

ANALISIS KAUSALITAS EMISI CO₂, KONSUMSI ENERGI, PERTUMBUHAN EKONOMI, DAN MODAL MANUSIA DI ASEAN

Titi Reneri Arista, Syamsul Amar

Jurusan Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang

Titi.reneri19@gmail.com, syamsulamar@gmail.com

Abstract: *This study examines the causal relationship between CO₂ emissions, energy consumption, economic growth, and human capital within a panel vector error corellations model (PVECM) for 8-ASEAN countries over the period 2005-2014. The results of this study indicate that the CO₂ emissions and the energy consumption has causality relationship, the energy consumption and the economics growtht has a causality relationship, the CO₂ emissions and the economic growth has causality relationship, the economic growth and human capital has a on-way relationship that is economic growth which affects the human capital, human capital and the CO₂ emissions does not have a causality relationship, and the energy consumption and the human capital also has no causality.*

Keywords: *Emission CO₂, Consumption of Energy, economic Growth, Human Capital and vector autoregression panel (PVAR)*

Abstrak: *Penelitian ini mengkaji hubungan kausalitas antara emisi CO₂, konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi dan modal manusia di 8 negara di ASEAN dengan menggunakan model vector error corellations panel (PVECM) selama periode 2005-2014. Hasil pada penelitian ini mengindikasikan bahwa emisi CO₂ dan konsumsi energi memiliki hubungan kausalitas,, konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi memiliki kausalitas, emisi CO₂ dan pertumbuhan ekonomi memiliki kausalitas. pertumbuhan ekonomi dan modal manusia memiliki kausalitas searah dimana hanya prtumbuhan ekonomi yang mempengaruhi modal manusia, modal manusia dan emisi CO₂ tidak memiliki kausalitas, dan konsumsi energi dan modal manusia juga tidak memiliki kausalitas.*

Kata Kunci : *Emisi CO₂, Konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, modal manusia dan vector autoregression panel (PVAR)*

Pembangunan ekonomi guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi sangat erat kaitannya dengan pengeksploitasian sumber daya alam dan lingkungan. Terus dilakukannya eksploitasi terhadap lingkungan dan alam tanpa memperhatikan kondisi lingkungan dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Salah satu akibat dari kerusakan lingkungan adalah perubahan iklim yang disebabkan oleh efek gas rumah kaca. Efek gas rumah kaca sendiri berasal dari emisi CO₂, N₂O, dan CH₄. Emisi CO₂ merupakan gas yang paling besar jumlahnya dalam meningkatkan efek gas rumah kaca yang pada akhirnya dapat menyebabkan perubahan iklim. Selain itu penggunaan energi atau konsumsi energi juga dapat menjadi penyebab perubahan iklim karena dalam kegiatan

pembangunan ekonomi juga dekat kaitannya dengan penggunaan energi. Bahan bakar fosil memenuhi lebih dari 70% pertumbuhan permintaan energi di seluruh dunia. Permintaan gas alam meningkat paling banyak, mencapai rekor tertinggi 22% dari total permintaan energi. Pertumbuhan energi yang sangat penting terlihat di Asia Tenggara (yang menyumbang 8% dari pertumbuhan permintaan energi global) (International Agency Energy, 2019)

Berbagai penelitian telah menguji beberapa variabel terkait dengan penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapati hasil bahwa ditemukan bahwa adanya hubungan jangka panjang antara modal manusia dan emisi karbon tetapi tidak dalam jangka pendek di Pakistan dengan menggunakan metode ARDL (Bano, 2018) adanya hubungan modal manusia dan konsumsi energi dengan elastisitas yang tinggi pada bagian negara BRIC dan elastisitas rendah bagian negara EU15 dengan konsumsi yang dimaksud adalah energi efisien (Pablo-Romero, 2015) adanya hubungan signifikan antara modal manusia dan konsumsi energi di Cina (Salim, 2017) terdapat kausalitas dua arah antara konsumsi energi, emisi karbon, dan pertumbuhan ekonomi di Pakistan (Mirza, 2017). Adanya hubungan jangka panjang antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan emisi karbon di 118 negara (Chen, 2016)

Emisi CO₂ diukur dengan *metric ton per capita* ASEAN tahun 2010-2014 mengalami fluktuasi. Sejak tahun 2010 sampai 2011 mengalami peningkatan dengan laju pertumbuhan emisi CO₂ pada tahun 2011 sebesar 3,89%. Hal ini diduga karena terjadinya peningkatan permintaan penggunaan energi berbahan bakar fosil dalam mendorong pertumbuhan ekonomi yang pada gilirannya dapat meningkatkan pelepasan emisi CO₂ ke udara. Kemudian emisi CO₂ mengalami penurunan kembali pada tahun 2012 dan 2014 yang dapat dilihat juga pada laju pertumbuhannya yang terus menurun sampai -3,21% pada tahun 2013 dan meningkat kembali sebesar 7.43%. Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat emisi CO₂ antara lain konsumsi energi, kebakaran hutan, serta berasal dari laut.

Konsumsi energi di Indonesia tahun 2010-2014 mengalami fluktuasi. Dimana pada tahun 2010 konsumsi energi di ASEAN sebesar 19662,9164 kg dan mengalami peningkatan pada tahun 2011 sebesar 21236.6303 Kg. Dilihat dari laju pertumbuhan penggunaan energi juga terjadi peningkatan sebesar 8,00 %. Hal ini terjadi diduga karena adanya peningkatan penggunaan energi guna mencapai peningkatan pertumbuhan ekonomi di ASEAN. Kemudian terjadi penurunan konsumsi energi sebesar 21004.9511 kg pada tahun 2012 dan sebesar 19363.8745 kg pada tahun 2013, hal ini dapat saja disebabkan karena komitmen dunia dalam menurunkan emisi CO₂. Jika dilihat dari laju pertumbuhannya konsumsi energi mengalami penurunan pada tahun 2012 menjadi -1,09 % tetapi mengalami peningkatan kembali sebesar 7,62 % pada tahun 2014.

Pertumbuhan ekonomi ASEAN yang dilihat dari GDP Growth di ASEAN pada tahun 2010-2014 mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun dimana pada tahun 2010 GDP growth ASEAN mencapai 7,78 % dan mengalami penurunan pada 2011 sebesar 4,48% kemudian mengalami peningkatan kembali pada tahun 2012 yang masih belum melebihi tahun 2010. Untuk mencapai tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi diperlukannya pasokan energi yang

memadai (Mirza dan Kanwal; 2017). Namun apabila dilihat dari laju pertumbuhan ekonomi mengalami penurunan pada tahun 2013 dan 2014 dari 4,85% menjadi 4,35%.

Modal Manusia (Rata-rata Lama Sekolah) di ASEAN tahun 2010-2014 peningkatan. Dimana pada tahun 2010 rata-rata lama sekolah di ASEAN sebesar 7,79 tahun pada tahun. Jika dilihat dari laju pertumbuhan rata-rata lama sekolah berfluktuasi namun tidak begitu signifikan dari tahun 2010 sampai tahun 2012 mengalami peningkatan sebesar 1,27% setelah itu baru mengalami penurunan pada tahun 2013 dimana laju pertumbuhannya menjadi 0,63%.

TINJAUAN LITERATUR

Kualitas Lingkungan Hidup

Pada undang-undang pengelolaan lingkungan hidup No. 32 tahun 2009 lingkungan hidup dapat didefinisikan sebagai kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk didalamnya manusia serta perilakunya, yang dapat mempengaruhi alam ini, kelangsungan kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Kerusakan atau degradasi lingkungan juga dapat menurunkan laju pembangunan ekonomi melalui tingginya biaya yang ditanggung negara akibat beban yang tingkat produktivitas sumber daya alam yang semakin berkurang (Todaro, 2006).

Fungsi utama dari lingkungan, yakni sebagai penunjang kehidupan (*life support system*) dimana lingkungan mampu menyediakan sumber daya alam sebagai bahan mentah untuk diolah menjadi barang jadi atau untuk langsung dikonsumsi, sebagai asimilator yang mengolah limbah secara alami dan sebagai sumber kesenangan (*amenity*) (Suparmoko, 2000).

Hubungan Antara Emisi CO₂ Dengan Konsumsi Energi

Dengan penelitian yang dilakukan di 85 negara ditemukan bahwa adanya efek umpan balik antara konsumsi energi dengan tingkat emisi dalam jangka menengah dan panjang (Saidi, 2015).

Tren konsumsi energi saat ini di Iran menandakan bahwa biaya lingkungan dan sosial yang disebabkan oleh CO₂ pada tahun 2025 mengikuti tren naik. Konsumsi energi meningkat jauh lebih cepat daripada produksi energi, itu akan berkontribusi pada emisi CO₂ (Mirzaei, 2017).

Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Ekonomi

Menurut Todaro (2006), pertumbuhan ekonomi dapat diartikan sebagai peningkatan hasil atau output masyarakat yang disebabkan oleh makin banyaknya jumlah faktor produksi yang digunakan dalam proses produksi masyarakat. (Todaro, 2006)

Chontanawat dkk 2006 menemukan bahwa energi memainkan peranan penting dalam mempromosikan sistem ekonomi pada permintaan dan sisi penawaran. Di mana, di sisi permintaan, energi menjadi produk penting konsumen, mereka memutuskan untuk membelinya untuk memaksimalkan kualitasnya. Sementara, di sisi penawaran, energi merupakan faktor penting dari

produksi di samping modal, tenaga kerja dan material dan tampaknya juga memainkan bagian yang dominan dalam pertumbuhan ekonomi dan sosial di daerah pedesaan. Studi lebih lanjut menambahkan bahwa semua ini menunjukkan bahwa harus ada hubungan sebab-akibat yang mengalir dari konsumsi energi ke Produk Domestik Bruto (PDB) serta sebaliknya (Azam, 2015).

Energi dapat menjadi sebab akibat pertumbuhan ekonomi. menurut Sacko 2004, peningkatan energi adalah efek dari pertumbuhan ekonomi. selain itu, energi adalah sumber utama pertumbuhan ekonomi karena banyak kegiatan produksi maupun konsumsi yang melibatkan energi sebagai faktor dasar produksi. dari sudut pandang fisik, penggunaan energi mengarah pada produktivitas ekonomi dan pertumbuhan industri dan merupakan pusat fungsi dari setiap ekonomi modern (Saidi, 2015).

Menurut penelitian yang dilakukan pada 106 negara yang diklasifikasikan berdasarkan kelompok pendapatan untuk periode 1971-2011, menunjukan bahwa adanya kausalitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi total dengan konsumsi energi sehingga membuktikan untuk kasus hipotesis umpan balik (Antonakakis, 2017)

Hubungan Antara Pertumbuhan Ekonomi Dengan Modal manusia

Menurut World Bank modal fisik dan modal manusia memiliki peran penting dalam proses pertumbuhan dan pembangunan ekonomi. Keduanya dapat saling melengkapi, dimana kemajuan dalam modal fisik dapat saja melimpah pada modal manusia dan sebaliknya, kemajuan dalam modal manusia dapat pula melimpah pada modal fisik. (Abbas, 2010)

Teori pertumbuhan baru menekankan pentingnya peranan pemerintah terutama dalam meningkatkan pembangunan modal manusia (human capital) dan mendorong penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan produktivitas, dimana pertumbuhan produktivitas tersebut pada gilirannya merupakan motor penggerak pertumbuhan (engine of growth). (Todaro, 2006)

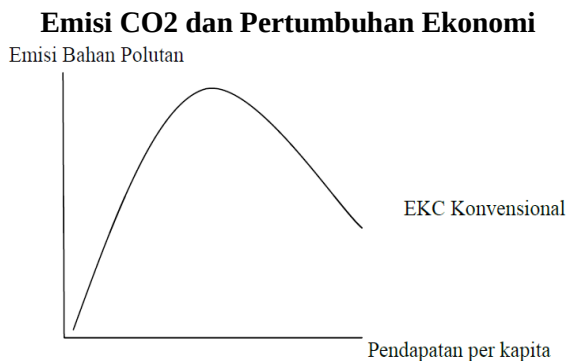
Hubungan antara Modal Manusia dengan Emisi Karbon

Sumber daya manusia dapat memberikan potensi untuk memahami masalah keamanan energi dan pencemaran lingkungan, sehingga meningkatkan kemampuan manusia untuk menangani kondisi kerja mereka secara efisien. Diyakini bahwa sumber daya manusia dapat memainkan peran penting dalam pengurangan emisi karbon dengan meningkatkan efisiensi energi (Kwon, 2009).

Dengan menggunakan data provinsi Cina dalam penelitian, peneliti berpendapat bahwa terdapat hubungan kointegrasi antara konsumsi energi dan modal manusia. Hal ini disebabkan karena dalam meningkatkan pelatihan dan *learning by doing* dapat menghadirkan alternatif yang layak untuk mengurangi konsumsi energi yang selanjutnya dapat mengurangi emisi karbon (Salim, 2017).

Menurut Pablo-Romero dan Sanchez-Braza (2015) adanya hubungan antara modal manusia dengan konsumsi energi. Modal manusia dapat membantu mengurangi konsumsi energi pada saat proses produksi. Modal manusia dapat memberikan potensi untuk memahami isu-isu keamanan energi dan pencemaran lingkungan. Hal ini diyakini bahwa modal manusia memiliki peranan penting

dalam pengurangan emisi karbon dengan menggunakan energi yang efisien (Bano, 2018).



Gambar 1. Environmental Kuznets Curve

Environmental Kuznets Curve merupakan hubungan hipotesis antara berbagai indikator degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita. Kerusakan lingkungan lebih sering terjadi pada negara berkembang yang masih berpenghasilan rendah. Hal ini dikarenakan pada tahap awal pada saat terjadinya peningkatan pendapatan per kapita maka akan menyebabkan emisi bahan polutan juga akan meningkat. Hal ini disebabkan perkembangan dibidang industrialisasi dan penyerapan tenaga kerja masih dijadikan fokus utama dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Namun setelah mencapai suatu pendapatan per kapita yang tinggi maka emisi bahan polutan akan menurun hal ini disebabkan karena pertumbuhan ekonomi lebih mengarah kepada perbaikan lingkungan sehingga memperlihatkan kurva seperti bentuk U terbalik (Stern, 2003).

Pada pengujian kasus di Malaysia, hasil dari pengujian kausalitas menunjukkan bahwa terdapat hubungan tidak langsung antara emisi CO₂ pada konsumsi energi dan dari konsumsi energi pada pertumbuhan ekonomi. Sementara itu di Singapore menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi menunjukkan tidak adanya hubungan pada emisi CO₂ tetapi keterbukaan dan industrialisasi mempunyai kausalitas pada emisi CO₂. Hal tersebut membuktikan bahwa Singapura mampu memelihara pertumbuhan ekonomi tanpa mengakibatkan kerusakan lingkungan. *Enviromental Kuznets Curve* di Malaysia menunjukan belum melewati titik balik, tetapi Singapura telah melewati titik kritis, dan sudah berada pada kondisi perbaikan lingkungan dengan tetap melakukan pembangunan ekonomi (Wahid, 2013).

Dari sebuah penelitian di Pakistan Emisi karbon akan meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Alasan di balik hubungan pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon ini adalah bahwa besarnya jumlah energi intensif karbon digunakan untuk melakukan kegiatan ekonomi di berbagai sektor (Bano, 2018).

Hubungan antara Konsumsi Energi dengan Modal Manusia

Secara teoritis modal manusia dapat dikaitkan dengan konsumsi energi dari berbagai macam saluran. Pertama, modal manusia dapat meningkatkan pendapatan yang kemudian dapat menyebabkan lebih banyak konsumsi energi. Kedua, modal manusia dapat merangsang penggunaan energi terbarukan dan mempercepat transisi ke teknologi hemat energi (Li dan Lin; 2016).

Adam-Kane dan Lim (2016) adanya kasus teoritis yang kuat yang menyatakan bahwa sumber daya manusia dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dalam model pertumbuhan neoklasik dan endogen. Ini mengisyaratkan bahwa secara teoritis dasar sumber daya manusia dapat meningkatkan permintaan energi alih-alih menurunkan (Shahbaz, 2018)

METODE PENELITIAN

Analisis Kausalitas Emisi CO₂, Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Modal Manusia di ASEAN

Data yang digunakan dalam ini adalah panel yaitu gabungan data *cross section* yaitu 8 negara di ASEAN dan data *time series* yaitu dari tahun 2005-2014. Pendekatan yang digunakan adalah *Panel Vector Autoregression* (PVAR). Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$EC_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i EC_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i CE_{t-i} + U1_t \quad (1)$$

$$CE_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i CE_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i EG_{t-i} + U2_t \quad (2)$$

$$EG_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i EG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i HC_{t-i} + U3_t \quad (3)$$

$$HC_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i HC_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i EC_{t-i} + U4_t \quad (4)$$

$$EC_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i EC_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i EG_{t-i} + U5_t \quad (5)$$

$$CE_t = \sum_{i=0}^n \alpha_i CE_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i HC_{t-i} + U6_t \quad (6)$$

Dimana: EC adalah Emisi CO₂, CE adalah Konsumsi Energi, EG adalah Pertumbuhan Ekonomi, HC adalah Modal Manusia, u adalah *error term*, α , β adalah koefisien regresi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 memperlihatkan bahwa keseluruhan variabel dengan menggunakan uji unit root melihat pada metode *sumarry* seluruh variabel stasioner pada first Difference.

Setelah dilakukan uji lag optimum didapati hasil bahwa yang memenuhi kriteria penentuan lag berada pada lag 5. Kemudian dilakukan uji kointegrasi yang menunjukkan hasil bahwa terdapat kointegrasi pada none dengan probabilitas $0,0000 < 0,5$, dan *hypothesized at most 1* dengan probabilitas $0,0007 < 0,5$. Hal ini berarti pengujian yang dilakukan harus menggunakan *Vector Error Correlation Model (VECM)* karena data stasioner pada first difference dan memiliki kointegrasi maka pengujian tidak dapat dilakukan dengan menggunakan model VAR

Kausalitas antara Emisi CO2 dan Konsumsi Energi

Berdasarkan hasil uji kausalitas granger emisi CO2 dapat mempengaruhi konsumsi energi dengan probabilitas sebesar $0,0090 < 0,05$, dan konsumsi energi juga mempengaruhi emisi CO2. Dengan demikian terdapat hubungan kausalitas antara emisi CO2 dengan konsumsi energi.

Hal ini terjadi karena, emisi CO2 telah terjadi, dimana perhutanan atau tumbuhan juga menyimpan emisi CO2 begitu pula dengan laut yang juga menimbulkan emisi CO2. Selain hal tersebut bencana seperti kebakaran hutan juga dapat menyebabkan peningkatan emisi CO2. Dengan total emisi CO2 yang tinggi maka dapat mempengaruhi negara atau individu dalam menentukan berapa total dalam melakukan konsumsi energi. Selain itu konsumsi energi juga dapat mempengaruhi emisi CO2 karena pada saat konsumsi bahan bakar fosil yang tinggi dan maka emisi CO2 akan tinggi juga menginga konsumsi bahan bakar fosil mampu meningkatkan emisi CO2 menjadi tinggi.

Tabel 1 Unit Root test

<i>Unit root test</i>	EC	CE	EG	HC
<i>Level</i>				
LLC (<i>Assume Common Unit Root Process</i>)	0,0004	0,1857	0,0000	0,0000
IPS	0,194	0,6473	0,0001	0,4834
ADF-Fisher	0,0463	0,3093	0,0001	0,2595
PP-Fisher	0,3968	0,0298	0,0000	0,0260
<i>First Difference</i>				
LLC (<i>Assume Common Unit Root Process</i>)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
IPS	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000
ADF-Fisher	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000
PP-Fisher	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan Muhammad Jahangir Alam, dkk (2011) dalam penelitiannya yang berjudul *Dynamic modeling of causal relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in India* yang menggunakan data *time series* selama periode 1971-2006, bahwa terdapat hubungan kausalitas antara emisi CO2 dan konsumsi energi di India.

Sedangkan berdasarkan uji *vector error correlation model (VECM)* yang dilakukan di ASEAN menunjukan bahwa antara variabel emisi CO2 dan variabel konsumsi energi terlihat saling mempengaruhi di beberapa lag dalam jangka pendek dimana t-statistik $> 1,99125$, tetapi variabel emisi CO2 dan variabel

konsumsi energi tidak terlihat saling mempengaruhi dengan t statistik $-8,42725 < -1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada konsumsi energi direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan. Selain itu, respon konsumsi energi terhadap emisi CO2 perubahan/shock yang terjadi pada emisi CO2 juga direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan.

Analisa variance decomposition yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel emisi CO2 lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan konsumsi energi secara umum didominasi oleh guncangan konsumsi energi itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Analisa variance decomposition bagi variabel konsumsi energi sebesar 75% perubahan yang terjadi disebabkan karena dinamika pergerakannya sendiri sedangkan sebesar 25% perubahan disebabkan karena emisi CO2.

Kausalitas antara Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Ekonomi

Berdasarkan hasil Uji Kausalitas Granger dapat diketahui bahwa pertumbuhan ekonomi dapat mempengaruhi konsumsi energi dengan probabilitas $0,0053 < 0,05$, dan konsumsi energi dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dengan probabilitas $0,0079 < 0,05$. Dengan demikian terdapat kausalitas antara pertumbuhan ekonomi dengan konsumsi energi, yaitu konsumsi energi mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan ekonomi mempengaruhi konsumsi energi. Hal ini dikarenakan pada saat konsumsi energi bahan bakar minyak atau gas yang digunakan dalam proses pembangunan meningkat maka pertumbuhan ekonomi akan meningkat mengingat konsumsi energi merupakan salah satu faktor penting dalam mencapai pertumbuhan ekonomi.

Hasil ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Kais Saidi dkk (2107) dengan penelitian yang berjudul *The Causal Nexus Between Economics Growth and energy Consumption: New Evidence from global Panel of 53 Counties* dengan menggunakan data panel di 53 negara periode 1990-2014. Menemukan bahwa konsumsi energi memiliki hubungan jangka panjang dengan pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan uji *vector error correlation model* (VECM) hubungan antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi terlihat bahwa emisi CO2 mempengaruhi konsumsi energi pada lag keempat dengan t-statistik $-0,45437 > -1,99125$ dan pada lag kelima dengan t-statistik $2,52639 > 1,99125$. Selain itu konsumsi energi mempengaruhi emisi CO2 pada lag pertama dengan t-statistik $2,01015 > 1,99125$, lag kedua dengan t-statistik $-1,82231 > -1,99125$, dan pada lag kelima dengan t-statistik $-0,51724 > -1,99125$. Hal ini berarti terdapat hubungan jangka pendek antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi di ASEAN. Sedangkan dalam jangka panjang variabel emisi CO2 tidak

mempengaruhi konsumsi energi yang dibuktikan dengan nilai t-statistik sebesar $-8,42725 < -1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada konsumsi energi direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan. Selain itu, respon pertumbuhan ekonomi terhadap konsumsi energi respon yang terjadi pada pertumbuhan ekonomi juga direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan.

Analisa *variance decomposition* yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel konsumsi energi lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan konsumsi energi secara umum didominasi oleh guncangan konsumsi energi itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Dalam jangka pendek pertumbuhan ekonomi tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat meningkatkan mempengaruhi konsumsi energi.

Kausalitas antara Pertumbuhan Ekonomi dan Modal Manusia

Berdasarkan hasil Uji Kausalitas Granger antara pertumbuhan ekonomi dan modal manusia dapat diketahui modal manusia tidak dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi, sedangkan pertumbuhan ekonomi dapat mempengaruhi modal manusia dengan probabilitas $0,0036 < 0,005$. Dengan demikian terdapat hubungan satu arah antara modal manusia dengan pertumbuhan ekonomi, yaitu hanya pertumbuhan ekonomi yang mempengaruhi modal manusia.

Hal ini disebabkan karena apabila pertumbuhan ekonomi meningkat maka pendapatan suatu negara akan meningkat hal ini memungkinkan untuk negara atau individu di ASEAN untuk mengalokasikan sebagian pendapatannya dalam peningkatan mutu pendidikan. Namun modal manusia yang diukur dari *mean years of schooling* tidak dapat langsung mempengaruhi pertumbuhan ekonomi mengingat negara di ASEAN merupakan sebagian besar negara berkembang yang memiliki tingkat dan mutu pendidikan yang rendah. Dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi dibutuhkan kualitas pendidikan serta pekerja yang tinggi daripada kuantitas dari pendidikan itu.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Michael S, Delgado dkk (2012) dalam penelitiannya yang berjudul *Does Education Matter for Economics Growth?* Dengan menggunakan data *time series* periode 1950-2005 pada negara berkembang. Dalam penelitian ditemukan bahwa rata-rata lama sekolah tidak dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan uji *vector error correlation model* (VECM) antara pertumbuhan manusia dan modal manusia ditemukan bahwa pertumbuhan ekonomi mempengaruhi modal manusia pada lag ketiga dengan t-statistik $-1,92101 > -1,99125$, pada lag keempat dengan t-statistik $-1,27455 > -1,99125$, dan pada lag kelima dengan t-statistik $-0,2347 > -1,99125$. Selain itu modal

manusia mempengaruhi pertumbuhan ekonomi pada lag pertama dengan t-statistik $-1,01073 > -1,99125$, pada lag kedua dengan t-statistik $-0,70201 > -0,98955$, dan pada lag kelima dengan t-statistik $-0,19962 > -1,99125$. Sedangkan ditemukan dalam jangka panjang variabel pertumbuhan ekonomi tidak mempengaruhi modal manusia yang dibuktikan dengan nilai t-statistik sebesar $0,28293 < 1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada modal manusia direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya. Selain itu, respon modal manusia terhadap pertumbuhan ekonomi perubahan/shock yang terjadi pada pertumbuhan ekonomi juga direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir. Karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya. Sehingga tidak mencapai kestabilan

Analisa variance decomposition yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel pertumbuhan ekonomi lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan pertumbuhan ekonomi secara umum didominasi oleh guncangan pertumbuhan ekonomi itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Begitu pula dengan modal manusia yang variannya dipengaruhi oleh guncangan modal manusia itu sendiri dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam jangka pendek pertumbuhan ekonomi tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan modal manusia, pertumbuhan ekonomi membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat mempengaruhi modal manusia.

Kausalitas antara Modal Manusia dan Emisi CO2

Berdasarkan hasil Uji Kausalitas Granger dapat diketahui bahwa modal manusia tidak dapat mempengaruhi emisi CO2 dengan probabilitasnya $0,7421 > 0,005$, begitu juga emisi CO2 tidak dapat mempengaruhi modal manusia dengan probabilitas $0,2743 > 0,005$. Dengan demikian tidak terdapat kausalitas antara modal manusia dengan emisi CO2.

Berdasarkan hasil estimasi VECM antara modal manusia dan emisi CO2. Ditemukan bahwa modal manusia mempengaruhi emisi CO2 pada lag kedua dengan t-statistik $-0,77687 > -1,99125$, pada lag ketiga dengan t-statistik $-0,10626 > -1,99125$ dan pada lag keempat dengan t-statistik $-0,85002 > -1,99125$ dan pada lag kelima dengan t-statistik $-0,25741 > -1,99125$. Selain itu memperlihatkan bahwa emisi CO2 tidak mempengaruhi modal manusia pada lag pertama sampai lag kelima. Juga dapat dilihat dalam jangka panjang variabel modal manusia tidak mempengaruhi emisi CO2 yang dibuktikan dengan nilai t-statistik sebesar $0,69785 < 1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada modal manusia direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan. Selain itu, respon emisi CO2 terhadap modal manusia perubahan/shock yang terjadi pada emisi CO2 juga direspon tidak selalu positif

dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan.

Analisa variance decomposition yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel modal manusia lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan modal manusia secara umum didominasi oleh guncangan modal manusia itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Dalam jangka pendek emisi CO2 tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk mempengaruhi modal manusia dengan komposisi varian sebesar 78%, emisi CO2 membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat meningkatkan modal manusia. Kemudian variasi variabel emisi CO2 juga lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan emisi CO2 secara umum didominasi oleh guncangan emisi CO2 itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 98%. Dalam jangka pendek modal manusia tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan emisi CO2, modal manusia membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat mempengaruhi emisi CO2.

Kausalitas antara Emisi CO2 dan Pertumbuhan Ekonomi

Berdasarkan uji kausalitas granger pertumbuhan ekonomi dapat mempengaruhi emisi CO2 dengan probabilitas $0,0083 < 0,005$, dan emisi CO2 dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dengan probabilitas $0,0002 < 0,005$. Dengan demikian terdapat kausalitas antara ekonomi dengan emisi CO2, yaitu emisi CO2 yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan ekonomi yang mempengaruhi emisi CO2.

Hasil ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Ali Acaravci dan Ilhan Oztruk (2010) dalam penelitiannya yang berjudul *On The Relationship Between Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth in Europe* menggunakan data *time series* periode 1970-2005 untuk Jerman, 1965-2005 untuk Hungary dan sisanya 1960-2005. (Acaravci, 2010) Dalam penelitian ini ditemukan adanya hubungan kausalitas jangka panjang antara konsumsi energi, emisi CO2 dan pertumbuhan ekonomi di Eropa. Selain itu penelitian yang dikemukakan oleh Ping-Yu Chen, dkk (2016) dalam penelitiannya yang berjudul *Modeling the Global Relationships among Economic Growth Energy Consumption and CO2 Emissions* menggunakan data panel di 118 negara periode 1993-2010. Dalam penelitian ditemukan adanya hubungan kausalitas antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan emisi CO2.

Berdasarkan hasil estimasi VECM antara emisi CO2 dan pertumbuhan ekonomi jangka pendek. Ditemukan bahwa emisi CO2 dalam tidak mempengaruhi pertumbuhan ekonomi pada lag pertama sampai lag kelima. Selain itu memperlihatkan bahwa pertumbuhan ekonomi mempengaruhi emisi CO2 pada lag ketiga dengan t-statistik $-0,10255 > -1,99125$. Juga dapat dilihat dalam jangka panjang variabel emisi CO2 mempengaruhi pertumbuhan ekonomi yang dibuktikan dengan nilai t-statistik sebesar $4,833965 > 1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada emisis CO2 direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya, sehingga tidak tercapainya titik keseimbangan. Selain itu, respon pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO2 perubahan/shock yang terjadi pada pertumbuhan ekonomi juga direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama hingga tahun terakhir. Karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya.

Analisa variance decomposition yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel emisi CO2 lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan emisi CO2 secara umum didominasi oleh guncangan emisi CO2 itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Dalam jangka pendek pertumbuhan ekonomi tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan emisi CO2 dengan komposisi varian sebesar 81%, pertumbuhan ekonomi membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat mempengaruhi emisi CO2. Kemudian variasi variabel pertumbuhan ekonomi lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang.

Kausalitas antara Konsumsi Energi dan Modal Manusia

Berdasarkan uji kausalitas grange modal manusia tidak dapat mempengaruhi konsumsi energi dengan probabilitas $0,4171 > 0,005$, begitu juga konsumsi energi tidak dapat mempengaruhi modal manusia dengan probabilitas $0,0575 > 0,005$. Dengan demikian tidak terdapat kausalitas antara modal manusia dengan konsumsi energi.

Berdasarkan hasil estimasi VECM antara Konsumsi Energi dan modal manusia dalam jangka pendek. Ditemukan bahwa konsumsi energi mempengaruhi modal manusia pada lag pertama dengan t-statistik $-1,98913 > -1,99125$ pada lag kelima dengan t-statistik $-1,355468 > -1,99125$. Selain memperlihatkan bahwa modal manusia mempengaruhi konsumsi energi pada lag kedua dengan t-statistik $-1,24085 > -1,99125$, dan pada lag kelima dengan t-statistik $-0,50806 > -1,99125$. Juga dapat dilihat dalam jangka panjang variabel konsumsi energi tidak mempengaruhi modal manusia yang dibuktikan dengan nilai t-statistik sebesar $-3,05940 < -1,99125$.

Berdasarkan uji IRF, perubahan/shock yang terjadi pada konsumsi energi direspon tidak selalu positif dari awal tahun pertama sampai dengan tahun terakhir karena selalu berfluktuasi setiap tahunnya. Sehingga tidak tercapainya keseimbangan. Selain itu, respon modal manusia terhadap konsumsi energi perubahan/shock yang terjadi pada modal juga direspon fluktuatif dengan trend negatif dari awal tahun pertama hingga tahun kesepuluh sehingga tidak tercapai kestabilan.

Analisa variance decomposition yang digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling penting dalam menjelaskan perubahan suatu variabel dapat disimpulkan variasi variabel konsumsi energi lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan konsumsi energi secara umum didominasi oleh guncangan konsumsi energi itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 100%. Dalam jangka pendek

modal manusia tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan konsumsi energi, modal manusia membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat mempengaruhi konsumsi energi. Kemudian variasi variabel modal manusia lebih ditentukan oleh variabel itu sendiri baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Sumbangan perubahan modal manusia secara umum didominasi oleh guncangan modal manusia itu sendiri dengan komposisi varian sebesar 80 %. Meskipun ada sekitar 20% konsumsi energi menyebabkan guncangan pada modal manusia dalam jangka pendek konsumsi energi tidak memberikan pengaruh yang cukup untuk meningkatkan modal manusia, konsumsi energi membutuhkan waktu yang panjang untuk dapat mempengaruhi modal manusia.

SIMPULAN

Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa 1) Emisi CO2 dan konsumsi energi memiliki hubungan kausalitas. (2) Konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan kausalitas. (3) Pertumbuhan ekonomi tidak memiliki hubungan kausalitas. Hanya ada kausalitas satu arah dari pertumbuhan ekonomi ke modal manusia. (4) Tidak terdapat kausalitas timbal balik maupun kausalitas searah antara modal manusia dengan emisi CO2 (5) Emisi CO2 dan pertumbuhan ekonomi memiliki kausalitas timbal balik. (6) konsumsi energi dan modal manusia tidak memiliki kausalitas baik timbal balik maupun satu arah. Jadi, ada beberapa variabel dalam penelitian ini yang memiliki kausalitas timbal balik dari konsumsi energi ke pertumbuhan ekonomi, dan dari emisi CO2 ke pertumbuhan ekonomi. Namun penelitian ini juga menemukan adanya kausalitas searah dari emisi CO2 ke konsumsi energi. Sedangkan untuk modal manusia dan emisi CO2, konsumsi energi dan modal manusia tidak memiliki kausalitas baik satu arah maupun dua arah.

DAFTAR RUJUKAN

- Abbas, T. (2010). Modal Manusia dan Pertumbuhan Ekonomi. *Jurnal E-Mabis FE-Unimal*, 1-127.
- Acaravci, A. a. (2010). On The Relationship Between Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth in Europe . *Energy*, 5412-5420.
- Alam, M. J. (2011). Dynamic Modelling Casual Relationship Between Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 3243-3251.
- Antonakakis, N. d. (2017). Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: An ethical. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68, 808-824.
- Azam, M. d. (2015). The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Renewable and sustainable Energy Reviews* 47, 732-745.
- Bano, S. a. (2018). Identifying the Impacts of Human Capital on Carbon Emissions in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 1-26. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.008

- Chen, P.-Y. a.-t.-S.-c. (2016). Modleing the Global Reletionships among economic growth, energy consumption, and CO2 Emissions. *Renewable and sustainable energy reviews*, 420-431.
- International Agency Energy. (2019, Maret 24). *CO2 Emissions*. Retrieved from International Agency Energy: <https://www.iea.org/k3k0/emissions/>
- Kwon, D.-B. (2009). Human capital and its measurement, Proc. The 3rd OECD World Forum on Statistics. *Knowledge and Policy*, 6-7.
- Mirza, F. M. (2017). Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Pakistan: Dynamic Causality Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72, 1233–1240.
- Mirzaei, M. a. (2017). Energy Consumption and CO2 Emissions in Iran, 2025 . *Environmental Research*, 345-351.
- Pablo-Romero, M. d.-B. (2015). Productive Energy Use and Economic Growth: Energy, Physical and Human Capital Relationships. *Energy Economics*, 1-33. doi: 10.1016/j.eneco.2015.03.010
- Saidi, K. a. (2015). The Impact of CO2 Emissions and Economics Growth on Energy Consupction in 58 Counstries. *Energy Reports*, 62-70.
- Salim, R. a. (2017). Does human capital matter for energy consumption in China? *Energy Economics*, 1-39. doi::10.1016/j.eneco.2017.05.016
- Shahbaz, M. d. (2018). Human Capital and Export Diversification as New Determinants of Energy Demand in the United States. *Energy Economics*, 1-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.11.016>
- Stern, D. I. (2003). The Environmental Kuznets Curve . *Department of Economics*, 1-18.
- Suparmoko. (2000). *Ekonomika Lingkungan Edisi ke-1*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Todaro, M. P. (2006). *Pembangunan Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Wahid, I. d. (2013). Energy Consumption, Economics Growth and CO2 Emissions in selected ASEAN Countries . *Prosiding Perkem* , 65-758.
- World Bank. (2018, September 29). *CO2 emissions (metric tons per capita) 1971-2014*. Retrieved from The World Bank: <https://www.worldbank.org>
- World Bank. (2018, 9 8). *Energy use (kg of oil equivalent per capita) 1971-2014*. Retrieved from The World Bank: <https://www.worldbank.org/>
- World Bank. (2018, September 19). *GDP per capita (constant 2010 US\$) tahun 1971-2014*. Retrieved from The World Bank: <https://www.worldbank.org/>