



Sebuah Pendekatan Analisis Ekonomi dengan Model Input-Output (IO) Wassily Leontief

An Economic Analysis Approach with Wassily Leontief's Input-Output (IO) Model

Maidalena*

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
*Correspondence: maidalena@uinsu.ac.id

Abstract

This research is a literature review that focuses on the Input-Output (IO) Model problem. The research problem raised is how the Input-Output Model can provide valuable insights in understanding the relationship between economic sectors and their impact on the economic growth of a country or region. The objectives of this study are to explain the basic concepts of the Input-Output Model, identify the important role of Wassily Leontief in the development of this model, and illustrate the results of research that has been conducted using this model. The research methodology involves a comprehensive literature review related to the Input-Output Model, with a focus on the contributions of Wassily Leontief. Through the analysis of the literature, this study presents a view on how this model is used to forecast economic interactions between sectors, evaluate the impact of economic policies, and identify key sectors in the economy. The results of this study reveal that the Input-Output Model, pioneered by Wassily Leontief, has helped in understanding economic dynamics in a holistic way. The model allows policymakers to identify the most impactful sectors in the economy and anticipate the effects of changes in demand or production. In addition, this study also highlights the relevance of this model in measuring the multiplier effect and economic impact of investments in different sectors. By reviewing this literature, readers will gain a deeper understanding of the complexity of interactions in economic systems and the relevance of Input-Output models in economic analysis and policy-making..

Keywords : *Input-Output, Wassily Leontief, Literature Review*

Abstrak

Penelitian ini merupakan literature review yang berfokus pada masalah Model Input-Output (IO). Masalah penelitian yang diangkat adalah bagaimana Model Input-Output dapat memberikan wawasan yang berharga dalam memahami hubungan antar sektor ekonomi serta dampaknya terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara atau wilayah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan konsep dasar Model Input-Output, mengidentifikasi peran penting Wassily Leontief dalam pengembangan model ini, serta mengilustrasikan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan model ini. Metodologi penelitian ini melibatkan tinjauan literatur yang komprehensif terkait dengan Model Input-Output, dengan fokus pada kontribusi Wassily Leontief. Melalui analisis literatur, penelitian ini menyajikan pandangan tentang bagaimana model ini digunakan untuk meramalkan interaksi ekonomi antar sektor, mengevaluasi dampak kebijakan ekonomi, dan mengidentifikasi sektor-sektor kunci dalam ekonomi. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa Model Input-Output, yang dirintis oleh Wassily Leontief, telah membantu dalam memahami dinamika ekonomi dengan cara yang holistik. Model ini memungkinkan pembuat kebijakan untuk mengidentifikasi sektor-sektor yang paling berdampak

dalam ekonomi dan mengantisipasi efek dari perubahan dalam permintaan atau produksi. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti relevansi model ini dalam mengukur efek multiplier dan dampak ekonomi dari investasi pada berbagai sektor. Dengan mengkaji literatur ini, pembaca akan mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kompleksitas interaksi dalam sistem ekonomi dan relevansi model Input-Output dalam analisis ekonomi dan pengambilan kebijakan.

Kata Kunci : Input-Output, Wassily Leontief, Literature Review

1. PENDAHULUAN

Para ekonom berfokus pada inovasi dan mencapai efisiensi dengan mereduksi biaya produksi agar dapat memaksimalkan keuntungan serta meningkatkan konsumsi. Mereka menggambarkan perekonomian sebagai alur sirkuler antara produsen dan konsumen. Untuk dapat mengerti bagaimana cara memanipulasi perekonomian pada suatu negara atau daerah, kita harus mampu memodelkan beragam sektor yang ada pada perekonomian tersebut. Salah satu alat analisis yang lazim digunakan dalam Ilmu Ekonomi untuk mewujudkan suatu perencanaan pembangunan daerah yang baik dan terpadu dengan kegiatan-kegiatan lainnya adalah menggunakan Teknik Analisis Input-Output. Konsep analisis ini mula-mula diterapkan oleh seorang ekonom kelahiran Polandia bernama Wassily Leontief. Konsep ini mula-mula diterapkannya pada suatu penelitian yang membahas struktur perekonomian Amerika Serikat pada Tahun 1919-1929 dan beberapa tahun kemudian ditulis dalam bentuk buku ajar untuk perguruan tinggi. Model yang dirancang Leontief merupakan basis bagi banyak model yang sekarang digunakan di berbagai belahan dunia, dan dapat diterapkan diberbagai ukuran ekonomi mulai dari bisnis kecil hingga mencakup seluruh dunia.

Pada awalnya Wassily Leontief menyusun analisis input-output ini untuk membahas perekonomian berikut kebijakan pembangunan untuk suatu negara yang lazim disebut dengan Input-Output Nasional. Karena begitu besarnya manfaat dari teknik analisis Input-Output dalam membahas kondisi perekonomian dan sekaligus untuk menyusun dokumen perencanaan pembangunan, pada tahun 1973 Wassily Leontief dianugerahi hadiah *Noble Price Winer* untuk karyanya yang terkenal dan monumental tersebut. Tepatnya pada 18 Oktober 1973, Professor Leontief dianugerahi penghargaan Nobel pada bidang ekonomi atas karyanya tersebut (Miller & Blair, 2009). Sasaran utama dari model input-output Leontief yang dikembangkan pada tahun 1930-an itu adalah untuk mempelajari interdependensi antara beragam sektor dalam ekonomi.

Analisis yang menarik dalam teknik Input-Output ini adalah dapat ditunjukkannya keterkaitan ekonomi secara langsung dan tidak langsung antar sektor, baik dari segi input (*Backward Linkages*) maupun dari segi output (*Forward Linkages*). Teknik Input-Output juga dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan peramalan (prediksi) perkembangan kondisi perekonomian secara kuantitatif dimasa mendatang. Mengikuti Miller dan Blair (2009), formulasi Input-Output analisis dimulai dengan kenyataan umum dalam transaksi ekonomi bahwa hasil produksi (output) dari suatu kegiatan atau sektor (X_i) dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan input antara (z_i) untuk keperluan beberapa kegiatan atau sektor lain yang terkait dan sisanya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan permintaan akhir masyarakat (*Final Demand*). Hubungan transaksi ekonomi ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Unsur z_i pada ruas kanan persamaan di atas lazim dinamakan sebagai jumlah penjualan ke beberapa sektor terkait (*interindustry sales*), sedangkan unsur Y_i jumlah penjualan untuk memenuhi permintaan akhir. Dengan demikian, persamaan tersebut menunjukkan distribusi hasil produksi sektor i . Oleh karena dalam suatu perekonomian biasanya terdapat banyak (n) sektor, maka distribusi hasil produksi tersebut untuk keseluruhan sektor. Model input-output, ketika diaplikasikan secara tepat, dapat menjadi alat yang sangat berguna untuk memperkirakan bagaimana efek dari suatu perubahan pada aktivitas ekonomi. Misalnya efek perubahan jumlah permintaan pada Produk Domestik Bruto (PDB) suatu negara.

Model input-output Leontief terdiri atas dua jenis :

a. Model terbuka

Sebagian hasil produksi dikonsumsi oleh industri itu sendiri dan sisanya dikonsumsi oleh eksternal. Misalnya, pembangkit tenaga listrik beroperasi menggunakan energi listrik yang dihasilkannya, kemudian seluruh energi yang tersisa didistribusikan kepada masyarakat. Permasalahan yang sering dimunculkan pada model ini biasanya adalah “Temukan level produksi bila permintaan ditentukan.” Artinya kita harus menentukan seberapa besar level produksi yang harus dilakukan agar permintaan eksternal terpenuhi, sekaligus terpenuhinya kebutuhan dari internal sistem. Pada model ini, apabila sistem persamaan kita ubah menjadi persamaan matriks, maka persamaannya akan menjadi $x = Z_x + f$.

b. Model tertutup

Pada model ini, semua hasil produksi dikonsumsi oleh industri itu sendiri. Artinya, model ini mengasumsikan tidak ada permintaan dari luar sistem. Biasanya, masalah yang sering diselesaikan oleh model ini berkaitan dengan “Temukan harga relatif untuk setiap produk.” Model input-output Leontief tertutup dapat digambarkan melalui persamaan $x = A_x$.

Selanjutnya akan dibahas mengenai peranan energi dalam pertumbuhan ekonomi suatu negara. Menurut Sugiyono (2004), secara umum sasaran dari kebijakan energi, yaitu mengurangi ketergantungan pada minyak bumi sebagai sumber energi melalui diversifikasi dan intensifikasi sumber daya energi sudah cukup berhasil. Namun sasaran efisiensi penggunaan melalui konservasi dapat dikatakan gagal. Hal ini disebabkan adanya kontradiksi antara kebijakan konservasi dengan kebijakan pemberian subsidi BBM.

Telah banyak penelitian yang memberikan perhatian pada pentingnya energi untuk pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia, serta dampaknya terhadap pembangunan berkelanjutan. Dengan pendekatan Trinomial dan analisis trend, dapat dinyatakan bahwa konsumsi energi berdampak negatif terhadap lingkungan, dan pada waktu yang bersamaan berdampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Lebih lanjut dapat dinyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan harus dirasakan sebagai dimensi lain dari pertumbuhan ekonomi yang hanya dapat dicapai dengan produksi dan penggunaan energi berkelanjutan. Sehubungan dengan upaya untuk mengidentifikasi dampak energi secara keseluruhan, dapat dinyatakan bahwa konsumsi energi berkorelasi dengan pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂.

Kesadaran masyarakat akan pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor di kota-kota besar saat ini makin tinggi. Dari berbagai sumber bergerak seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal terbang dan kapal laut, kendaraan bermotor saat ini maupun dikemudian hari akan terus menjadi sumber yang

dominan dari pencemaran udara di perkotaan. Pesatnya pertumbuhan kemacetan lalu lintas telah menyebabkan meningkatnya tingkat emisi dan konsumsi energi di daerah perkotaan. Infrastruktur yang dirancang dengan baik dan pengendali lalu lintas bersamaan dengan kendaraan dan langkah kebijakan yang lebih efisien diperlukan untuk mengurangi kemacetan sehingga mengurangi emisi transportasi. Emisi CO₂, yang telah muncul sebagai perhatian utama untuk ditangani, telah menarik perhatian yang semakin meluas ke seluruh dunia. Saat ini, karena meningkatnya kekhawatiran akan dampak lingkungan dari emisi CO₂, ada banyak fakta yang membuktikan bahwa emisi gas rumah kaca, terutama emisi CO₂, mencerminkan sejumlah besar masalah lingkungan, seperti munculnya suhu global dan transfer-panas konduktansi daerah perkotaan dan kabut. Oleh karena itu, mengurangi emisi CO₂ telah menjadi penelitian pengembangan ekonomi baru di seluruh dunia.

Penggunaan model produksi Input-Output Leontief untuk aktivitas periode tetap sebagai model dengan persamaan sebagai berikut (Ebiefung & Udo, 1999):

$$y_j = \sum_{k=1}^n a_{jk} y_k + b_j$$

Dimana:

n = nomor dari perusahaan /sektor dalam sistem;

y_j = total output dari industri j ;

b_j = unit yang ada/dibutuhkan pada industri j untuk memenuhi permintaan

a_{jk} = koefisien yang menunjukkan unit yang diproduksi oleh industry j yang dibutuhkan oleh industri k .

Dengan menggunakan persamaan di atas, tujuan yang ingin mereka capai adalah suatu model matematika yang dapat mengendalikan pencemaran industri.

Penelitian lain menguji emisi CO₂ terkait energi yang dihasilkan oleh industri Beijing dari tahun 2000 sampai 2010 (Wei et al., 2016). Analisis input-output tiga skala yang membedakan kegiatan lokal, domestik dan internasional untuk mengevaluasi perwujudan fluks emisi bahan bakar yang terkait dengan bahan bakar oleh ibu kota China (Li et al., 2017). Negosiasi internasional untuk mengurangi emisi CO₂ menjawab pertanyaan tentang bagaimana menghitung emisi CO₂ setiap tahun dari satu kota. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menetapkan persediaan CO₂ yang terfokus pada emisi rantai pasokan emisi CO₂ dari setiap sektor, misal Pertanian, industri, transportasi dan industri tersier. Penelitian lainnya berusaha untuk mengkategorikan sumber emisi hulu untuk mengidentifikasi sektor-sektor penting yang berkontribusi paling besar terhadap perubahan iklim.

Salah satu masukan penting untuk proses produksi adalah energi. Konsumsi energi sebanding dengan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Konsumsi energi dan energi yang dipasok dari bahan bakar fosil dalam proses produksi, menyebabkan emisi karbondioksida (CO₂) dan kerusakan lingkungan. Dalam studi ini, hubungan kasual antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan emisi CO₂ diselidiki untuk sebelas negara OECD terpilih (Brasil, Prancis, Yunani, Italia, Republik Korea, Meksiko, Belanda, Polandia, Spanyol, Turki, Inggris, Amerika Serikat) dan Brasil selama periode 1970-2011.

Untuk mengevaluasi bagaimana perubahan sistem lalu lintas mempengaruhi penggunaan energi dan emisi, alat analisis lalu lintas digunakan bersamaan dengan model emisi. Pada model emisi perkotaan yang besar, model ini mengandalkan output agregat dari model lalu lintas, seperti kecepatan dan arus rata-rata. Model lalu lintas statis biasanya digunakan untuk menghasilkan masukan bagi model emisi, karena dapat diterapkan secara efisien ke area yang lebih luas dengan biaya komputasi yang relatif rendah. Namun, dalam beberapa kasus, asumsi mendasar mereka dapat menyebabkan prediksi kondisi lalu lintas yang tidak akurat dan karenanya diperkirakan tidak dapat diandalkan. Tujuan dari makalah tersebut adalah untuk menyelidiki dan mengukur kesalahan yang diperkenalkan oleh pemodelan statis dalam estimasi emisi dan kemudian mempertimbangkan sumber kesalahan tersebut, untuk menyarankan dan mengevaluasi solusi yang mungkin (Tsanakas et al., 2017).

Makalah lain berusaha menyelidiki dampak langsung dan tidak langsung dari kegiatan konsumsi rumah tangga terhadap konsumsi energi di China dari perspektif gaya hidup konsumen berdasarkan analisis input-output. Selain itu di Jepang ada penelitian yang bertujuan untuk menganalisis proposal pemerintah, dari perspektif panorama, mengenai dampak ekonomi dan lingkungan yang terkait dengan konstruksi dan pengoperasian sistem pemanfaatan hidrogen pada tahun 2030. Peneliti berfokus pada sistem transportasi laut untuk hidrogen yang diproduksi di luar negeri, pembangkit listrik turbin gas hidrogen, kendaraan sel bahan bakar dan stasiun hidrogen, serta sistem sel bahan bakar residensial (Nakano & Washizu, 2017). Pembangunan berkelanjutan merupakan pola pertumbuhan dimana sumber daya yang digunakan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia sekaligus melestarikan lingkungan sehingga kebutuhan tersebut dapat terpenuhi tidak hanya pada masa sekarang, namun juga untuk generasi yang akan datang. Salah satu komponen terpenting pembangunan berkelanjutan adalah perlindungan lingkungan yang secara global, beberapa tindakan telah dilakukan oleh masyarakat internasional. Tujuan mereka adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari emisi. Di bawah Protokol Kyoto, negara-negara anggota berkomitmen untuk mengurangi gas rumah kaca ke tingkat tahun 1990 atau lebih rendah sampai 2012-2010 (Ahmadi et al., 2014).

Efek rumah kaca juga merupakan salah satu penyebab dari peningkatan CO₂ yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan. Peningkatan dramatis mereka dipimpin oleh perubahan pola penggunaan lahan, penggundulan hutan, pembukaan lahan, pertanian, dan aktivitas manusia lainnya, yang mendorong salah satu tantangan utama yang dihadapi manusia saat ini, yaitu perubahan iklim. Konsentrasinya di atmosfer telah tumbuh pada tingkat dan besaran yang belum pernah terjadi sebelumnya. Peningkatan yang terjadi sejak awal era industri dan dipercepat di seluruh dunia, terutama sejak 1945. Emisi efek rumah kaca global tumbuh 70% dari tahun 1970 sampai 2004. Negara-negara yang paling berkontribusi dalam hal ini adalah negara-negara maju dan, belakangan, negara-negara BRIC, yang sedang melalui proses pertumbuhan ekonomi yang pesat. Hanya saja, Amerika Serikat menyumbang sekitar seperempat emisi gas rumah kaca di dunia (Camelia et al., 2012).

Sehubungan dengan perubahan iklim global, konsumsi energi dan emisi karbon dari sektor bangunan telah menjadi isu yang krusial dalam pembangunan berkelanjutan di China. Sementara analisis berbasis proses telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini, penelitian ini berusaha mengusulkan pendekatan input-hibrida yang dapat memperhitungkan energi dan emisi rantai pasokan oleh sektor bangunan China. Dalam hal sumber energi dan emisi, tiga lingkup didefinisikan, terutama ditujukan untuk keseluruhan siklus kehidupan sektor bangunan. Dengan

membagi siklus hidup ke tahap konstruksi, operasi, dan pembuangan, analisis berbasis ruang dan berbasis tahap dilakukan dengan menggunakan data statistik dalam negeri, dalam kisaran 1997-2012 (Zhang & Wang, 2016).

Dalam penelitian lain, dilakukan suatu pembangunan model yang berusaha untuk meramalkan pemakaian sektor energi primer terkait dengan emisi CO₂ di daerah China. Sedangkan penelitian dengan bahasan yang sama tapi cakupan yang lebih luas (beberapa negara) juga berusaha untuk menyelidiki penggunaan CO₂ dari 112 wilayah dari 57 sektor di dunia (Chen et al., 2010).

Penelitian mengenai emisi CO₂ yang dilakukakan di Indonesia juga ada yang dilakukan oleh beberapa peneliti. Sebuah penelitian yang bermaksud untuk mengetahui dan mengidentifikasi perubahan sektor kunci dalam emisi CO₂ selama periode 1990-1995 dengan menggunakan metode input-output untuk pemetaan industri dengan polusi terbesar diadakan pada tahun 2013. Pertumbuhan ekonomi memiliki korelasi positif dengan emisi karbon suatu negara. Menurut Bank Dunia (2007), Indonesia merupakan produsen emisi terbesar ketiga setelah Amerika Serikat dan China. Indonesia menghasilkan sekitar 3.014 ton CO₂ (MtCO₂e), 85% di antaranya disebabkan oleh deforestasi dan kerusakan lahan gambut yang mengandung karbon dalam jumlah besar.

Namun, konsumsi energi yang lebih tinggi tidak hanya disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi, namun juga oleh efisiensi energi yang rendah di Indonesia (Basri, 2009; Kusumawardhani, 2009). Berdasarkan *Review World Energy* (2004), Indonesia membutuhkan lebih dari 470 ton energi untuk menghasilkan PDB sebesar US \$ 1 juta dan Thailand membutuhkan sekitar 400 ton. Sementara itu, Jepang hanya membutuhkan 92.3 ton dan negara-negara OECD sekitar 200 ton.

Pembuat kebijakan memerlukan informasi komprehensif tentang penggunaan energi dan emisi CO₂ untuk membuat kebijakan yang tepat, terutama di sektor-sektor utama yang menunjukkan pertumbuhan signifikan di Indonesia. Informasi yang komprehensif diperlukan untuk sektor-sektor kunci dalam perekonomian Indonesia, terutama dalam konteks emisi CO₂ dari sektor-sektor, jika sektor-sektor tersebut didorong untuk menjadi sektor kunci dalam percepatan pembangunan ekonomi. Jika ini terjadi, akselerasi ekonomi yang mengandalkan sektor utama akan menghasilkan emisi CO₂ yang lebih tinggi pula. Oleh karena itu, kajian penting untuk mengidentifikasi apakah sektor utama menghasilkan CO₂ yang tinggi atau tidak.

2. METODE

Dengan menggunakan model produksi Input-Output Leontief untuk aktivitas periode tetap (Ebiefung & Udo, 1999) sebagai model yang kemudian dilakukan penyelesaian terhadap model tersebut dengan menggunakan model matematika dan perhitungan pemecahan masalah secara algoritma sehingga dapat memberikan pembuktian tentang suatu model solusi dalam penentuan hubungan teknologi terhadap limit pencemaran dari suatu sektor industri. Penelitian dengan menggunakan metode analisis input-output dan juga analisis dekomposisi struktural (SDA) yang digunakan untuk mengevaluasi faktor pendorong dari perspektif teknologi, hubungan sektoral, struktur ekonomi dan skala ekonomi (Wei et al., 2016).

Dengan menganalisis faktor kontribusi terhadap emisi CO₂ perkotaan, banyak penelitian sebelumnya telah meneliti alasan perbedaan emisi CO₂ dan mengusulkan cara optimal untuk mengurangi emisi CO₂. Metode yang sering digunakan meliputi metode

IPCC (IPCC, 2006), metode STIRPAT (Wang & Zhao, 2015; Wei et al., 2016), metode LMDI (Ang, 2005; Cansino et al., 2016), metode GFI(Wei et al., 2016). Metode Indeks Kaya (Mavromatidis et al., 2016), dan sebagainya. Metode berusaha untuk memeriksa faktor dampak yang berbeda pada emisi CO₂ terkait energi dan berpendapat bahwa tindakan yang berbeda harus diadopsi sesuai dengan wilayah. Namun, penelitian sebelumnya ini hanya mengadopsi indeks emisi CO₂ tunggal dan telah gagal untuk secara komprehensif menggambarkan keterkaitan antara sektor industri yang berbeda dan dampak dari hubungan sektoral dan faktor struktur ekonomi terhadap emisi CO₂.

Data terperinci mengenai setiap jenis bahan bakar fosil yang dikonsumsi oleh ekonomi Beijing dan ekonomi China dapat diperoleh dari Beijing Statistical Yearbook dan Chinese Energy Statistical Yearbook. Data sektoral penggunaan energi langsung pada skala global berasal dari database Eora. Tabel IO regional dengan perdagangan domestik dan internasional untuk Beijing 2010 berasal dari Biro Statistik Beijing. Ini adalah dataset terbaru yang telah membagi ekonomi Beijing menjadi 42 sektor. Tabel IO nasional ekonomi China disusun oleh Perhimpunan Input-Output China. Tabel IO ekonomi global juga berasal dari database Eora.

Periode analisis panjang yang umum digunakan pada model statis, serta ketidakmampuan model statis untuk menggambarkan fenomena arus lalu lintas yang dinamis dapat menyebabkan perkiraan emisi diperkirakan mendekati 40%. Untuk memperkirakan emisi total dengan lebih baik, kami mengusulkan pengembangan teknik memproses pos berdasarkan pendekatan kuasi-dinamis, yang berusaha menangkap lebih banyak kelebihan emisi yang diciptakan oleh variasi kondisi lalu lintas dan variasi temporal (Tsanakas et al., 2017).

Penelitian yang dilakukan di Jepang (Nakano & Washizu, 2017) dengan menggunakan Tabel Input-Output untuk Sistem Energi Generasi Berikutnya (IONGES), mengevaluasi keluaran induksi, tenaga kerja dan emisi CO₂ dari konstruksi dan pengoperasian teknologi hidrogen ini dengan menggunakan pendekatan yang seragam. Ini mungkin membantu saat mempertimbangkan desain masa depan untuk sistem energi Jepang. Dalam hal penggunaan hidrogen per 1 t-H₂, pengurangan CO₂ dari penggunaan FCVs jauh lebih tinggi daripada emisi CO₂ tambahan dari produksi asing dan pengangkutan hidrogen. Karena konstruksi baru jaringan pipa hidrogen tidak dianggap realistis, RFC diasumsikan mengkonsumsi hidrogen yang dihasilkan oleh pemurnian gas kota. Penelitian lain yang juga dilaksanakan untuk menguji tingkat pencemaran di sektor ekonomi Iran. Data dalam penelitian ini meliputi enam bahan bakar, bensin, minyak tanah, bahan bakar minyak, elpiji, gas alam dan minyak gas yang tersedia di neraca energi negara. Analisis Input-Output (IO) digunakan untuk menghitung emisi dari lima polutan, CO_x, NO_x, CO, HC dan SPM, yang membedakan 20 sektor ekonomi di Iran. Kemudian dengan teknik TOPSIS dan entropi tertimbang, lima polutan digabungkan dan tingkat pencemaran telah ditentukan.

Makalah yang membahas terkait dengan masalah gas rumah kaca akan menyelidiki dampak perubahan permintaan akhir sektor pariwisata terhadap emisi CO₂ karbon dioksida, dengan menggunakan pendekatan IO input-output lingkungan. Analisis empiris dikembangkan untuk Rumania, dengan menggunakan data ekonomi dan lingkungan (Camelia et al., 2012). Hasilnya menunjukkan bahwa energi rantai pasokan dan emisi Lingkup 3 berkontribusi secara signifikan terhadap keseluruhan siklus kehidupan dampak sektor bangunan, yang mungkin diremehkan dalam penilaian berbasis proses. Meskipun tahap operasi tampaknya menjadi satu dengan konsumsi dan emisi terbesar dalam umur sebuah bangunan tunggal, perhatian juga harus diberikan pada

tahap konstruksi. Energi dan emisi selama konstruksi merupakan bagian terbesar (lebih dari 60%) dalam siklus kehidupan sektor bangunan karena banyaknya proyek bangunan setiap tahunnya. Komponen energi dan komponen padat karbon juga dievaluasi, dan kemungkinan tindakan penghematan energi dan pengurangan karbon dibahas (Zhang & Wang, 2016).

Untuk melakukan peramalan terhadap pemakaian emisi CO₂ di China (Xiuliliu, 2013), diterapkan model Grey Neural Network and Input-Output combined Forecasting (GNF-IO), volume konsumsi batubara, minyak mentah dan gas alam dan volume emisi CO₂ terkait oleh 42 sektor China pada tahun 2010 diperkirakan. Volume emisi CO₂ yang terkait dengan energi di China pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 7508,56 juta ton, dimana 80,2 persen berasal dari konsumsi batubara, 17,6 persen berasal dari konsumsi minyak.

Penelitian di Indonesia yang berusaha untuk mengidentifikasi pengganda output tertinggi, emisi CO₂ dan perubahan permintaan akhir dari masing-masing sektor dilaksanakan dengan menggunakan metode input-output (Imansyah, dkk. 2013). Data tabel input-output energi, yang digunakan, adalah tabel input energi keluaran 1990 dan 1995 yang dibuat oleh Biro Pusat Statistik. Jalan untuk membuat Tabel Input Energi Indonesia dikembangkan oleh Biro Pusat. Banyak penelitian yang berkaitan dengan penggunaan energi dan efek emisi telah dilakukan dengan menggunakan analisis input-output (Camelia et al., 2012; Cansino et al., 2016; Mavromatidis et al., 2016; Miller & Blair, 2009; Wang & Zhao, 2015; Wei et al., 2016; Zhang & Wang, 2016).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dengan menggunakan model produksi Input-Output Leontief untuk aktivitas periode tetap (Ebiefung & Udo, 1999) memberikan suatu informasi tentang model matematika yang dapat mengendalikan pencemaran industri. Sedangkan metode analisis input-output dan juga analisis dekomposisi struktural (SDA) sebagai metode penelitian (Wei et al., 2016) memberikan hasil yang menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan emisi CO₂ sektoral di Beijing telah meningkat drastis selama ini dengan penurunan moderat selama 2007-2010. Industri pertambangan logam dan non-logam, sektor tenaga listrik, gas dan air bersih dan industri konstruksi menyebabkan emisi CO₂ yang paling banyak. Perubahan struktur ekonomi dan pertumbuhan ekonomi yang pesat menyebabkan kenaikan signifikan dalam pertumbuhan emisi CO₂ di Beijing. Dengan demikian, mengoptimalkan struktur ekonomi dan meningkatkan teknologinya penting untuk mengurangi emisi CO₂.

Emisi merkuri Beijing yang terwujud akibat konsumsi bahan bakar akhir adalah 7,79 t pada tahun 2010, lebih dari 3/4 di antaranya disebabkan oleh impor domestik dan internasional (Li et al., 2017). Temuan ini menunjukkan bahwa Beijing mengalihkan sebagian besar emisi merkuri yang terkait dengan bahan bakar ke daerah melalui perdagangan. Karena konstruksi infrastruktur berskala besar, formasi modal memberikan kontribusi terbesar jumlah emisi merkuri yang terkandung di antara semua jenis konsumsi akhir.

Pengaruh konsumsi energi dan PDB terhadap emisi CO₂ dianalisis dengan bantuan analisis data panel struktur jeda dalam sampel 11 negara OECD dan Brasil. Adanya ketergantungan cross section antara negara-negara di panel, dengan kata lain hipotesis bahwa kejutan ekonomi makro yang terjadi di salah satu negara yang dianalisis

akan mempengaruhi yang lain, dianalisis dengan uji CDLM yang dikembangkan oleh Berusch-Pagan (1980) Dan penyimpangan yang dikoreksi oleh Peseran, Ullah dan Yamagata dan ditentukan bahwa ada ketergantungan penampang silang dalam persamaan kointegrasi dan antara rangkaian GDP, konsumsi energi dan emisi karbon dari negara-negara yang dianalisis.

Hasilnya penelitian lain menunjukkan bahwa konsumsi energi China yang disebabkan oleh aktivitas konsumsi rumah tangga pada tahun 2012 menyumbang 24,7% dari total konsumsi energi awal. Konsumsi energi tidak langsung dari kegiatan konsumsi rumah tangga adalah 1,35 kali lebih banyak daripada konsumsi energi langsung. Kegiatan residensial menyebabkan konsumsi energi paling tidak langsung, sementara industri peleburan dan pengepresan logam besi merupakan sektor industri yang paling banyak mengkonsumsi energi yang dipengaruhi oleh konsumsi rumah tangga. Kami juga menemukan bahwa pola rendah karbon dan kemajuan teknologi yang dipercepat dapat mengurangi konsumsi energi tidak langsung secara efektif dengan analisis skenario.

Pengurangan CO₂ dari penggunaan RFC akan menurun berdasarkan komposisi listrik yang diperkirakan terjadi di Jepang pada tahun 2030, dengan syarat perluasan pembangkit listrik yang substansial dari sumber energi terbarukan (Nakano & Washizu, 2017). Namun, di bawah komposisi produksi listrik sekarang, kita dapat mengharapkan pengurangan CO₂ dalam jumlah tertentu dengan menggunakan RFC. Jika hidrogen langsung dipasok ke RFC, pengurangan CO₂ meningkat secara substansial. Dengan demikian, kita dapat mengurangi sejumlah besar emisi CO₂ jika berbagai sumber energi yang tidak terpakai tersebar di sekitar area lokal atau energi terbarukan yang tidak dimanfaatkan, seperti tenaga surya dan angin, dapat diubah menjadi hidrogen untuk dipasok ke FCV dan RFC.

Hasil penelitian terkait dengan efek dari gas rumah kaca yang dilakukan di Rumania menghasilkan suatu guncangan dalam permintaan akhir pariwisata akan mengungkapkan beban lingkungan yang ditransmisikan ke seluruh ekonomi dari perubahan persentase awal. Temuan kedua dari makalah ini menyangkut penurunan emisi CO₂ akibat perubahan intensitas CO₂ dari berbagai sektor produktif (Camelia et al., 2012). Penelitian dari negara China lainnya memberikan beberapa metode dan hasil analisis yang berguna, yang akan menjadi penting bagi masa depan pembangunan berkelanjutan industri bangunan China (Zhang & Wang, 2016).

Perakitan rantai pasokan telah dikonfigurasi secara global termasuk tidak hanya negara maju tapi juga negara berkembang seperti negara-negara Asia, misalnya Malaysia dan China. Di sisi lain, perlu pemanasan global untuk mengejar emisi gas rumah kaca (GRK) yang lebih rendah dalam rantai pasokan persediaan global (Guntara et al., 2020). Pilihan pemasok, yang memilih pemasok yang tepat untuk tujuan yang sesuai, harus diputuskan dengan mempertimbangkan tidak hanya biaya pengadaan tetapi juga emisi gas rumah kaca jika dapat diperkirakan. Selain itu, masing-masing bagian memiliki biaya pengadaan yang berbeda oleh pemasok sementara emisi GHG mereka bergantung pada masing-masing negara dan jenis bahan. Dengan demikian, ini memungkinkan rantai pasokan global untuk menyelaraskan emisi gas rumah kaca dan biaya dengan pengadaan suku cadang dari berbagai negara Asia. Studi ini mengusulkan pemilihan pemasok karbon rendah dan ekonomis dengan metode perkiraan emisi gas rumah kaca untuk masing-masing bagian menggunakan database LCI yang dikembangkan di antara negara-negara Asia, dan melakukan analisis berbasis material untuk meminimalkan biaya pengadaan dan pengurangan emisi gas rumah kaca.

Berdasarkan hasil emisi CO₂ sektor menunjukkan bahwa kerja efisiensi energi batubara dapat difokuskan pada listrik, produksi dan pasokan panas, peleburan logam besi dan industri pengolahan bergulir, industri pengolahan minyak bumi, kokas dan industri pengolahan bahan bakar nuklir. Pekerjaan efisiensi energi minyak mentah dapat ditekankan pada industri pengolahan minyak, kokas dan bahan bakar nuklir, bahan kimia mentah dan produk kimia. Secara global, emisi CO₂ yang terkandung dalam pembakaran bahan bakar fosil rumah tangga, konsumsi rumah tangga, konsumsi komoditas pemerintah, dan investasi masing-masing adalah 3,99, 13,83, 2,07, dan 5,22 Gt. Sebagai indikator untuk mengungkapkan rata-rata pendudukan kesejahteraan karbon, emisi CO₂ per kapita regional yang terkandung dalam permintaan akhir domestik bervariasi dari 0,12 t di Ethiopia menjadi 45,16 t di Sisa Amerika Utara. Ketidaksamaan yang parah antardaerah ditegaskan lagi oleh koefisien Gini yang tinggi untuk emisi CO₂ (0,56 untuk emisi langsung dan 0,58 untuk perwujudan). Dan akhirnya, kebocoran karbon antar wilayah dalam hal kebocoran bersih, tumpahan, dan pengalihan digambarkan melalui pembagian dunia menjadi tiga koalisi sesuai dengan status ekonomi masing-masing.

Hasil penelitian dari peneliti Indonesia yang berusaha untuk meneliti dengan menggunakan metode input-output ini menunjukkan bahwa ada pengurangan emisi di lima belas sektor-sektor kunci selama 1990 – 1995. Tidak ada perubahan yang signifikan dalam lima sektor kunci yang masih sebagai penghasil polusi terbesar. Pemerintah sebaiknya bekerjasama dengan pihak swasta agar bisa mewujudkan efisiensi penggunaan bahan bakar dalam metode produksi, teknologi dan penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Ada banyak kebijakan yang dikeluarkan dalam hal ini, namun sektor swasta masih belum tertarik untuk menerapkannya karena subsidi energi yang tinggi untuk bahan bakar fosil menghambat sektor swasta untuk mengembangkan bahan bakar alternatif seperti bio-fuel dari CPO atau ethanol. Harga bahan bakar fosil karena subsidi lebih rendah dari harga bahan bakar alternatif seperti bio-fuel.

Efisiensi penggunaan energi sekarang relatif rendah di Indonesia, jika dibandingkan dengan negara lain yang memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi yang relatif sama. Untuk mengurangi emisi tanpa memperlambat kegiatan ekonomi, pemerintah perlu memaksimalkan perannya melalui mekanisme peraturan dan anggaran negara, ditambah dengan peraturan pelaksanaan yang tidak terbuka terhadap berbagai interpretasi dan juga terkoordinasi dengan baik. Selain itu, pemerintah bisa mengkopikan kebijakan seperti yang dilakukan oleh negara berkembang lainnya seperti India, China, Brazil dan Afrika Selatan, dan menyesuaikan diri dengan sistem yang ada di Indonesia. Kebijakan harga bahan bakar fosil harus dipertimbangkan dengan menaikkan subsidi harga dan subsidi harus ditargetkan ke kelompok sasaran yang sesuai. Tanpa kebijakan harga yang tepat dalam bahan bakar fosil, insentif fiskal saat ini tidak ada gunanya dan emisi CO₂ tidak dapat dikurangi secara substansial.

4. KESIMPULAN

Model Input-Output (IO) yang merupakan alat analisis ekonomi penting untuk memahami interaksi antar sektor dalam suatu negara atau wilayah. Model ini memungkinkan untuk mengidentifikasi aliran barang dan jasa antar sektor serta memahami dampak ekonomi dari perubahan dalam permintaan atau produksi. Selain itu, literatur ini kemungkinan akan menyoroti kontribusi Wassily Leontief, seorang tokoh kunci dalam pengembangan Model Input-Output. Dengan karya inovatifnya, Leontief berhasil meraih Penghargaan Nobel dalam Ekonomi pada tahun 1973. Selain itu, kesimpulan ini juga mengindikasikan bahwa penelitian ini akan menyajikan implikasi kebijakan yang relevan. Model Input-Output memiliki potensi besar dalam membantu

pembuat kebijakan merancang strategi pengembangan ekonomi yang berkelanjutan, memahami dampak kebijakan tertentu, dan mengidentifikasi sektor-sektor unggulan. Sehingga, literatur review ini dapat memberikan wawasan berharga bagi pembaca untuk memahami kompleksitas sistem ekonomi dan pentingnya penerapan model Input-Output dalam analisis ekonomi dan pengambilan kebijakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Z., Dehaghi, M. R., Meybodi, M. E., Goodarzi, M., & Aghajani, M. (2014). Pollution Levels in Iranian Economy Sectors Using Input-output Analysis and TOPSIS Technique: An Approach to Sustainable Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *141*, 1363–1368. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.235>
- Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide. *Energy Policy*, *33*(7), 867–871. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.010>
- Camelia, S., Razvan, S. M., Zelia, B., & Ana-Irina, D. (2012). An Input-Output Approach of CO2 Emissions in Tourism Sector in Post-Communist Romania. *Procedia Economics and Finance*, *3*(12), 987–992. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(12\)00262-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(12)00262-6)
- Cansino, J. M., Ordóñez, M., & Román, R. (2016). A Structural Decomposition Analysis of CO2 Main Drivers for The Spanish Economy. *Energy Policy*.
- Chen, Z. M., Chen, G. Q., Zhou, J. B., Jiang, M. M., & Chen, B. (2010). Ecological Input-Output Modeling for Embodied Resources and Emissions in Chinese Economy 2005. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, *15*(7), 1942–1965. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2009.08.001>
- Ebiefung, A. A., & Udo, G. (1999). Industrial Pollution Emission Control Model. *Computers and Industrial Engineering*, *37*(1), 371–374. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(99\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(99)00096-0)
- Guntara, D., Nasution, M. I. P., & Nasution, A. B. (2020). Implementasi Metode Economic Order Quantity Pada Aplikasi Pengendalian Bahan Produksi Sandal Mirado. *Jurnal Teknik Informatika*, *13*(1), 31–42. <https://doi.org/10.15408/jti.v13i1.15732>
- Li, J. S., Chen, G. Q., Chen, B., Yang, Q., Wei, W. D., Wang, P., Dong, K. Q., & Chen, H. P. (2017). The Impact of Trade on Fuel-Related Mercury Emissions in Beijing—Evidence from Three-Scale Input-Output Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *75*(November), 742–752. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.051>
- Mavromatidis, G., Orehounig, K., Richner, P., & Carmeliet, J. (2016). A Strategy for Reducing CO2 Emissions From Buildings With The Kaya Identity - A Swiss Energy System Analysis and A Case Study. *Energy Policy*, *88*, 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.037>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input – Output Analysis: Foundations and Extensions*.
- Nakano, S., & Washizu, A. (2017). A Panoramic Analysis of Hydrogen Utilization Systems: Using an Input-Output Table for Next Generation Energy Systems. *Procedia CIRP*, *61*, 779–784. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.139>
- Sugiyono, A. (2004). Perubahan Paradigma Kebijakan Energi Menuju Pembangunan yang Berkelanjutan. *Makalah Seminar Tahunan Ekonomi I*, 8–9. <http://sugiyono.webs.com/paper/p0401.pdf>
- Tsanakas, N., Ekström, J., & Olstam, J. (2017). Reduction of Errors When Estimating Emissions Based on Static Traffic Model Outputs. *Transportation Research Procedia*, *22*, 440–449. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.040>
- Wang, Y., & Zhao, T. (2015). Impacts of Energy-Related CO2 Emissions: Evidence from Under Developed, Developing and Highly Developed Regions in China. *Ecological Indicators*, *50*, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.010>
- Wei, J., Huang, K., Yang, S., Li, Y., Hu, T., & Zhang, Y. (2016). Driving Forces Analysis of Energy-Related Carbon Dioxide (CO2) Emissions in Beijing: an Input-Output Structural Decomposition Analysis. *Journal of Cleaner Production*, *163*, 58–68.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.086>

Zhang, X., & Wang, F. (2016). Hybrid Input-Output Analysis for Life-Cycle Energy Consumption and Carbon Emissions of China's Building Sector. *Building and Environment*, *104*, 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.05.018>