Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

ANALISIS KAUSALITAS *ENERGY CONSUMPTION, INVESTMENT, CARBON DIOXIDE EMISSION* DAN *ECONOMICS GROWTH* PENDEKATAN MODEL BAYESIAN: STUDI KASUS INDONESIA

Causality Analysis of Energy Consumption, Investment, Carbon Dioxide Emission and Economics Growth Bayesian Model Approach: A Case Study of Indonesia

Samuel Dendy Krisandi*

Administrasi Bisnis, Politeknik Negeri Pontianak

***Email: samueldendy.k@gmail.com**

Abstract
This study examines the determinant of economic growth, energy consumption, investment, and carbon dioxide emission as the environmental indicator, which is related to economic growth in Indonesia. In this case of study, the relationship between these variables shows the causality effect of the variable's relationships. The statistical tool that the writer used for analyzing was R programming. The results divided into positive effects of energy consumption on investment, carbon dioxide emission on energy consumption, and carbon dioxide emission on investment. Contrary results are shown in the causality effects of investment on energy consumption, of energy consumption on the emission of carbon dioxide, of investment on carbon dioxide emission by the causal impact of the bayesian method. This study uses the probability theory of Bayesian and Monte Carlo for statistical analysis.
Keywords: *Bayesian test, theory of probability, causal effect*

Abstrak
Kajian ini mengkaji determinan pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, investasi, dan emisi karbon dioksida sebagai indikator lingkungan, yang terkait dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Dalam studi kasus ini, hubungan antara variabel-variabel ini menunjukkan efek kausalitas dari hubungan variabel. Alat statistik yang penulis gunakan untuk menganalisis adalah pemrograman R. Hasilnya dibagi menjadi efek positif konsumsi energi terhadap investasi, emisi karbon dioksida terhadap konsumsi energi, dan emisi karbon dioksida terhadap investasi. Hasil yang berlawanan ditunjukkan dalam efek kausalitas investasi pada konsumsi energi, konsumsi energi pada emisi karbon dioksida, investasi pada emisi karbon dioksida dengan dampak kausal dari metode bayesian. Penelitian ini menggunakan teori probabilitas Bayesian dan Monte Carlo untuk analisis statistik.
Kata Kunci*: Uji Bayesian, teori probabilitas, efek kausal*

PENDAHULUAN

Indonesia menempati posisi sebagai negara terbesar keempat menurut jumlah penduduk di peringkat dunia. Jumlah penduduk terbesar ini mungkin memiliki keuntungan seperti konsumsi energi yang besar. Konsumsi energi akan memicu pergerakan ekonomi di negara tersebut. Pertumbuhan ekonomi suatu negara bergantung pada keuntungan alam melalui pemanfaatan sumber daya produktif secara efisien, termasuk modal dan tenaga kerja. Populasi terbesar keempat di Indonesia ini tentu saja

memiliki sumber daya manusia yang sangat besar dan sumber daya alam yang melimpah. Kebijakan yang efisien untuk menjaga kestabilan investasi ini diperlukan sebagai langkah fundamental untuk memastikan pertumbuhan ekonomi. Investasi dibutuhkan untuk mendukung kebijakan ekonomi yang dibuat oleh pemerintah. Investasi memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan penting dalam kemajuan ekonomi. Kemitraan swasta perlu ikut serta dalam kemajuan ekonomi ini sebagai investor domestik. Dengan kebijakan yang efisien yang dibuat untuk memastikan lingkungan investasi.

Efek pembentukan modal dimaksudkan sebagai prasyarat fundamental untuk mencapai pertumbuhan ekonomi melalui campur tangan kebijakan. Pembentukan modal adalah meningkatkan persediaan modal aset suatu negara dalam infrastruktur sosial dan ekonomi, yang diidentifikasikan sebagai pembentukan modal tetap bruto yang dapat disusun menjadi investasi domestik swasta bruto dan investasi domestik publik (Ugochukwu & Chinyere, 2013). Pembentukan modal dalam teori ekonomi terungkap sebagai bagian penting dari model ekonomi. Model pertumbuhan ekonomi dapat dijelaskan dengan peningkatan akumulasi modal yang menghasilkan tingkat pertumbuhan yang stabil. Keuntungan modal ini adalah ukuran penting dari pertumbuhan ekonomi dan metode pembangunan. Kemampuan nasional untuk berproduksi dan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi adalah pembentukan modal.

Kajian ini mengukur hubungan variabel konsumsi energi, investasi, emisi karbondioksida, dan pertumbuhan ekonomi. Hubungan antara variabel-variabel tersebut hubungan jangka pendek atau jangka panjang dengan menggunakan aplikasi R.

TINJAUAN PUSTAKA

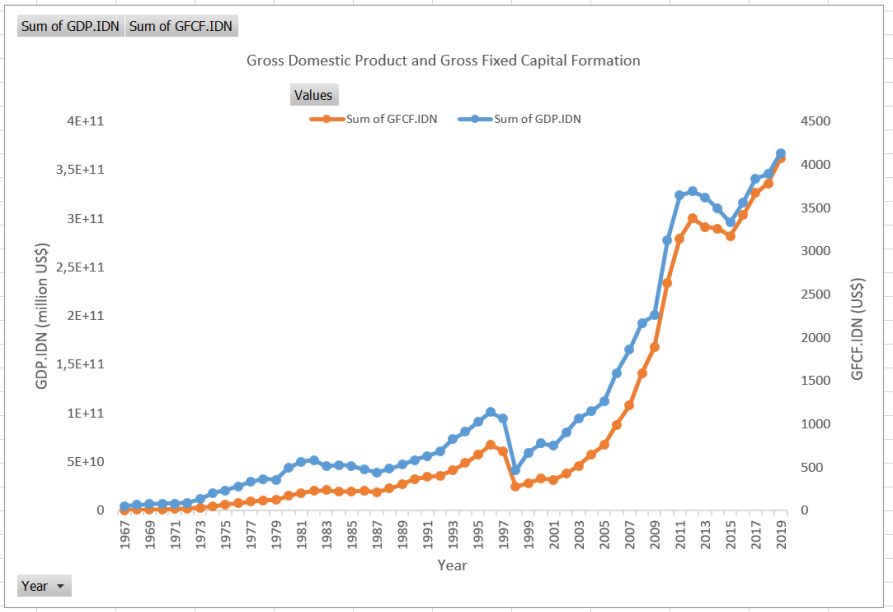
Pembentukan Modal Tetap Bruto dapat disusun menjadi investasi domestik bruto publik dan investasi domestik swasta. GFCF disebut Investasi, didefinisikan dengan baik sebagai akuisisi aset yang diproduksi, termasuk produksi aset bekas mereka sendiri dikurangi pelepasan. Aset yang diproduksi berkaitan dengan produksi barang dan jasa untuk jangka waktu lebih dari satu tahun (OECD, 2021). Investasi memiliki hubungan positif dengan pertumbuhan ekonomi dalam hubungan kausal jangka pendek dan jangka panjang. Kegiatan investasi merupakan sarana untuk mendorong perekonomian yang pada akhirnya dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Studi tersebut meneliti bahwa pembentukan modal tetap bruto (PMTB) memiliki hubungan positif dengan pertumbuhan ekonomi (PDB) dalam kausalitas jangka pendek dan jangka panjang (Ncanywa & Makhenyane, 2016). Studi lain mencoba menggunakan mekanisme penyesuaian yang berbeda untuk memeriksa antara GFCF dan pengujian kausalitas PDB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PMTB mengarah ke PDB pada uji kausalitas pada tingkat signifikan sebesar 10% (Mordecki & Ramirez, 2014). Terdapat hubungan kausal yang searah dari pertumbuhan ekonomi ke investasi dalam jangka panjang, sehingga memiliki hubungan antara PDB dan konsumsi energi dalam jangka pendek (Hao et al., 2018). Ada efek jangka pendek yang signifikan dari penerapan Vector Error Correction Model (VECM) pada investasi swasta dan pertumbuhan ekonomi di India dari 1980 - 2013 (Abubakar & Bala, 2016).

Laju pertumbuhan ekonomi yang meningkat terbukti dari peningkatan pembentukan modal yang terjadi di Nigeria (Ugochukwu & Chinyere, 2013). Ada

Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

hubungan antara pertumbuhan ekspor dan pembentukan modal investasi (Rajni, 2013). Studi tentang keterkaitan antara investasi bersih dan pertumbuhan ekonomi di Malaysia tidak memiliki signifikansi dalam hubungan jangka panjang (Karim, 2010). Studi tersebut menemukan bahwa terdapat hasil negatif dalam hubungan antara investasi dan pertumbuhan ekonomi. Yang diukur di 188 negara maju dan berkembang (Cheung et al., 2012). Studi tersebut memiliki hubungan positif antara PDB sebagai indikator pertumbuhan ekonomi dan investasi (Mordecki & Ramirez, 2014). Gambar di bawah ini memberi tahu kita tentang investasi yang diukur dengan PMTB, dan perubahannya masih terus meningkat dari tahun 1967 hingga tahun 2021.

Konsumsi energi yang terkait dengan perkembangan teknologi di pedesaan Cina didorong oleh investasi (Chen *et al*., 2008). Selain itu, telah dipelajari hubungan jangka pendek antara investasi dan konsumsi energi dalam kausalitas granger (Fu *et al*., 2014). Investasi asing langsung tidak menyebabkan pertumbuhan ekonomi dalam hubungan jangka panjang, tetapi menyebabkan pertumbuhan ekonomi dalam hubungan jangka pendek (Salim *et al*., 2017).



Gambar 1. *Gross Domestic Product* dan *Gross Fixed Capital Formatio (*Source: World Bank – OECD)

Angka tersebut menjelaskan bahwa Pembentukan Modal Tetap Bruto (PMTB) sebagai investasi memiliki cara linier yang dinaikkan dari faktor PDB sebagai indikator pertumbuhan ekonomi. Artinya kedua faktor tersebut memiliki pengaruh dua arah. Hasil angka tersebut secara jelas mengklarifikasi bahwa pembentukan modal terkait dengan pertumbuhan ekonomi secara positif. Kajian tentang hubungan sebab akibat antara konsumsi energi (EC) dan pertumbuhan ekonomi (PDB) telah dipelajari sejak lama oleh peneliti. Studi kointegrasi multivariat atau model koreksi kesalahan vektor oleh Chang *et al*. (2001) dalam data Taiwan dari 1982 hingga 1997, telah memberikan hipotesis bahwa konsumsi energi (EC) mempengaruhi pertumbuhan ekonomi (PDB).

Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

Pertumbuhan ekonomi mengarah pada permintaan konsumsi energi. Dalam studi tentang hubungan antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi, hasilnya netral dalam kausalitas jangka pendek (Asafu-Adjaye, 2000). Studi yang diteliti oleh Yang (2000) dan Glasure & Lee B (1997) memiliki hasil yang sama bahwa konsumsi listrik dan pendapatan adalah pergerakan yang searah. Zhang dan Xu (2012) menemukan sebuah studi bahwa konsumsi energi dan pembangunan ekonomi di China juga mengalami kointegrasi. Artinya hubungan antara konsumsi energi (EC) dan pertumbuhan ekonomi merupakan hubungan dua arah. Konsumsi energi tidak berpengaruh signifikan terhadap perkembangan ekonomi dalam hubungan kausalitas Granger (Dolgopolova *et al*., 2012; Nasreen, 2014; Saidi & Hammami, 2014). Penelitian lain menemukan bahwa konsumsi energi berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi (Chontanawat *et al*., 2008; Tang et al., 2016; Wang *et al*., 2011). Dalam hubungan jangka panjang antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi, ditemukan adanya hubungan kausalitas di Arab Saudi (Alshehry & Belloumi, 2015).

Peran vital dalam energi dimainkan oleh energi komersial, khususnya batubara dan gas. Indonesia sebagai penghasil energi perlu didorong oleh investasi karena produksi energinya masih defisit. Chen *et al* (2008), Wu *et al* (2017) mengatakan bahwa kemajuan teknologi terkait energi didorong oleh investasi. Perluasan investasi diperlukan untuk memberikan kewajiban modal guna meningkatkan pasokan energi nasional. Arus modal akan mendorong kebangkitan ekonomi pedesaan. Efisiensi investasi besar dan peningkatan laba atas investasi sangat penting untuk mendorong peningkatan ekonomi pedesaan (Hao *et al*., 2018).

Pembangunan ekonomi selalu memiliki kelebihan dan kekurangan. Model perekonomian nasional di negara maju dan berkembang memiliki fenomena serupa. Pertumbuhan ekonomi yang cepat mungkin diperlukan untuk meningkatkan standar hidup. Meski demikian, eksploitasi energi tak terbarukan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dapat berdampak pada lingkungan seperti meningkatnya emisi karbon dioksida. Meningkatnya emisi CO_2 menimbulkan banyak masalah pada lingkungan. Pertumbuhan ekonomi dan polusi emisi karbon dioksida berkorelasi secara spasial (Zhang *et al*., 2020). Badan Energi Internasional mengatakan bahwa permintaan energi di China meningkat sekitar 23% pada tahun 2030. Jika model agregat ini bergerak cepat, efek pada lingkungan ekologi tidak akan terhindarkan (Hao *et al*., 2018).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan model Bayesian. Pedekatan dengan model Bayesian ini merupakan dengan pendekatan yang melihat data yang sebenarnya. Berikut langkah yang diterapkan dalam model Bayesian dalam studi ini (Koskinen, 2010):

a. Spesifikasi model, Prior distribusi, posterior distribusi.
b. Methode Monte Carlo
c. Analisa Model

Berikut adalah model yang digunakan dalam penelitian ini

$$GDP_t = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \; GFCF_{t-i} + \sum_{j=1}^{n} \beta_j \; EC_{t-j} + \sum_{k=1}^{n} ECO2_{k-1} + u_{1t}$$

Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

Model fungsi diatas digunakan untuk melihat hubungan kausalitas antar variabel dengan pendekatan model Bayesian.

Data dalam penelitian ini di ambil dari data World Development Indicators. Variabel yang dimiliki dalam model penelitian ini adalah variabel *economic growth* (GDP) yang dinotasikan kembali dalam bentuk Y. Variabel *energy consumption* (EC) yang dinotasikan dalam bentuk X1. Variabel *gross fixed capital formation* (GFCF) atau variabel investasi yang dinotasikan dalam bentuk X2. Variabel *carbon dioxide emission* (ECO2) atau variabel pemakaian energi yang dinotasikan dalam bentuk X3.

Prior Distribusi, dan Posterior Distribusi

Distribusi Prior

Informasi prior yang di gabungkan dengan data atau informasi yang ada, dimana X akan membentuk posterior θ. Fungsi dari pembentukan pasterior ini maka akan mempermudah perhitungan densitas pada model.

Interpretasi yang dimiliki oleh distribusi prior adalah

a. Pembentuk distribusi frekuensi.
b. Pembentuk representasi normatif dan objektif pada suatu parameter yang lebih rasional.
c. Pembentuk representasi subjektif dalam menilai sebuah parameter berdasar penilaiannya sendiri.

Simbol θ merupakan nilai peluang dari random variabel Θ. Hal yang sama untuk simbol x merupakan nilai peluang dari random variabel X.

$$X|\theta \sim f(x|\theta)$$
$$\Theta \sim h(\theta)$$

Fungsi diatas penulis berasumsi bahwa X belum mendapatkan perlakuan atau dapat dikatakan belum di berikan argumen. Pemberian perlakuan pada variabel x melalui variabel X yang tergantung pada informasi variabel random θ dengan $h(\theta)$ bernilai sama dengan 0. Maka dapat di temukan lah fungsi diatas. Jadi fungsi model diatas diasumsikan dengan non-informatif untuk melihat distribusi prior yang dimiliki oleh model.

Distribusi Posterior

Jika parameter θ merupakan suatu konstanta yang diestimasi dari sejumlah n sampel pengamatan. Fungsi dari peluang densita atau *f*(x, θ) digunakan untuk memperoleh estimasi titik dan estimasi interval dari θ. Saat ini jika fungsi θ merupakan rata rata dari distribusi normal. Sekarang dapat dilihat bahwa θ merupakan nilai perlakuan dari variabel random Θ. Jika X = (X1, X2, X3,…) dan x = (x1, x2, x3, …) maka dengan perlakuan kondisi tersebut terhadap X, yang dipengaruhi dari Θ = θ. Maka dapat ditulis dalam fungsi seperti dibawah ini

$$\text{L(x}|\ \theta = f(x1|\theta)f(x2|\theta \ldots f(x_n|\theta)$$

Penggabungan fungsi X dan Θ

$$\text{g(X},\theta) = L(X|\theta)h(\theta)$$

Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

Jika variabel dari Θ memiliki perlakuan perulangan atau random, maka variabel X akan menjadi

$$g1(X) = \int_{-\infty}^{\infty} g(X,\theta)d\theta$$

Jika variabel Θ dipisahkan tersendiri dimana kondisi variabel random Θ yang mempengaruhi X memiliki fungsi sebagai berikut ini

$$\theta, X) = \frac{g(X,\theta)}{g1(X)} = \frac{L(X|\theta)h(\theta)}{g1(X}$$

Sehingga dapat dikatakan variabel Θ sebelum diberikan perlakuan disebut distribusi prior, jika sudah diberikan perlakuan maka di sebutkan sebagai distribusi posterior (Hogg *et al*., 2019).

Bayesian MCMC

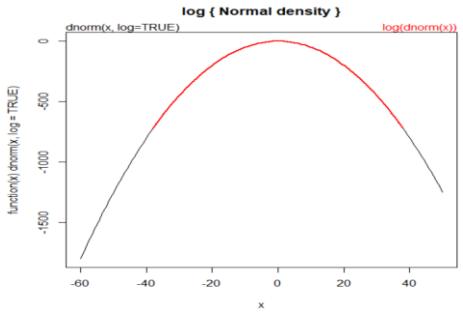
Markov Chain Monte Carlo (MCMC) merupakan metode yang digunakan untuk membuat peubah-peubah acak berdasarkan pada rantai markov. Fungsi integrasi yang dimiliki oleh metode Monte Carlo adalah sebagai berikut

$$\int_a^b g(x)dx = (b-a)\int_a^b g(x)\frac{1}{b-a}dx = (b-a)E[g(X)]$$

Dimana X memiliki perlakuan peubah distribusi parameter a dan b yang kemudian dengan teknik Monte Carlo di generalisasi menjadi variabel random X1, X2, …., Xn. Jumlah sampel n yang dimiliki dalam peubah distribusi parameter a dan b yang kemudian menghitung fungsi Yi = (b-a) g(Xi), yang setelah itu menghasilkan $\bar{Y}$ sebagai estimator yang sudah digeneralisasi (Hogg *et al*., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

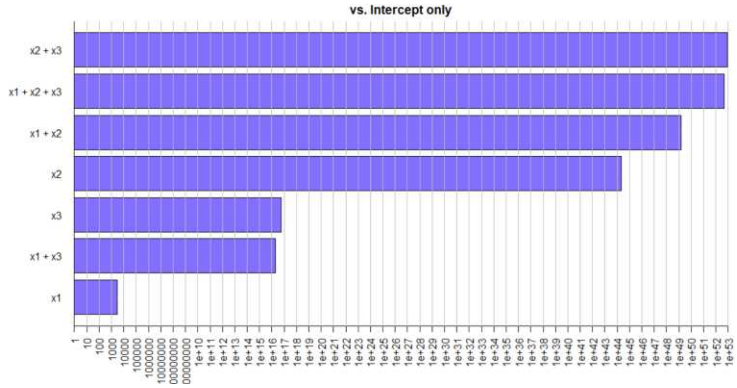
Distribusi normal untuk model dilihat dari densitas atau ketebalan dari fungsi quantile, random, dimana diberikan perlakuan untuk nilai mean dan standar deviasinya adalah 0. Gambar dibawah ini menjelaskan mengenai distribusi data yang dimiliki di model yang digunakan dalam bentuk plot kurva yang berbentuk lonceng, sebagai bentuk distribusi normal dengan perlakuan transformasi log.



Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21

Gambar 2. Normal Density

Distribusi prior merupakan distribusi awal parameter θ_j sebelumnya yang diperoleh dari pengamatan data yang dimiliki. Distribusi prior juga dapat dikatakan tingkat keyakinan peneliti terhadap setiap nilai parameter yang memungkingkan. Jadi distribusi prior akan selalu bersifat subyektif. Jika nilai parameter yang tidak memenuhi maka akan digunakan nilai prior noninformatif yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi posterior.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**. Plot Regresi Linear Bayesian

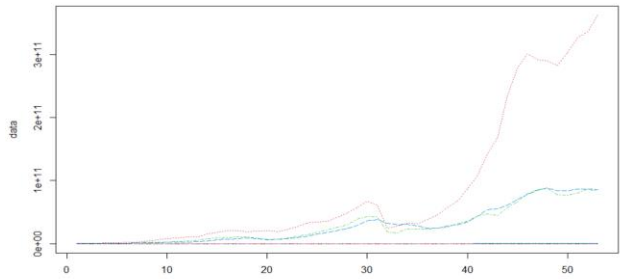
Linear model dari perhitungan Bayesian model yang telah dilakukan menggambarkan hubungan secara linear sederhana untuk variabel X2 yaitu variabel investasi dan variabel X3 sebagai variabel emisi carbon dioxide. Hubungan X2 dan X3 untuk mempengaruhi variabel Y yaitu pertumbuhan ekonomi terlihat lebih dominan dari pada hubungan antar variabel yang lainnya.

Tabel 1. Distribusi Prior Bayesian

Parameter	*Prior_Distribution*	*Prior_Location*	*Prior_Scale*
1 Difference	Cauchy	0	0.7071068

Hasil dari parameter distribusi prior perhitungan model Bayesian terhadap model penelitian ini menghasilkan nilai *prior scale* yang cukup tinggi 0.7071068. Hal ini dapat dikatakan model prior saat ini perlu di analisa lebih dalam dengan memberikan perlakuan, sehingga akan dapat menghasilkan model *posterior bayesian* yang cukup untuk dapat menerangkan hubungan kausalitas antar variabel tersebut.

Nusantara Hasana Journal
Volume 1 No. 1 (June 2021), Page: 11-21



Gambar 4. Plot Model Matrix

Dari informasi gambar diatas maka di bagi untuk analisis distribusi prior dan posterior. Informasi distribusi prior di ambil dari tahun 1967 – 1998 dan untuk posterior dari tahun 1999 – 2019 dari gambar diatas maka dipisahkan dari periode ke 1 - 32 untuk tahun 1967 – 1988 dan periode 33 – 53 untuk data distribusi tahun 1999 – 2019. Dari data infomasi ini lah maka penulis memberikan argumen di model penelitian yang telah ditentukan.

Tabel 2. Posterior Inference (Causal Impact)

Variabel	*Actual*	*Prediction (s.d)*	*95%CI (Prediction)*	*Absolute Effect (s.d)*	*95%CI (Absolute Effect)*	*Posterior prob.*	*Posterior – tail*
X1 → X2	98	88 (0.34)	[87, 89]	10 (0.34)	[9.4, 11]	99.89594%	0.00104
X1 ← X2	59	66 (0.31)	[66, 67]	-7.2 (0.31)	[-7.9, -6.6]	99.89496%	0.00105
X1 → X3	74	77 (0.67)	[75, 78]	-2.8 (0.67)	[-4.2, -1.4]	99.88166%	0.00118
X1 ← X3	49	39 (0.33)	[39, 40]	9.9 (0.33)	[9.2, 11]	99.87484%	0.00125
X2 → X3	74	66 (0.31)	[66, 67]	-7.3 (0.31)	[-7.9, -6.7]	99.89496%	0.00105
X2 ← X3	49	39 (0.33)	[39, 40]	9.9 (0.33)	[9.2, 11]	99.87484%	0.00125
f(X1, X2, X3) → f(Y)	1.8e+11	29123459726	[17227597185, 37105758448]	1.5e+11	1.4e+11	99.89%	0.001

Tabel diatas menjelaskan mengenai hubungan kausal dari model posterior Bayesian yang telah diberikan perlakuan pada fungsi sebelumnya. Dengan memberikan nilai value 0.01 pada standar diviasi prior dari fungsi Gaussian di level. Pemberian argumen atau perlakuan ini untuk menstabilkan dataset dengan menjadikan pergerakan volatilitas residual yang rendah.

Hasil interpretasi dari tabel di atas adalah semua variabel signifikan untuk memiliki hubungan kausalitas antar variabel sesuai dengan model yang dibuat. Rata – rata nilai probabilitas signifikan dibawah nilai p-value 5%. Lebih detail dapat dilihat di

kolom *causal impact* (CI), hubungan antara variabel *energy consumption* terhadap *investment* menghasilkan hubungan yang positif dengan nilai 10 (0.34) dengan interval [9.4, 11] dan signifikansi 99.895%, sebaliknya untuk pengaruh *invesment* terhadap *energy consumption* memilihi nilai negatif -7.2 (0.31) dengan nilai interval [-7.9, -6.6] tetapi signifikan dengan nilai 99.89% di level. Untuk hubungan pengaruh dari *energy consumption* terhadap *carbon dioxide emission* memiliki nilai kausalitas -2.8 (0.67) dan nilai interval [-4.2, -1.4], yang berarti bahwa *energy consumption* memiliki pengaruh berbanding terbalik atau negatif terhadap *carbon dioxide emission* tetapi tetap signifikan di level. Untuk variabel investasi terhadap carbon dioxide memiliki pengaruh sebesar -7.3 (0.31) dengan interval [-7.9, -6.7] sinifikan di level. Sebalik nya juga untuk carbon dioxide terhadap investasi berpengaruh positif dengan nilai 9.9 (0.33). Hal ini didukung dari perhitungan regresi linear Bayesian pada gambar 3-2 diatas memperlihatkan bahwa variabel *investment* dan *carbon dioxide emission* sangat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

Indonesia adalah negara yang berkembang di prediksi oleh OECD akan ada peningkatan dalam pertumbuhan ekonomi di Indonesia sebesar 5.4% di tahun 2022 (Santoso, 2021). Penelitian ini memperlihatkan nilai pengaruh efek kausalitas di setiap variabel dengan metode probabilitas Bayesian. Hasil nya terlihat bahwa seluruh variabel sesuai model yang digunakan memiliki hubungan kausalitas. Penggunaan informasi prior dengan pemberian argumen atau perlakuan pada standar deviasi untuk menghasilkan volatilitas residual yang rendah, sehingga memberikan hasil *causal impact.* Pengaruh kausalitas effek positif *energy consumption, investment, emission of carbon dioxide* terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Energy consumption* terhadap *investment, carbon dioxide emission* terhadap *energy consumption, carbon dioxide emission* terhadap *investment*. Berbanding terbalik untuk pengharuh kausalitas negatif signifikan dari *investment* terhadap *energy consumption, energy consumption* terhadap *emission's carbon dioxide, investment* terhadap *carbon dioxide emission*.

Tahun 1967 – 2006 peningkatan secara terus menerus dalam pengguanan energi, tetapi 2006 -2007 terjadi penurunan penggunaan energy (*energy consumption*) sedangkan investasi di Indonesia terus ada peningkatan. Hal ini lah yang memperlihatkan hubungan kasualitas efek dari investasi terhadap pengguaan energi bernilai negatif. Peningkatan penggunaan energi memiliki efek kausalitas negatif terhadap peningkatan emisi karbon, ini berarti bahwa peningkatan *energy consumption* walaupun pengaruhnya kecil dilihat dari nilai *causal impact*, tetapi memperlihatkan bahwa usaha untuk menjaga emisi karbon yang berlebihan telah dilakukan. Hal ini juga telah disampaikan program bahwa Indonesia telah memiliki 6 kebijakan prioritas yang telah dibuat mengenai lingkungan (Brodjonegoro, 2020). Hal ini juga didukung dari hasil pengaruh kausalitas negatif *investment* terhadap *carbon dioxide emission* dari hasil *causal impact,* yaitu investasi yang dilakukan sudah mengarah pada pertimbangan akan perlunya pengurangan emisi karbon.

KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini memperlihatkan hasil kausalitas dari varibel yang digunakan dan memberikan hasil yang mungkin dapat digunakan sebagai pertimbangan dari kebijakan yang sudah ada. Arah kebijakan saat ini untuk

pertumbuhan ekonomi sudah ke arah yang tepat, perlu diperhatikan lebih lagi bahwa pertumbuhan ekonomi di Indonesia ini sebagian besar dari investasi yang sudah diberikan. Sedangkan nilai dari penggunaan energi (*energy consumption*) masih terlalu rendah atau kecil dalam pengaruhnya terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Yang bisa dapat diartikan perlunya ditingkatkan untuk produktivitas dalam negeri yang terwakili dari penggunaan konsumsi energi, bukan hanya tergantung dari investasi saja dalam menunjang pertumbuhan ekonomi Indonesia.

REFERENSI

Abubakar, A. B., & Bala, A. J. (2016). Nexus Between Domestic Investment, FDI and Economic Growth: Empirical Evidence from India. *International Journal of Management, Accounting and Economics*, *3* (3), 174–184.

Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 237–247.

Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: Time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, *22* (6), 615–625.

Brodjonegoro, P. D. B. P. . (2020). *GGGI Indonesia Country Planning Framework 2016-2020*.

CHEN, P. C., YU, M. M., CHANG, C. C., & HSU, S. H. (2008). Total factor productivity growth in China's agricultural sector. *China Economic Review*, *19* (4), 580–593.

Cheung, Y.-W., Dooley, M. P., & Sushko, V. (2012). Investment and Growth in Rich and Poor Countries. *NBER Working Paper*, *53* (9), 1689–1699.

Chontanawat, J., Hunt, L. C., & Pierse, R. (2008). Does energy consumption cause economic growth ?: Evidence from a systematic study of over 100 countries. *Journal of Policy Modeling*, *30*, 209–220.

Dolgopolova, I., Adnan, Q., Hye, M., & Stewart, I. T. (2012). Energy consumption and economic growth : evidence from non-OPEC oil producing states. *Quality & Quantity: International Journal of Methodology*, *48* (2), 887–898.

Fu, F., Ma, L., Li, Z., & Polenske, K. R. (2014). The implications of China's investment-driven economy on its energy consumption and carbon emissions. *Energy Conversion and Management*, *85*, 573–580.

Hao, Y., Wang, L., Zhu, L., & Ye, M. (2018). The dynamic relationship between energy consumption, investment and economic growth in China's rural area: New evidence based on provincial panel data. *Energy*, *154*, 374–382.

Hogg, R. V, McKean, J. W., & Craig, A. T. (2019). *Introduction to Mathematical Statistics*.

Karim, Z. A. (2010). Monetary Policy and Firms' Investment in Malaysia: a Panel Evidence. *IIUM Journal of Economics and Management*, *18* (2), 221–253.

Koskinen, L. (2010). A First Course in Bayesian Statistical Methods by Peter D. Hoff. In *International Statistical Review* (Vol. 78, Issue 1).

Mordecki, G., & Ramirez, L. (2014). Investment , growth and employment : VECM for Uruguay. *Instituto De Economia*, *07*.

Nasreen, S. (2014). Causal relationship between trade openness , economic growth and energy consumption : A panel data analysis of Asian countries. *Energy Policy*, *69*, 82–91.

Ncanywa, T., & Makhenyane, L. (2016). Can Investment Activities in the Form of Capital Formation Influence Economic Growth in South Africa ? *SAAPAM Limpopo Chapter 5th Annual Conference Proceedings 2016*, 270–279.

OECD. (2021). *Investment (GFCF)*. OECD.

Rajni, P. (2013). *Linkages between Export , Import and Capital Formation in India*. *2* (3), 16–19.

Saidi, K., & Hammami, S. (2014). The impact of energy consumption and CO2 emissions on economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Sustainable Cities and Society*, 1–9.

Salim, R., Yao, Y., Chen, G., & Zhang, L. (2017). Can foreign direct investment harness energy consumption in China? A time series investigation. *Energy Economics*, *66*, 43–53.

Santoso, Y. I. (2021). *OECD proyeksikan ekonomi Indonesia tumbuh 4,9% di 2021, ini kata Sri Mulyani*.

Tang, C. F., Tan, B. W., & Ozturk, I. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *54*, 1506–1514.

Ugochukwu, U. S., & Chinyere, U. P. (2013). The Impact of Capital Formation on the Growth of Nigerian Economy. *Research Journal of Finance and Accounting*, *4* (9), 36–43.

Wang, Y., Wang, Y., Zhou, J., Zhu, X., & Lu, G. (2011). Energy consumption and economic growth in China : A multivariate causality test. *Energy Policy*, *39* (7), 4399–4406.

Zhang, J., Zhang, K., & Feng, Z. (2020). Spatial effects of economic growth , energy consumption and environmental pollution in the provinces of China — An empirical study of a spatial econometrics model. *Sustainable Development*, *October 2019*, 1–12.