjukkan bahwa dari analisis ini dihasilkan satu model yang akan digunakan dalam analisis regresi. Dalam tabel Model summary, nilai R² menunjukkan seberapa besar kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel terikat atau dependen. Nilai R² dalam tabel di atas adalah 0,999 sehingga dapat dikatakan pengaruh ketiga variabel bebas terhadap variabel terikat adalah 99,9% (0,999 x 100%), atau pengaruh konsumsi listrik sektor industri, rumah tangga, komersial dan pemerintahan terhadap perubahan emisi karbon dioksida adalah 99,9%. Sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar variabel yang diujikan tersebut. Inventarisasi emisi karbon dioksida Kota Semarang dilakukan pada berbagai sektor antara lain pengadaan dan penggunaan energi, proses industri dan penggunaan produk, pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan, dan pengelolaan limbah. Namun dari seluruh sektor tersebut pengadaan dan penggunaan energi merupakan kontributor terbesar, yaitu mencapai lebih dari 90% dari total emisi karbon dioksida Kota Semarang. Dalam sektor pengadaan dan penggunaan energi sendiri konsumsi energi listrik merupakan sumber emisi terbesar yaitu lebih dari 50% dari total emisi karbon dioksida sektor pengadaan dan penggunaan energi.

Analisis pengaruh Konsumsi energi listrik tiap sektor dengan emisi karbon dioksida, setelah diketahui variabel bebas mana saja yang memiliki korelasi dengan variabel terikat, dilakukan analisis yang mengidentifikasi pengaruh dari masing-masing variabel bebas tersebut. Dari analisis ini diharapkan dapat diketahui besarnya pengaruh atau peran dari masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat. Jika dalam tahap sebelumnya setiap variabel dianalisis secara terpisah, dalam tahap analisis ini ketiga variabel bebas dianalisis sebagai satu kesatuan model regresi.

Tabel 8. ANOVA (Analisis, 2016)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11268811818.698	4	2.817E11	597.889	.002 ^a
	Residual	942387607.156	2	4.711E8		
	Total	1127829199425.855	6			

Tabel ANOVA melihat apakah variabel-variabel bebas dapat secara simultan memberikan dampak yang nyata terhadap variabel terikat sehingga persamaan yang dihasilkan layak untuk digunakan. Penilaian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Sig. pada tabel dan nilai derajat kepercayaan, dimana variabel bebas dikatakan secara simultan berpengaruh terhadap variabel terikat jika memiliki nilai Sig. yang kurang dari $\alpha=0,05$ atau jika nilai F hitung > nilai F tabel. Jika demikian, maka H₀ ditolak, dan variabel bebas secara simultan mempengaruhi variabel dependen. Angka Sig. Pada table ANOVA menunjukkan 0,002 yang lebih kecil dari derajat kepercayaan yaitu 0,05 sehingga H₀ ditolak. Di mana artinya dari 100%, model regresi yang dihasilkan dalam analisis ini, hampir 99,99% mampu menggambarkan kondisi real di lapangan.

Nilai dari koefisien pada tabel 9 akan dijadikan sebagai koefisien variabel bebas pada persamaan regresi. Analisis regresi selain digunakan untuk menentukan sifat-sifat dan kekuatan hubungan antara dua variabel, juga dapat memprediksi nilai dari suatu variabel yang belum diketahui dengan didasarkan pada observasi masa lalu terhadap variabel-variabel yang diteliti. Berdasarkan persamaan regresi yang telah diperoleh, terdapat dua variabel bebas yang memiliki nilai positif yaitu konsumsi energi listrik sektor industri dan komersial. Sedangkan konsumsi energi listrik sektor rumah tangga dan pemerintahan memiliki nilai negatif. Tanda negatif pada persamaan regresi bukan menunjukkan nilai yang lebih rendah dari tanda positif melainkan arah hubungan. Tanda negatif pada koefisien menunjukkan arah korelasi yang berkebalikan, sedangkan nilai yang positif menunjukkan korelasi yang searah.

Nilai negatif pada konstanta pada umumnya terjadi apabila rentang nilai yang jauh antara variabel terikat dengan variabel bebas. Nilai sig. pada setiap koefisien berfungsi untuk menggambarkan kemampuan masing-masing variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat secara individu (Sugiyono & Wibowo, 2002). Variabel bebas dikatakan mampu mempengaruhi variabel terikat secara individu jika nilai signifikansinya berada di bawah 0,05. Pada tabel di atas ditunjukkan bahwa semua nilai sig. berada di bawah 0,05 kecuali pada variabel rumah tangga yang memiliki sig. 0,05 sehingga dapat dikatakan variabel ini tidak memiliki pengaruh terhadap emisi karbon dioksida.

Selain itu, pada kolom VIF terlihat bahwa semua variabel memiliki nilai VIF di atas 10. Nilai VIF menunjukkan tingkat multikolinearitas pada variabel, Apabila nilai VIF berada dibawah 10 dan nilai Tolerance lebih dari 0,1, maka diambil kesimpulan bahwa model regresi tersebut tidak terdapat masalah multikolinearitas. Berdasarkan tabel di atas, nilai tolerance seluruh variabel berada di bawah 0,1 dan nilai VIF seluruh variabel berada jauh di atas 10, karena itu dapat disimpulkan bahwa terdapat multikolinearitas pada variabel. Untuk itu dilakukan analisis regresi ulang dengan mensubstitusi variabel konsumsi energi listrik per-sektor dengan jumlah konsumsi energi listrik kawasan permukiman secara keseluruhan yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

Tabel 9. Koefisien (Analisis, 2016)

	Variabel	Koefisien	Sig.	Tolerance	VIF.
1	Konstanta	-1711139.174	.083		
2	INDUSTRI	3.678	.009	0,010	103.289
3	RUMAHTANGGA	-5.412	.050	0,001	1513.027
4	KOMERSIAL	23.144	.026	0,001	1428.121
5	SOSIAL_PEMERINTAHAN	-20.890	.035	0,002	575.587

3.3 Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Listrik Keseluruhan dengan Emisi Karbon Dioksida

Analisis keterkaitan konsumsi energi listrik keseluruhan dengan emisi karbon dioksida analisis ini melihat ada atau tidaknya keterkaitan antara emisi karbon dioksida dengan jumlah konsumsi energi listrik kawasan permukiman secara komprehensif. Jika analisis sebelumnya membagi konsumsi energi listrik ke dalam empat sektor yaitu rumah tangga, industri, komersial, dan pemerintahan, maka dalam analisis ini konsumsi energi listrik dari keempat sektor tersebut akan dijumlah sehingga diperoleh konsumsi energi listrik total. Dalam analisis ini, emisi karbon dioksida merupakan variabel terikat dan konsumsi energi listrik merupakan variabel bebas.

Tabel 10. Pearson Correlation (Analisis, 2017)

Variabel Bebas	Pearson Correlation	Sig.
Total Konsumsi Listrik	0,960	0,000

Berdasarkan tabel di atas, diketahui nilai pearson correlation antara kedua variabel adalah 0,96 atau mendekati satu, sehingga dapat dikatakan terdapat keterkaitan yang sangat erat antara emisi karbon dioksida dengan konsumsi energi listrik. Nilai Sig. yang berada di bawah 0,05 menunjukkan adanya keterkaitan yang signifikan antara kedua variabel. Sehingga, dapat diperoleh informasi bahwa peningkatan atau penurunan emisi karbon dioksida dapat dipengaruhi oleh konsumsi energi listrik.

Tabel 11. ANOVA (Analisis, 2017)

R	R Square	Adjusted R Square	R Square Change	Durbin-Watson
.960a	.921	.906	.921	1.239

Berdasarkan pada Tabel Model Summary, diperoleh satu model dalam analisis ini dengan nilai R 0,96 dan nilai R-Square 0,92. Nilai R2 menunjukkan bahawa model mampu menjelaskan variabel dependen atau

terikat dengan nilai 0,92 atau 92,1% ($0,921 \times 100\%$), atau pengaruh konsumsi listrik kawasan permukiman terhadap perubahan emisi karbon dioksida adalah 92,1%. Sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar variabel yang diujikan tersebut.

Analisis pengaruh konsumsi energi listrik keseluruhan dengan emisi karbon dioksida, berdasarkan hasil analisis sebelumnya, diperoleh hasil bahwa variabel bebas dan terikat, yaitu konsumsi energi listrik total dengan emisi karbon dioksida memiliki keterkaitan yang kuat dan signifikan.

Tabel 12. ANOVA (Hasil Analisis Penulis, 2017)

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1039248794930.912	1	1039248794930.912	58.661	.001 ^a
	Residual	88580404494.943	5	17716080898.989		
	Total	1127829199425.855	6			

Nilai Sig. pada tabel ANOVA di atas menggambarkan apakah variabel bebas memiliki pengaruh terhadap variabel terikat, di mana variabel bebas dikatakan secara simultan berpengaruh terhadap variabel terikat jika memiliki nilai Sig. yang kurang dari $\alpha=0,05$ atau jika nilai F hitung > nilai F tabel. Jika demikian, maka H_0 ditolak, dan variabel bebas secara simultan mempengaruhi variabel dependen. Angka Sig. Pada table ANOVA menunjukkan 0,001 yang lebih kecil dari derajat kepercayaan yaitu 0,05 sehingga H_0 ditolak. Di mana artinya dari 100%, model regresi yang dihasilkan dalam analisis ini, hampir 99,99% mampu menggambarkan kondisi real di lapangan.

Tabel 13. Koefisien (Hasil Analisis Penulis, 2017)

	Variabel	Koefisien	Sig.	Tolerance	VIF.
1	Konstanta	1389846.306	.008		
2	Total Konsumsi Listrik	.621	.001	1.000	1.000

Nilai VIF pada tabel koefisien regresi di atas menunjukkan ada atau tidaknya multikolinearitas pada model regresi. Hal ini sesuai dengan pendapat Gujarati (2010) yang menyatakan bahwa multikolinearitas dapat juga dilihat dari nilai Variance Inflation Factor (VIF) yang bernilai maksimal 10 dan nilai tolerance di atas 0,1, ini tampak pada nilai VIF dalam model regresi yang tidak lebih besar dari 10 dan nilai tolerance yang berada di atas 0,1. Nilai VIF pada persamaan regresi di atas bernilai 1 atau berada sangat jauh di bawah angka 10, dan nilai tolerance-nya adalah 1 atau lebih besar dari 0,1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinieritas dalam model ini, atau tidak ada korelasi antar variabel independen dalam model regresi ini. Nilai Sig. menggambarkan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, di mana nilai Sig. harus berada di bawah $\alpha = 0,05$ untuk dapat dikatakan memiliki pengaruh terhadap variabel terikat. Pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai Sig. berada di bawah 0,05 yaitu 0,008 dan 0,001 pada baik konstanta maupun variabel konsumsi listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa konsumsi energi listrik berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Koefisien pada variabel konsumsi listrik bernilai 0,621 atau berarti setiap kenaikan 1% konsumsi energi listrik akan berdampak pada peningkatan emisi karbon dioksida sebesar 0,621%. Berdasarkan hasil analisis di atas, maka persamaan regresi yang terbentuk adalah:

$$Y = 1389846.306 + 0.621X$$

$$Y = \text{Emisi Karbon Dioksida} \quad X = \text{Konsumsi Energi Listrik}$$

Nilai koefisien korelasi konsumsi energi listrik kawasan permukiman terhadap emisi karbon dioksida di atas tergolong kuat. Berdasarkan jumlah konsumsi energi listrik pada tahun terbaru penelitian (2015), sektor rumah tangga memiliki jumlah konsumsi listrik sebesar 5.101.322 MWh, maka jika terjadi peningkatan konsumsi listrik sebesar 1%, jumlah emisi karbon dioksida akan meningkat sebesar 1.421.525,52 ton. Lean dan smyth (2009) menganalisis analisis sebab akibat antara konsumsi energi, emisi karbon dioksida, dan pendapatan pada negara-negara ASEAN menggunakan panel vector error correction model. Hasilnya menunjukkan adanya dampak positif jangka panjang yang signifikan antara konsumsi listrik dengan emisi CO₂. Hal serupa juga diungkapkan oleh Apergis dan Payne (2009), yang melakukan penelitian

terhadap negara-negara persemakmuran, yaitu pada jangka panjang konsumsi energi memberikan dampak yang signifikan terhadap emisi karbon dioksida.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh konsumsi energi listrik di kawasan permukiman, Konsumsi energi listrik kawasan permukiman berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida di kota Semarang. Setiap 1 % kenaikan konsumsi energi listrik terhadap total konsumsi energi listrik tahun 2015 berkontribusi terhadap emisi karbon dioksida sebesar 1.421.525,52 ton. Sektor rumah tangga memiliki total konsumsi energi listrik terbesar, disusul dengan sektor industri, komersial, dan pemerintahan. Namun, jumlah pelanggan pada sektor rumah tangga juga jauh lebih banyak dibandingkan sektor lainnya yang mengakibatkan konsumsi listrik per-pelanggannya jauh lebih rendah jika dibandingkan sektor lainnya. Sebaliknya, sektor industri memiliki jumlah pelanggan yang sedikit sehingga jumlah konsumsi listrik per-pelanggannya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sektor lainnya.

5. REFERENSI

- Apergis, N., & Payne, J. (2009). CO2 Emissions, Energy Usage, and Output in Central America. *Energy Policy*, 3282-3286.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang. (2016). Laporan Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Kota Semarang. Semarang: BLH
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2011). Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. Jakarta: Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Jawa Tengah dalam Angka 2014. Semarang: BPS.
- Badan Pusat Statistik (2016). Semarang dalam Angka 2015. Semarang: BPS.
- Badan Pusat Statistik, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Semarang. (2010). Statistik Industri Besar & Sedang Kota Semarang 2009. Semarang: BAPPEDA.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Tinjauan PDRB Kab/Kota Se-Jawa Tengah 2014. Semarang: BPS Jawa Tengah.
- Brannen, J. (2005). Memadu Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset.
- Hasan, I. (2012). Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif). Jakarta: Bumi Aksara.
- Kais, S., & Sami, H. (2016). An Econometric Study of The Impact of Economic Growth and Energy Use on Carbon Emissions: Panel Data Evidence from Fifty Eight Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1101-1110.
- Kementerian ESDM. (2015). Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi. Jakarta: ESDM.
- Kementerian ESDM. (2013). Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM.
- Kementerian Perindustrian. (2012). Perencanaan Kebutuhan Energi Sektor Industri dalam Rangka Akselerasi Industrialisasi. Jakarta: Biro Perencanaan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2009). CO2 Emissions, Electricity Consumption, and Output in ASEAN. Monash University Business and Economics.
- Seto, K. C., Dhakal, S., Bigo, A., Blanco, H., Delgado, G. C., Dewar, D., et al. (2014). Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning. Dalam O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, et al., *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report (Vol. 5)*. Cambridge and Newyork: Cambridge University Press.
- Supranto, J. (1996). Statistik Teori dan Aplikasi. Jakarta: Erlangga.