

# Pemodelan Sistem Dinamis *Economy-Energy* Dalam Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> Dan Peningkatan Pdrb Untuk Mkmeningkatkan Ketahanan Daerah Banten

Donny Yoesgiantoro<sup>9</sup>, Sumiati

---

## Abstract

Banten Province is one of the areas in Indonesia that has a similar characteristics. Although Banten has an important role in regional and national economic growth, but the region is also included as a contributors of CO<sub>2</sub> emissions and consume a substantial amounts of fossil energy. Areas like this endure two opposite sides. On one side, economic growth as an important aspect of regional growth, on the other hand there is an tremendous increase in CO<sub>2</sub> emissions. government policies to reduce CO<sub>2</sub> emissions can not be determined equally, although among the Provinces have similar characteristics and their effects on global CO<sub>2</sub> emissions. making a policy concerning complex issues such as CO<sub>2</sub> emission reduction require a dynamic system modeling with the EECp concept. Model concept is made into Causal Loop Diagram using vensim software, then implemented to equation in Stock Flow Diagram using Powersim software, then simulated and analyzed. In this study determined two policies as an effort to reduce CO<sub>2</sub> emissions that is the use of renewable energy scenarios and the implementation of the carbon tax. The results show that the implementation of a carbon tax more than Rp.80.000, - will boost the interest of industry Stakeholder shifting the use of fossil energy into renewable energy. Both policies can contribute Supressing CO<sub>2</sub> emissions in Banten province, thereby providing the effect of CO<sub>2</sub> emission reduction on global warming that threatens the mandkind.

**Keywords:** *System Dynamics, policy, economy energy, Gross Domestic Regional Product, energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions.*

Provinsi Banten adalah salah satu daerah di Indonesia yang memiliki karakteristik serupa. Meskipun Banten memiliki peran penting dalam pertumbuhan ekonomi regional dan nasional, tetapi wilayah ini juga dimasukkan sebagai kontributor emisi CO<sub>2</sub> dan mengkonsumsi sejumlah besar energi fosil. Daerah seperti ini memiliki dua sisi yang berlawanan. Di satu sisi, pertumbuhan ekonomi sebagai aspek penting dari pertumbuhan regional, di sisi lain ada peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang luar biasa. kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> tidak dapat ditentukan secara merata, walaupun di antara provinsi-provinsi tersebut memiliki karakteristik yang serupa dan pengaruhnya terhadap emisi CO<sub>2</sub> global. membuat kebijakan tentang masalah kompleks seperti pengurangan emisi CO<sub>2</sub> memerlukan pemodelan sistem yang dinamis dengan konsep EECp. Konsep model dibuat menjadi Causal Loop Diagram menggunakan perangkat lunak vensim, kemudian diimplementasikan ke persamaan dalam Stock Flow Diagram menggunakan perangkat lunak Powersim, kemudian disimulasikan dan dianalisis. Dalam penelitian ini ditentukan dua kebijakan sebagai upaya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yaitu penggunaan skenario energi terbarukan dan penerapan pajak karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pajak karbon lebih dari Rp.80.000, - akan mendorong minat industri Pemangku kepentingan menggeser penggunaan energi fosil menjadi energi terbarukan. Kedua kebijakan dapat berkontribusi untuk menekan emisi CO<sub>2</sub> di provinsi Banten, sehingga memberikan efek pengurangan emisi CO<sub>2</sub> pada pemanasan global yang mengancam manusia.

Kata kunci: Dinamika Sistem, kebijakan, energi ekonomi, Produk Domestik Regional Bruto, konsumsi energi, emisi CO<sub>2</sub>.

*Copyright © 2018 Jurnal Kajian Strategik dan Global Universitas Indonesia. All rights reserved*

---

<sup>9</sup> Dosen Kebijakan Publik PKN Universitas Indonesia

## 1. Pendahuluan

Perubahan iklim global telah menjadi topik perbincangan hangat negara-negara di berbagai belahan dunia, tidak terkecuali Indonesia. Perubahan iklim disebabkan adanya perubahan pola hidup dan tuntutan kebutuhan hidup manusia, terutama dalam penggunaan energi. Penggunaan energi terutama pembakaran bahan bakar fosil dalam jumlah besar, baik secara langsung maupun tidak langsung telah meningkatkan jumlah emisi CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar. Kondisi ini berkontribusi terhadap kenaikan emisi CO<sub>2</sub> ke atmosfer dan memicu terjadinya percepatan pemanasan global. Para peneliti yang tergabung dalam *Intergovernmental Panel on Climate Changes* (IPCC), yaitu sebuah organisasi dunia yang mengawasi tentang adanya perubahan iklim secara global, mengemukakan bahwa telah terjadi peningkatan perubahan iklim sejak 150 tahun yang lalu.

Keselamatan bangsa menjadi salah satu tujuan nasional bangsa Indonesia yang tertera dalam Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 di Alinea ke IV yang menyatakan bahwa, negara melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia, memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa, dan ikut melaksanakan ketertiban dunia yang berdasarkan kepada perdamaian abadi dan keadilan sosial.

Dalam upaya menanggulangi pemanasan global akibat emisi Gas Rumah Kaca (GRK), pemerintah Indonesia pada COP ke 21 di Prancis menyatakan akan berupaya penurunan emisi dengan usaha sendiri hingga 29% atau dengan bantuan internasional hingga 41% di tahun 2030. Indonesia menyatakan komitmennya dalam penanggulangan masalah perubahan iklim melalui pembangunan nasional yang bersih dan rendah karbon.

Indonesia merupakan negara yang rentan akan dampak perubahan iklim, oleh karena itu pemerintah sangat fokus terhadap komitmennya untuk berkontribusi dalam mengurangi

pemanasan global. Melalui kebijakan teknis yang disebut

Rencana Aksi Nasional (RAN) Gas Rumah Kaca (GRK) yang tertuang, dalam Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011, dengan prinsip dasar bahwa RAN tidak boleh menghambat pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan rakyat. Kebijakan RAN tersebut selanjutnya dijadikan dasar bagi pemerintah daerah untuk menyusun Rencana Aksi Daerah (RAD) Gas Rumah Kaca, yang merupakan wujud konkret dalam mencapai target penurunan tingkat pemanasan global.

Pemanasan global terjadi akibat tingginya gas rumah kaca. Berdasarkan data publikasi Kementerian ESDM (2005), sebesar 99% emisi CO<sub>2</sub> mendominasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh penggunaan energi, sedangkan 1% sisanya dihasilkan oleh metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitro-oksida (N<sub>2</sub>O). Emisi CO<sub>2</sub> tersebut 80% berasal dari 3 sektor utama, yaitu pembangkit listrik, industri dan transportasi sedangkan sisanya berasal dari rumah tangga dan sektor lainnya. Ketiga sektor ini merupakan pengguna energi yang terbesar dengan kecenderungan peningkatan mengikuti pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu negara untuk memproduksi lebih banyak barang dan jasa dari satu tahun ke tahun berikutnya. Konsep pertumbuhan ekonomi diperoleh dari perhitungan Produk Domestik Bruto (PDB) suatu negara. Nilai Produk Domestik Bruto (PDB) merupakan salah satu penggerak kebutuhan energi. Antara PDB, kebutuhan energi dan tingkat emisi CO<sub>2</sub> terdapat hubungan yang saling mempengaruhi. Adanya aktivitas ekonomi akan tercipta permintaan energi dan konsumsi energi, baik di sisi (*end use*) maupun sebagai distributor, sehingga munculnya emisi CO<sub>2</sub> sebagai output ke lingkungan. Sebaliknya permintaan energi menyebabkan terjadinya

aktivitas ekonomi yang berdampak pada ekonomi.

## 2. Metode Penelitian

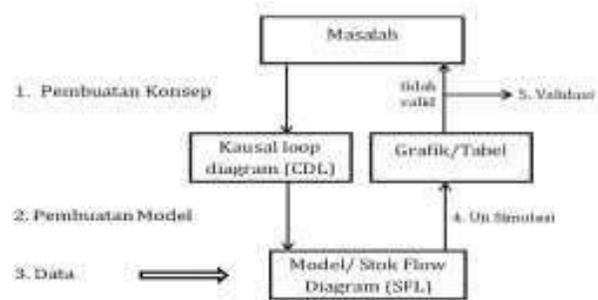
Metode yang digunakan ialah pendekatan sistem dinamis. Data diperoleh dari studi pustaka, pengambilan data di instansi terkait, wawancara secara mendalam dengan narasumber untuk verifikasi data dan kebijakan yang diterapkan dalam upaya berkontribusi mengurangi emisi CO<sub>2</sub> pada sektor industri di Banten.

Data yang digunakan ialah data *time series* dari tahun 2010 hingga 2015 yang diperoleh dari hasil studi kepustakaan dan informasi yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Banten (BPS Banten), Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Banten (ESDM), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Banten (Bappeda Banten), Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten (Dinas LHK).

Teknik analisis data dalam penelitian ini terdiri atas dua macam yaitu analisis deskriptif dan pemodelan sistem dinamis. Analisis deskriptif digunakan sebagai analisis sederhana yang bertujuan untuk menafsirkan informasi yang didapatkan dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram.

Kemudian masalah utama penelitian dibuat menjadi sebuah sistem kausal loop diagram menggunakan software VENSIM, kemudian dimodelkan menggunakan software Powersim dengan menggunakan data dalam bentuk persamaan matematika, lalu dilakukan simulasi model dan divalidasi. Selanjutnya dilakukan proyeksi dan dianalisis. Selanjutnya baru dapat ditentukan kebijakan yang dirumuskan kesesuaiannya terhadap dampak yang dapat ditimbulkan terhadap model ekonomi energi dalam kebijakan pengurangan emisi CO<sub>2</sub>.

Gambar 2.1. Siklus Pemodelan



## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Kondisi Umum Sektor Industri di Banten

Provinsi Banten memiliki jumlah industri yang cukup besar, jumlah industri besar dan sedang di Provinsi Banten mengalami pertumbuhan rata-rata sekitar 1,5% per tahun sejak 2010. Pada tahun 2015 jumlah industri di Banten telah mencapai 1747 unit industri. Hal tersebut mendorong terjadinya peningkatan dari sisi ekonomi (PDRB sektor industri), konsumsi energi, serta jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) yang ditimbulkan.

Sektor industri pengolahan (manufacturing industry) mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pembangunan ekonomi di Provinsi Banten. Nilai tambah dari sektor industri pengolahan mempunyai kontribusi terbesar dibandingkan dengan sektor lainnya. Sektor industri merupakan penyumbang terbesar bagi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga berlaku yaitu sekitar 32,61 persen pada tahun 2010 PDRB sektor industri di Banten ialah 107,8 triliun rupiah, hingga tahun 2015 PDRB sektor industri di Banten mencapai 134,79 triliun rupiah.

Sektor industri di Banten merupakan sektor yang mengkonsumsi energi dalam jumlah besar dibandingkan dengan sektor lainnya, terutama industri pengolahan. Tabel 3.1 merupakan Konsumsi energi di Tahun 2010, konsumsi energi sektor industri didominasi oleh penggunaan batubara.

**Tabel 3.1. Konsumsi Energi Sektor Industri di Banten Tahun 2010**

Jenis Energi	Jumlah Konsumsi	
	Setara joule	Setara BOE
Listrik	42.084.000 x 10 <sup>8</sup>	6.878.872,349
LPG	7.097.000 x 10 <sup>8</sup>	1.157.103,349
Batubara	266.877.721 x 10 <sup>8</sup>	43.622.701,632
Bensin	2.331.613 x 10 <sup>8</sup>	381.115,583
Solar	17.484.782 x 10 <sup>8</sup>	2.857.988,390
Fuel Oil	3.245.953 x 10 <sup>8</sup>	530.569,726
Total	332.031.166 x 10 <sup>8</sup>	55.428.351,029

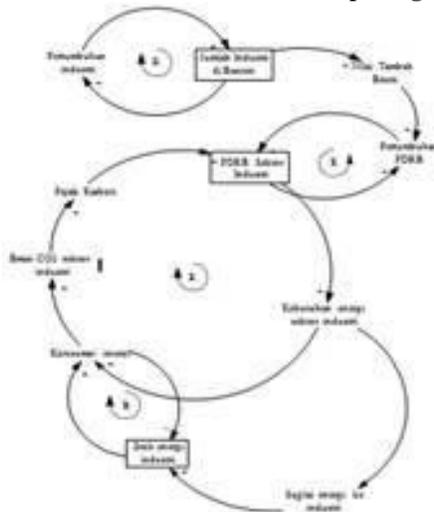
Sumber: Inventarisasi GRK Banten

Tingginya kebutuhan energi untuk proses produksi sektor industri di Provinsi Banten sejalan dengan tingkat pertumbuhan industri. Sebagian besar industri tersebut menggunakan bahan bakar batu bara, sehingga pada tahun 2010 menghasilkan emisi 26,75 juta ton.

Industri penghasil emisi GRK yang ada di Provinsi Banten, menurut sumber Banten Dalam Angka Tahun 2012, meliputi industri mineral, industri kimia, industri logam, industri elektronik, dan lain-lain. Emisi GRK terbesar dari bidang Industri yang dihasilkan dari Penggunaan Energi.

### 3.2. Pemodelan Sistem Dinamis

**Gambar 3.1 Causal Loop Diagram**



Berdasarkan metode sistem dinamis, Beberapa loop utama yang terbentuk diantaranya ialah sebagai berikut:

**Loop 1:** PDRB Sektor Industri →Kebutuhan energi sektor industri →Konsumsi energi →Emisi CO<sub>2</sub> sektor industri →Pajak Karbon.

Efek peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi penambahan nilai tambah bruto yang akan menjadikan nilai PDRB sektor industri meningkat. Peningkatan PDRB akan berakibat naiknya permintaan kebutuhan energi dan konsumsi energi. Jika konsumsi energi meningkat maka jumlah emisi CO<sub>2</sub> akan semakin meningkat.

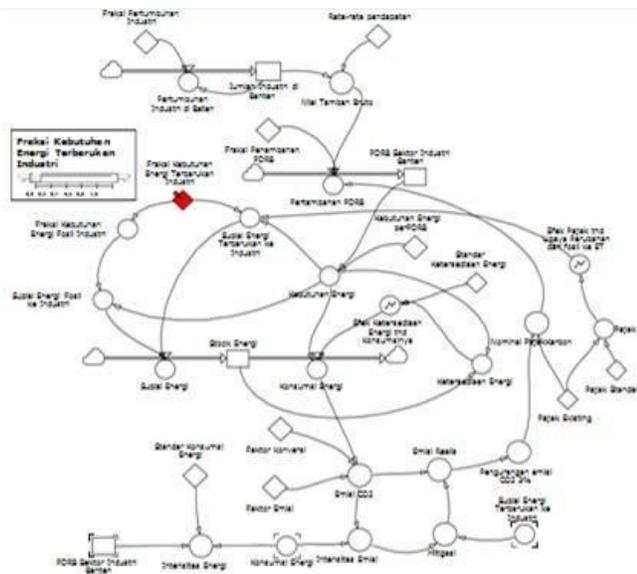
**Loop 2:** Kebutuhan energi sektor industry →Suplai energi terbarukan ke industri/ Suplai energi fosil ke Industri →Suplai energi ke industri →Ketersediaan energi →Efek terhadap ketersediaan energi terhadap konsumsi →Konsumsi energi.

Kebutuhan energi sektor industri akan menentukan jumlah suplai energi ke industri. Suplai energi baik berupa energi terbarukan atau energi fosil, akan mempengaruhi ketersediaan energi untuk konsumsi industri. Efek ketersediaan energi terhadap konsumsi akan mempengaruhi kemauan industri di suatu daerah untuk tumbuh atau cenderung menurun.

#### a. Stock Flow Diagram (SFD)

Data hasil penelitian ini berupa data sekunder selanjutnya dikategorikan menjadi variabel-variabel stock dan flow. Setelah dikategorikan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan yang sesuai dan dilihat bagaimana variabel tersebut saling mempengaruhi satu sama lainnya. Dalam penelitian ini SFD diperlihatkan dengan Gambar 3.2 Gambar tersebut menunjukkan transformasi bentuk CLD menjadi SFD dengan menggunakan perangkat lunak Powersim Studio10.

Gambar 3.2 Stok Flow Diagram



Untuk mendefinisikan setiap data dalam SFD maka proses input data menyesuaikan model lapangan. Sehingga simulasi yang diharapkan menyerupai data aktual yang akan dijadikan perbandingan.

### b. Hasil Simulasi Model

Hasil simulasi dalam jumlah industri yang ada di Provinsi Banten mencapai 1746 unit pada tahun 2015. Jumlah ini merupakan jumlah yang signifikan meningkat dalam tiap tahunnya, dengan rata-rata pertumbuhan jumlah industri di Banten adalah sebesar 1,5 persen per tahun.

Dalam simulasi kondisi industri tidak dipengaruhi oleh faktor luar lainnya (diabaikan) hanya peningkatan rata-rata pertahun sebesar 1,5 persen. Peningkatan rata-rata industri tiap tahun memberikan dampak pertumbuhan ekonomi yang ditandai naiknya nilai tambah bruto dan penambahan PRDB sektor industri.

PDRB yang dihasilkan untuk Provinsi Banten semakin meningkat dengan tahun dasar yang dipakai dalam simulasi ialah tahun 2010, dengan peningkatan PDRB rata-rata sebesar 5,1 persen pertahun, hingga tahun 2015 PDRB sektor industri manufaktur mengalami

peningkatan hingga 135,75 triliun rupiah. Hal ini sebanding dengan nilai tambah yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah industri setiap tahunnya.

Selain meningkatkan pertumbuhan ekonomi, peningkatan jumlah industri juga memberikan efek terhadap kebutuhan energi sektor tersebut, sehingga menyebabkan konsumsi energi semakin tinggi pula. Tentu saja tingginya konsumsi energi di industri memberikan efek terhadap peningkatan jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor industri tersebut.

### c. Validasi Data Hasil Simulasi

Tahap terakhir dalam pengembangan model dalam sebuah sistem dinamis ialah melakukan validasi data hasil simulasi. Validasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan mengoperasikan model dan membandingkannya dengan sistem nyata (quantitative behaviour pattern comparison). Salah satu uji validasi yang dilakukan dengan membandingkan perilaku model dengan sistem nyata ialah uji MAPE (mean Absolute Percentage Error). MAPE merupakan salah satu ukuran relative yang menyangkut kesalahan persentase. Uji ini dapat digunakan untuk mengukur kesesuaian data hasil perkiraan dengan data aktual

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i} \times 100\%$$

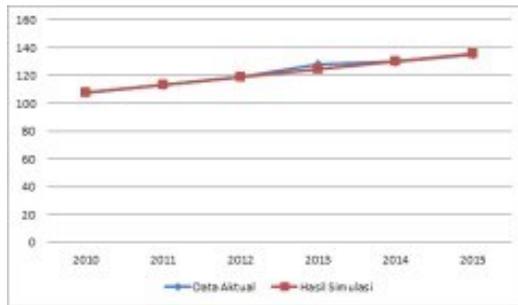
Dengan ketentuan jika:

MAPE < 5% : Sangat tepat

MAPE 5-10% : Tepat

MAPE > 10% : Tidak tepat

**Gambar 3.3** Perbandingan PDRB Sektor Industri di Banten dengan Hasil Simulasi (Triliun Rupiah)

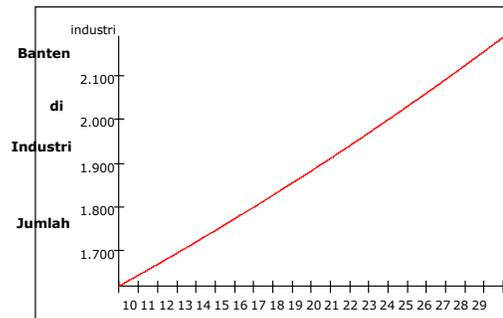


Berdasarkan uji MAPE terhadap hasil simulasi PDRB ditunjukkan oleh Gambar 3.3 Hasil perhitungan dengan MAPE ialah 0,7 persen (Lampiran 2), menunjukkan bahwa hasil model simulasi sangat tepat. Dapat dikatakan bahwa model yang dibuat sangat mendekati sistem nyata yang ditiru. Secara visual PDRB hasil simulasi (biru) sama dengan data lapangan/refrensi (merah). Sehingga uji validasi terhadap model menunjukkan bahwa model berada dalam kriteria sangat tepat.

### 3.3. Tanpa Skenario (Skenario Dasar)

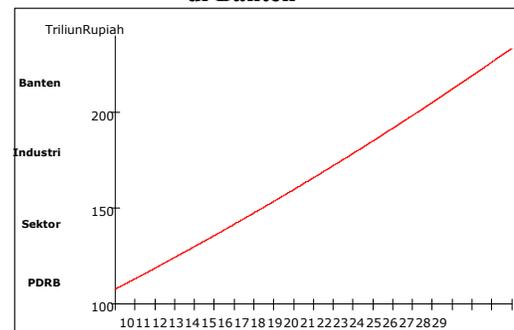
Sektor industri pengolahan (manufaktur) merupakan sektor yang penting dalam perekonomian Indonesia. Sektor industri pengolahan yang dicakup dalam penelitian ini adalah industri pengolahan (bukan migas) yang terdiri dari sembilan subsektor. Dalam dua dekade terakhir, kontribusi sektor industri Banten terhadap PDRB semakin meningkat. Bahkan pada tahun 2017 kontribusinya sebesar 32,6 persen. Peran sektor industri pengolahan Banten yang begitu besar terhadap penciptaan PDRB diiringi dengan tingginya konsumsi energi di sektor ini yang jumlahnya juga semakin meningkat dari tahun ke tahun.

**Gambar 3.4** Proyeksi Jumlah Industri Manufaktur di Banten



Berdasarkan Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa jumlah industri manufaktur besar dan sedang di Provinsi Banten mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata per tahun sebesar 1,5 persen. menunjukkan tren pertumbuhan industri yang meningkat setiap tahunnya. Diperkirakan hingga tahun 2030 jumlah industri di Banten akan mencapai 2.187 unit industri. Selain akan mempengaruhi total nilai tambah dalam PDRB sektor industri, peningkatan jumlah industri ini juga akan mempengaruhi jumlah konsumsi energi pada sektor tersebut.

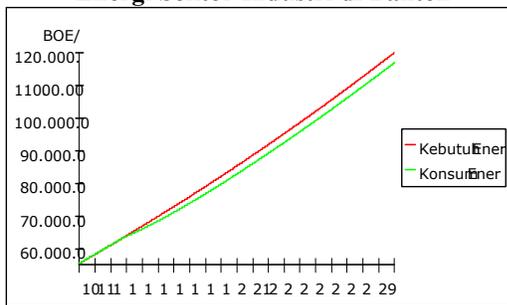
**Gambar 3.5** Proyeksi Jumlah PDRB sektor Industri di Banten



Gambar 3.5 menunjukkan tingkat pertumbuhan PDRB Banten sangat dipengaruhi oleh jumlah industrinya. Pada tahun dasar 2010 PDRB sektor industri manufaktur di Banten ialah sebesar 107,81 triliun rupiah. Hingga tahun 2030 diproyeksi jumlah PDRB sektor industri manufaktur di Banten akan meningkat hingga 233,31 triliun rupiah.

Peningkatan PDRB seiring peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi kebutuhan energi sektor industri. Sementara kebutuhan energi langsung berpengaruh terhadap jumlah energi yang dikonsumsi. Besarnya konsumsi energi di industri juga akan dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan energi dan suplai yang akan menjadi stok utama dalam pemenuhan kebutuhan energi industri.

**Gambar 3.6 Proyeksi Kebutuhan dan Konsumsi Energi Sektor Industri di Banten**



Gambar 3.6 menunjukkan adanya perbedaan jumlah kebutuhan energi sektor industri dengan jumlah energi yang dikonsumsi setiap tahunnya. Jumlah konsumsi energi di industri setiap tahunnya disimulasikan akan mengalami kekurangan bila dibandingkan dengan kebutuhannya. Kebutuhan energi yang cenderung meningkat disebabkan perkembangan industri yang pesat sehingga nilai tambah bruto meningkat dan menyebabkan bertambahnya PDRB. Hal ini menuntut kebutuhan energi yang semakin tinggi namun ketiadaan stok awal energi yang melebihi kebutuhan energi menyebabkan kebutuhan energi lebih besar daripada jumlah energi yang dikonsumsi.

Ketersediaan energi akan memberikan efek terhadap energi, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan antara ketersediaan energi yang disuplai berdasarkan kebutuhan dengan jumlah konsumsi energi. Turunnya ketersediaan energi akibat konsumsi yang lebih besar dibandingkan dengan stok energi menyebabkan

pada tahun 2013 konsumsi energi mengalami penurunan dari kebutuhan yang seharusnya. Efek ketersediaan energi terhadap konsumsi akan mengalami penurunan hingga 0,02 persen hingga tahun 2020 bila dibandingkan stok energi yang tersedia. Kondisi di industri saat ini ialah tidak adanya ketersediaan stok energi menjadikan asumsi dasar ketersediaan energi sama dengan jumlah kebutuhan energi pada tahun dasar tersebut.

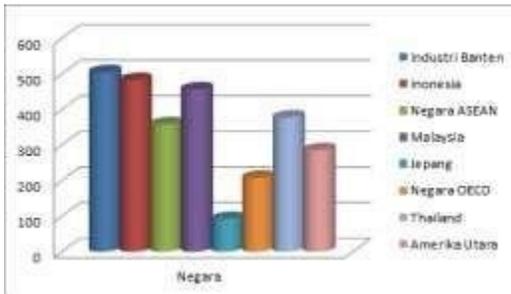
Terkait dengan penggunaan energi, untuk mengukur tingkat efisiensi penggunaan energi digunakan indikator intensitas energi. Intensitas energi merupakan suatu indikator yang menunjukkan rasio konsumsi energi terhadap PDB, dengan kata lain intensitas energi menggambarkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan PDB. Tabel 3.2 merupakan hasil simulasi intensitas energi industri pengolahan di Provinsi Banten.

**Tabel 3.2 Intensitas Energi Sektor Industri di Banten**

Tahun	Intensitas Energi Banten
2010	514,14637
2015	503,78374
2020	499,68045
2025	501,28992
2030	502,56294

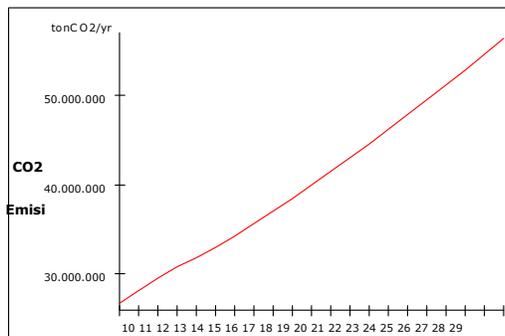
Berdasarkan Tabel 3.2 intensitas energi rata-rata industri di Banten adalah sebesar 504,29 BOE per miliar rupiah. Bila dibandingkan dengan intensitas energi di Indonesia yaitu 482,2 BOE per miliar rupiah, maka industri di Banten tergolong dalam kategori boros energi. Dari Gambar 3.7 dapat dilihat bahwa Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi yang tinggi bila dibandingkan dengan negara-negara lainnya.

**Gambar 3.7 Perbandingan Intensitas Energi Negara di Dunia (BOE/Miliar Rupiah)**



Emisi CO<sub>2</sub> dihasilkan dari konsumsi energi yang dikalikan faktor emisi rata-rata berdasarkan referensi IPCC 2006. Faktor emisi diambil dengan merata-ratakan faktor emisi energi fosil baik berupa gas, BBM maupun Batubara.

**Gambar 3.8 Proyeksi Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Industri di Banten**



Berdasarkan Gambar 3.8 emisi CO<sub>2</sub> sektor industri pada tahun 2010 berada pada angka 26.753.000 ton CO<sub>2</sub> per tahun, diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 56.386.387 tonCO<sub>2</sub> pada tahun 2030, dengan intensitas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,48 tonCO<sub>2</sub> per BOE.

Akumulasi emisi CO<sub>2</sub> yang semakin tahun semakin meningkat tanpa melakukan aksi apaun (Skenario BAU) akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan, terutama pemanasan global dan keselamatan umat manusia. Oleh karena itu perlu aksi mitigasi dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan dari sektor industri, yang akan semakin parah bila perkembangan industri semakin pesat.

Meskipun berkembangnya kondisi industri di Provinsi Banten akan memberikan nilai tambah bruto dan memberikan kemajuan signifikan dalam pengembangan ekonomi, akan tetapi kondisi ini juga akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan jika tidak melakukan aksi yang seimbang dalam hal pengurangan emisi CO<sub>2</sub>.

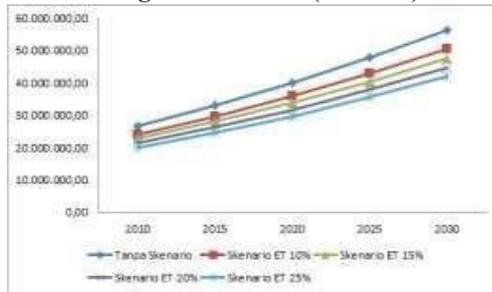
### 3.3.1. Skenario Penggunaan Energi Terbarukan di Industri

Dalam skenario ini penggunaan energi terbarukan untuk suplai energi di bervariasi yaitu dimulai dengan 10 persen, 15 persen, 20 persen dan 25 persen. Masing-masing kemudian disimulasikan dengan model sehingga mendapatkan hasil seperti Gambar 3.8.

Pada tahun 2010 emisi CO<sub>2</sub> mencapai 26 juta ton, tanpa mitigasi hingga tahun 2030 emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sektor industri di Banten mencapai 56 juta ton. Sementara jika kita mengasumsikan energi terbarukan mulai di konsumsi di industri sebesar 10 persen maka, jumlah emisi hingga tahun 2030 di proyeksi akan mengalami penurunan hingga ke

50 juta ton CO<sub>2</sub>. Pemakaian energi terbarukan sebagai suplai energi juga akan mempengaruhi signifikan pengurangan emisi sektor industri, 15 persen akan mengurangi jumlah emisi hingga menjadi 47 juta ton dan 20 persen akan membawa emisi CO<sub>2</sub> sektor industri di Banten menempati angka 44 juta ton, sementara jika suplai energi terbarukan meningkat hingga 25% maka pada tahun 2030 jumlah emisi CO<sub>2</sub> akan mencapai 41 juta ton CO<sub>2</sub>.

**Gambar 3.9. Proyeksi Emisi CO<sub>2</sub> dengan Skenario Energi Terbarukan (ton CO<sub>2</sub>)**



Energi terbarukan berupa energi biomassa di Provinsi Banten yang dapat terukur yaitu sebesar 1.771.255,6 BOE per tahun, maka diasumsikan dapat menggunakan energi terbarukan sebagai suplai energi ke industri sebesar 3 persen per tahun. Dengan demikian bila diasumsikan energi tersebut dipakai seluruhnya untuk disuplai ke industri, maka suplai energi terbarukan hanya dapat memenuhi jumlah 3 persen setiap tahun sebagai bahan bakar. Potensi itu di luar potensi energi terbarukan lainnya yang dapat disuplai dari sektor pembangkit listrik energi terbarukan ke industri.

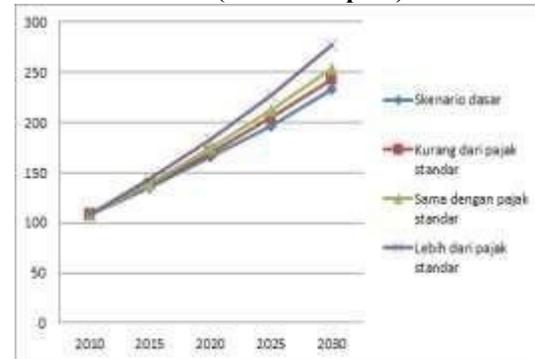
### 3.3.2. Skenario dengan Pajak Karbon

Implementasi kebijakan berbasis lingkungan dan pertumbuhan ekonomi akan saling melengkapi, bila konsekuensi sosial dan lingkungan sudah diperhitungkan. Carbon pricing (penetapan harga karbon) merupakan instrumen yang penting untuk mencapai tujuan pengurangan emisi gas rumah kaca. Dengan membayar emisi karbon, sistem insentif dirubah menjadi sistem pajak sehingga produsen atau industri harus ikut menanggung resiko kerusakan lingkungan karena aktivitas ekonomi mereka.

Jika sistem pajak karbon diterapkan, maka pemasukan dari pajak karbon akan dapat digunakan untuk mengganti biaya yang harus dikeluarkan untuk program mitigasi. Kementerian Keuangan melalui Green Paper (2009) mensimulasi efek penerapan pajak karbon

bagi perekonomian Indonesia. Dalam penelitian ini bila simulasi diberlakukan pajak karbon dengan beberapa skenario sesuai kebijakan Kementerian Keuangan akan menghasilkan Gambar 3.10.

**Gambar 3.10. Proyeksi PDRB Sektor Industri di Banten dengan Skenario Pajak Karbon (Triliun Rupiah)**

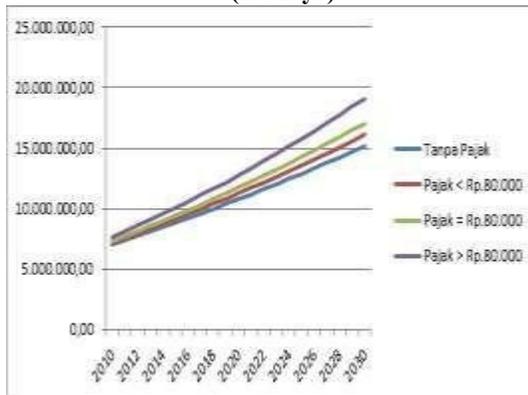


Berdasarkan Gambar 3.10 ada empat skenario yang disimulasikan dalam model. Dalam skenario yang dilakukan standar pajak karbon yang diterapkan ialah sebesar Rp.80.000,- per ton emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan buku Pedoman Kementerian Keuangan 2009 (Kementerian Keuangan, 2009). Garis biru merupakan PDRB industri manufaktur di Banten skenario dasar atau tanpa menerapkan sistem pajak karbon. Skenario pertama ialah menerapkan pajak karbon sebesar Rp.40.000,- per ton emisi CO<sub>2</sub> atau lebih kecil dibandingkan dengan pajak standar. Dengan skenario tersebut PDRB sektor industri di Banten akan meningkat sebesar 2,9%. Namun dengan skema ini, efek kemauan atau minat pelaku industri untuk melakukan peralihan energi fosil ke energi terbarukan masih sangat kecil atau sekitar 21 persen saja, sehingga kondisi ini tidak diharapkan karena upaya mitigasi dengan peralihan bahan bakar fosil ke energi terbarukan tidak tercapai.

Dengan skenario kedua jika pemerintah menerapkan pajak karbon sebesar Rp.80.000,- per ton CO<sub>2</sub> maka sumbangan pajak karbon terhadap PDRB akan meningkat sebesar 5,7%,

kondisi ini meningkatkan kemauan pelaku industri untuk melakukan peralihan energi fosil ke konsumsi energi terbarukan sebesar 43 persen. Skenario ini tidak akan memberikan efek yang berarti karena industri cenderung lebih memilih membayar pajak dari pada beralih ke penggunaan energi terbarukan. Sedangkan skenario ketiga, jika nominal pajak karbon lebih tinggi dari Rp.80.000,- per ton CO<sub>2</sub> akan meningkatkan kemauan industri beralih ke penggunaan energi terbarukan sebesar 87 persen. Penerapan pajak karbon lebih dari Rp.80.000,- per ton CO<sub>2</sub> akan memberikan sumbangan ke PDRB sebesar 11,8%. Dengan penerapan pajak karbon lebih besar dari Rp.80.000,- akan memaksa pelaku industri melakukan peralihan ke penggunaan energi terbarukan sebesar 3 persen per tahun.

**Gambar 3.11. Efek Pajak Karbon Terhadap Peralihan Energi Fosil ke Energi terbarukan (BOE/yr)**



Gambar 3.11 menggambarkan pengaruh pajak terhadap perubahan energi fosil ke energi terbarukan. Dalam skenario ini peningkatan penggunaan energi terbarukan meningkat lebih signifikan dengan skenario pajak karbon lebih besar dari Rp.80.000,-, seperti yang tergambar dalam grafik dengan garis berwarna ungu. Hal ini menunjukkan adanya keinginan pelaku industri untuk mengganti energi fosil ke energi terbarukan yang lebih besar.

### 3.3.3. Usulan Kebijakan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub>

Seiring meningkatnya konsumsi energi sebagai akibat meningkatnya jumlah industri dan nilai tambah bruto yang dihasilkan, mengakibatkan kebutuhan energi untuk sektor ini akan semakin meningkat. Hal ini akan memberikan efek pada peningkatan jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor ini. Kondisi ini akan diperparah dengan semakin besarnya ketergantungan kebutuhan energi industri terhadap energi fosil.

Penggunaan intensif energi konvensional berbasis fosil, mempunyai implikasi penting terhadap kelestarian lingkungan hidup. Polusi dan perubahan iklim merupakan dua contoh dari dampak negatif penggunaan energi berbasis fosil. Sektor energi memegang peranan dominan dalam masalah pemanasan global, karena 56,6 persen emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dunia dihasilkan dari sektor energi (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007).

Melalui penerapan penggunaan energi terbarukan sebagai energi bersih dalam dunia industri dinilai akan membantu mengurangi tingkat emisi yang dihasilkan industri di Banten. Dalam penelitian ini rencana mitigasi yang dilakukan ialah dengan memasukan energi terbarukan sebagai suplai energi ke industri. Dalam model yang disimulasikan intensitas emisi yang dihasilkan ialah sebesar 0,48 tonCO<sub>2</sub> per BOE. Untuk mendapatkan jumlah mitigasi yang dilakukan intensitas emisi yang dihasilkan akan dikalikan dengan jumlah energi terbarukan yang disuplai ke industri. Sehingga besarnya mitigasi yang dilakukan ke industri akan bergantung pada jumlah suplai energi terbarukan.

Penggunaan energi terbarukan sebagai suplai energi ke industri akan membutuhkan investasi yang besar. Keterbatasan investasi teknologi tersebut dapat menghambat usaha pelaku industri dalam upaya beralih ke energi terbarukan karena terkendala dengan besarnya biaya diversifikasi yang harus dikeluarkan.

Sebagai dispensasi skenario yang dikembangkan dalam membuat sebuah kebijakan penurunan emisi CO<sub>2</sub> sektor industri di Banten ialah dengan menerapkan skema pajak karbon. Dalam skenario penelitian ini skema pajak karbon yang sesuai diterapkan di industri ialah lebih besar dari Rp.80.000,- per ton CO<sub>2</sub>. Nominal pajak karbon ini akan memberikan kontribusi bagi PDRB sebesar 11,8 persen. Dalam skema pajak karbon ini, jumlah emisi yang harus dikurangi oleh industri ialah sebesar 3% per tahun sesuai dengan Rencana Aksi Nasional Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Melalui skema pajak karbon ini selain memaksa pelaku industri untuk beralih ke penggunaan energi terbarukan secara bertahap, juga pemasukan hasil pajak karbon yang dihasilkan harus dipakai sebagai insentif kepada industri yang taat untuk investasi pengembangan teknologi energi terbarukan sebagai suplai energi primernya. Dengan demikian diharapkan dapat mengurangi jumlah emisi yang dihasilkan oleh sektor industri di Provinsi Banten.

### **3.3.4. Kebijakan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> dalam meningkatkan Ketahanan Daerah Banten**

Dalam aspek ekonomi, kegiatan ekonomi merupakan kegiatan pemerintah dan masyarakat dalam mengelola produksi (SDA, tenaga kerja, modal, teknologi, dan manajemen) sampai distribusi barang dan jasa yang bertujuan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Kegiatan ekonomi mendorong peningkatan penggunaan energi dari penggunaan energi tersebut memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dimana adanya peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang didominasi bersumber pada pembangkit listrik, industri dan transportasi.

Berdasarkan penelitian yang dikaji Nilai Produk Domestik Bruto (PDB), yang merupakan hasil dari kegiatan ekonomi, memiliki hubungan

yang saling mempengaruhi dengan kebutuhan energi dan peningkatan emisi CO<sub>2</sub>.

Ketahanan energi merupakan bagian dari ketahanan ekonomi dan ketahanan ekonomi merupakan bagian dari ketahanan nasional. Kondisi ketahanan nasional yang perlu meningkat dari waktu ke waktu termasuk ketahanan energi disebut geostrategi Indonesia (Yusgiantoro, P). Skenario pengurangan emisi yang diusulkan dalam penelitian ini mampu meningkatkan ketahanan energi yang berdampak pada peningkatan ketahanan daerah Banten dengan meningkatkan PDRB Provinsi Banten. Dalam Skenario tersebut, tidak hanya mengurangi emisi CO<sub>2</sub> tetapi juga mendorong industri secara perlahan untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan.

## **4. Simpulan**

Dari data hasil penelitian dan uraian pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Berdasarkan pemodelan sistem dinamis maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut:
  - a. Seiring meningkatnya jumlah industri di Provinsi Banten maka nilai tambah bruto yang di hasilkan juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan naiknya Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sektor industri.
  - b. Naiknya PDRB sektor industri akan diiringin dengan peningkatan jumlah konsumsi energi di sektor industri dan semakin meningkatkan jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akibat ketergantungan kebutuhan energi sektor industri terhadap energi fosil.
  - c. Perlu adanya upaya diversifikasi energi yang dikonsumsi industri ke sumber energi terbarukan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.
2. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan beberapa hal berikut:
  - a. Pertumbuhan rata-rata industri sebesar 1,5 persen per tahun. Hingga tahun 2030 jumlah industri di Banten akan mencapai 2.187 unit

industri, dengan pertumbuhan PDRB rata-rata sebesar 4,38 persen per tahun. Hingga tahun 2030 PDRB industri di Banten akan mencapai 233,31 triliun rupiah.

- b. Emisi CO<sub>2</sub> sektor industri pada tahun 2010 berada pada angka 26.753.000 ton CO<sub>2</sub> per tahun, diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 56.386.387 ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2030. Kondisi tersebut merupakan kondisi tanpa skenario mitigasi (BAU). Dengan intensitas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,48 ton CO<sub>2</sub> per BOE.
  - c. Intensitas energi rata-rata industri di Banten adalah sebesar 504,29 BOE per miliar rupiah. Bila dibandingkan dengan intensitas energi di Indonesia yaitu 482,2 BOE per miliar rupiah, maka industri di Banten tergolong dalam kategori boros energi.
3. Beberapa kebijakan yang perlu diambil pemerintah dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sektor industri di Banten, yaitu
    - a. Kebergantungan kebutuhan energi sektor industri terhadap energi fosil yang bersifat terbatas, sehingga hendaknya Pemerintah menyiapkan langkah khusus (kebijakan) dalam pengelolaan energi terbarukan untuk sektor industri agar sektor industri ini tetap berjalan kondusif tanpa bergantung terhadap ketersediaan energi fosil.
    - b. Penerapan pajak karbon di sektor industri dapat membantu mengurangi tingginya emisi CO<sub>2</sub> sektor industri di Banten. Pajak karbon akan mendorong pelaku industri untuk mengupayakan peralihan penggunaan energi fosil ke energi terbarukan.

Tingginya investasi peralihan energi fosil ke energi terbarukan pada sektor industri akan menghambat upaya peralihan tersebut, maka pemerintah harus memberikan insentif sebagai investasi teknologi energi terbarukan. Insentif yang diberikan dapat diambil dari hasil pajak karbon sektor industri, lalu digunakan untuk memberikan insentif kepada pelaku industri yang taat sebagai dispensasi pengembangan teknologi untuk menggunakan

energi terbarukan

## Referensi

- BPS Provinsi Banten. (2017). Buku Saku PDRB Provinsi Banten. Serang: BPS.
- Chontanawat J, H. L. (2006). Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 nonOECD Countries. Surrey Energy Economics Discussion Paper Series 113.
- Fujia Li, S. D. (2012). The Improvement of CO<sub>2</sub> Emission Reduction Policies Based on System Dynamics Method in Tradisional Industrial Region with Large CO<sub>2</sub> Emission. Elsevier; Energy Policy 51, 683-695.
- Hills, C. C. (2007). Intensity of Energy Use in the USA: 1949-2003. Journal of Business & Economic Research, Vol. 5 (11): 17-30.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html).
- Kementerian Keuangan . (2009). Green Paper on Economic and Fiscal Policy Options for Climate Change Mitigation. Jakarta: Kementerian Keuangan.
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2015). Buku Putih Pertahanan Indonesia. Jakarta: Kementerian Pertahanan RI.
- Muhammadi, E. A. (2001). Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. Jakarta: UMJ Press.
- Yusgiantoro, D. (2017). Kebijakan Energi

Lingkungan. Depok: LP3ES. Yusgiantoro, P. (2000). *Ekonomi Energi Teori dan Praktik*. Jakarta: Pustaka LP3E.

Yusgiantoro, P. (2013). *Modifikasi Modul Geopolitik & Geostrategi*, Lemhanas). Jakarta