

# PERMODELAN SISTEM DINAMIK MINYAK UNTUK MENJAGA KETAHANAN ENERGI INDONESIA

## OIL DYNAMIC SYSTEMS MODEL TO MAINTAIN INDONESIA ENERGY SECURITY

Nurbaiti<sup>1</sup>, Agung Beny Saputra<sup>1</sup>, Fauwaz Ahmad Raihan<sup>1</sup>

Program Studi Ketahanan Energi, Universitas Pertahanan  
(nurbaitiio909@gmail.com, agungbenysaputra@gmail.com, fauwazar@gmail.com)

**Abstrak** – Telah dilakukan penelitian pemodelan sistem dinamik minyak untuk menjaga ketahanan energi. Penelitian ini bertujuan untuk memahami tambahan minyak dengan melakukan simulasi dalam beberapa skenario tindakan terhadap penyediaan BBM Indonesia pada masa mendatang dengan menggunakan permodelan sistem dinamik. Penelitian menggunakan 2 case intervensi skenario kebijakan, yaitu intervensi kebijakan 1 (*most likely*) dan intervensi kebijakan 2 (*optimistic*). Penelitian menggunakan data stock awal cadangan minyak sebesar 250.000.000 bbl, laju inkremental eksplorasi sebesar 0.9% dan ekspor minyak mentah sebesar 4%. Diperkirakan bahwa tambahan cadangan minyak BAU pada tahun 2030 sebesar 55.559.110 bbl lalu pada intervensi kebijakan 1 tambahan cadangan minyak pada tahun 2030 sebesar 58.225.947 bbl dan intervensi kebijakan 2 tambahan cadangan minyak pada tahun 2030 sebesar 62.726.235 bbl.

**Kata Kunci:** ketahanan energi, minyak, model, sistem

**Abstract** – Research has been carried out on modeling the dynamics of oil systems to maintain energy security. This study aims to understand the addition of oil by simulating several action scenarios on the supply of Indonesian fuel in the future using dynamic system modeling. This study uses 2 policy intervention cases, namely policy intervention 1 (*most likely*) and policy intervention 2 (*optimistic*). This study uses data on initial stock of oil reserves of 250,000,000 bbl, exploration incremental rate of 0.9% and crude oil exports of 4%. For now, the prediction of additional BAU oil reserves in 2030 is 55,559,110 bbl, then the policy intervention 1 additional oil reserves in 2030 is 58,225,947 bbl and policy intervention 2 additional oil reserves in 2030 is 62,726,235 bbl.

**Keywords:** energy security, oil, model, system

1

### Pendahuluan

Indonesia memiliki luas wilayah sekitar 1,9 juta km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk saat ini mencapai 267 juta jiwa (Bappenas, 2018) dengan pertumbuhan ekonomi rata-rata 5% per tahun, dihadapkan pada kecenderungan peningkatan kebutuhan dan konsumsi energi. Produksi energi Indonesia (tanpa biomasa) pada tahun 2018 sebesar 470,8 juta TOE yang

sebagian besar (95,7%) berasal dari energi fosil yang mencakup batubara, gas dan minyak.

Sedangkan produksi energi terbarukan hanya sekitar 4,3% dari produksi energi nasional (Neraca Energi Nasional, 2019). Dapat terlihat bahwa produksi bahan bakar fosil mendominasi. Minyak merupakan salah satu energi fosil yang dikategorikan sebagai bidang

strategis karena menjadi tulang punggung perekonomian Indonesia baik sebagai kontribusinya di APBN negara maupun pemasok kebutuhan energi dalam negeri.

Hampir 99% penggunaan energi di sektor transportasi masih memanfaatkan BBM. Pemakaian *gasoline* untuk kendaraan bermotor mencapai 50,9% diikuti oleh biosolar 29,1% dan solar 11,3% dari total konsumsi energi di sektor transportasi. Pada kegiatan di konstruksi, pertambangan, pertanian dan kehutanan, konsumsi energinya pada tahun 2018 mencapai 2,4 juta TOE yang mencakup *gasoline*, minyak tanah, solar dan *fuel oil*.

Sementara itu, total konsumsi jenis BBM umum nasional pada tahun 2017 meningkat dari tahun sebelumnya yaitu dari 44.454.906.861 barel menjadi 55.400.604.901 barel (Badan Pengatur Hilir Migas, 2017). Hal ini tentunya harus didukung dengan penyediaan BBM yang seimbang agar dapat memenuhi kebutuhan nasional.

Sayangnya, Indonesia hanya memiliki kilang yang dapat mengolah 1,1 juta barel per hari. Kapasitas ini tidak dapat mencukupi kebutuhan nasional sekitar 1,4 juta barel per hari. Ketidakseimbangan antara *supply and demand* minyak dapat mengganggu ketahanan energi negara. Di

satu sisi laju konsumsi BBM terus mengalami peningkatan namun di sisi lain perkembangan produksi minyak bumi di kilang masih tetap atau tidak ada perubahan.

## **Landasan Teori**

### **Sistem Dinamik**

Menurut Hartrisari (2007), sistem dinamik adalah metode yang dapat menggambarkan proses, perilaku, dan kompleksitas dalam sistem.

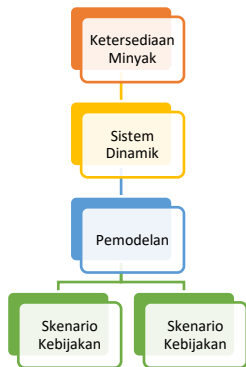
### **Ketahanan Energi**

Berdasarkan PP No. 79/2014, ketahanan energi adalah suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga yang terjangkau dalam jangka panjang dengan tetap memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup. Pada prinsipnya ada lima aspek yang dipertimbangkan yaitu: keterjangkauan (*affordability*), penerimaan (*acceptability*), ketersediaan (*availability*), kemudahan akses (*accessibility*), dan keberlanjutan (*sustainability*).

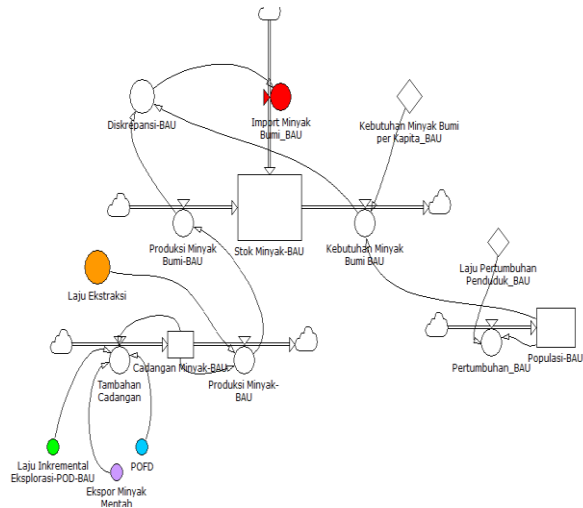
### **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari Kementerian ESDM, Badan Pusat Statistik dan data –

data dari sumber lainnya pada tahun 2012-2018.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

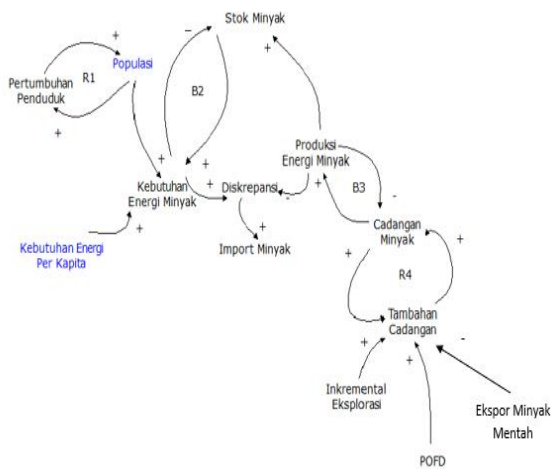


Gambar 3. Stock Flow Diagram

## Hasil dan Pembahasan

### Case Business as Usual (BAU)

Skenario BAU merupakan skenario Tanpa Perubahan Kebijakan.



Gambar 2. Model Causal Loop

Gambar 2 ini menunjukkan *causal loop diagram* model cadangan dan produksi minyak yang selanjutnya akan diubah menjadi *stock flow model*. Model *causal loop diagram* ini mendeskripsikan hubungan antar variabel yang saling berkaitan.

Gambar 3 menunjukkan model SFD untuk disimulasikan dalam keperluan prediksi. Variabel Pada Sistem Minyak adalah sebagai berikut.

No.	Variabel	Type
1.	Stok Minyak	Stock
2.	Cadangan Minyak	Stock
3.	Kebutuhan Minyak Bumi BAU	Rate
4.	Produksi Minyak Bumi	Rate
5.	Pertumbuhan Populasi	Rate
6.	Tambahan Cadangan	Rate
7.	Produksi Minyak	Rate
8.	Kebutuhan Minyak Per Kapita	Constant
9.	Laju Pertumbuhan Penduduk	Constant
10.	Diskepanansi	Auxiliary
11.	Laju Inkremental Eksplorasi POD	Auxiliary
12.	POFD	Auxiliary
13.	Ekspor Minyak Mentah	Auxiliary
14.	EOR (Intervensi)*	Auxiliary

Tabel 1. Variabel SFD

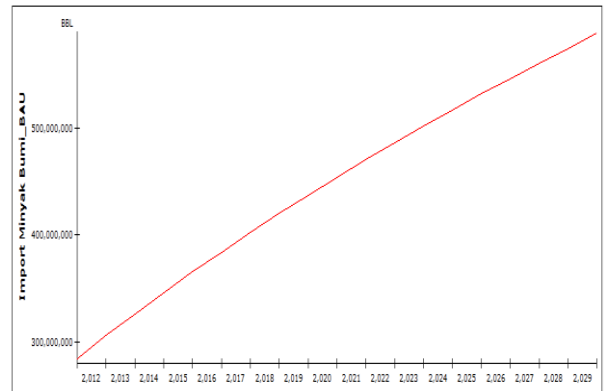
✦ Asumsi : Simulasi dari Tahun 2012-2030

➤ Stock awal : 250.000.000 bbl

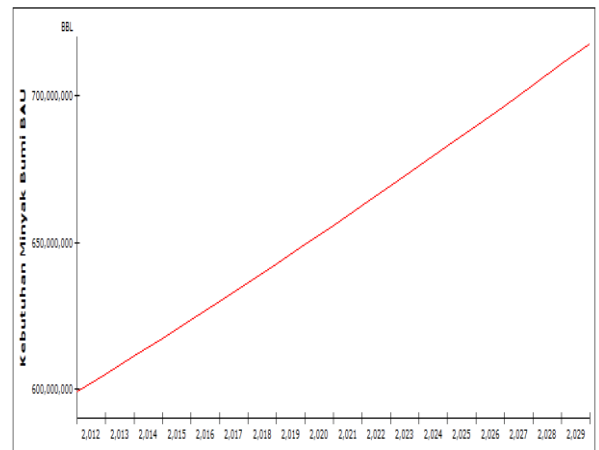
- Laju Inkremental Eksplorasi-POD : 0.9%
- POFD : 2.7%
- Laju Ekstraksi : 8.8%
- Ekspor Minyak Mentah : 4%

(BBL)				
year	Produksi Minyak-BAU	Cadangan Minyak-BAU	Import Minyak Bumi-BAU	Kebutuhan Minyak Bumi-BAU
2,012	314,244,000.00	3,741,000,000.00	284,593,000.00	598,837,000.00
2,013	299,160,288.00	3,561,432,000.00	305,748,919.18	604,909,207.18
2,014	284,800,594.18	3,390,483,264.00	326,242,392.36	611,042,986.54
2,015	271,130,165.66	3,227,740,067.33	346,108,796.77	617,238,962.42
2,016	258,115,917.70	3,072,808,544.10	365,381,847.80	623,497,765.50
2,017	245,726,353.65	2,925,313,733.98	384,093,679.19	629,820,032.85
2,018	233,931,488.68	2,784,898,674.75	402,274,919.30	636,206,407.98
2,019	222,702,777.22	2,651,223,538.36	419,954,763.73	642,657,540.96
2,020	212,013,043.92	2,523,964,808.52	437,161,044.51	649,174,088.42
2,021	201,836,417.81	2,402,814,497.71	453,920,295.87	655,756,713.68
2,022	192,148,269.75	2,287,479,401.82	470,257,817.00	662,406,086.75
2,023	182,925,152.80	2,177,680,390.53	486,197,731.67	669,122,884.47
2,024	174,144,745.47	2,073,151,731.79	501,763,045.05	675,907,790.52
2,025	165,785,797.69	1,973,640,448.66	516,975,697.83	682,761,495.52
2,026	157,828,079.40	1,878,905,707.13	531,856,617.68	689,684,697.08
2,027	150,252,331.59	1,788,718,233.18	546,425,768.32	696,678,099.91
2,028	143,040,219.67	1,702,859,757.99	560,702,196.17	703,742,415.84
2,029	136,174,289.13	1,621,122,489.61	574,704,074.81	710,878,363.94
2,030	129,637,923.25	1,543,308,610.11	588,448,747.30	718,086,670.55

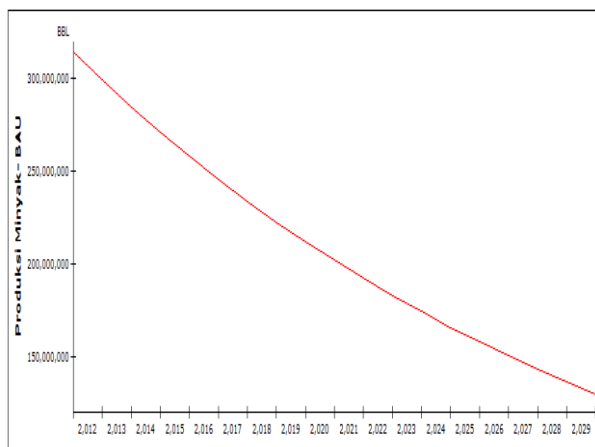
Tabel 2. Minyak



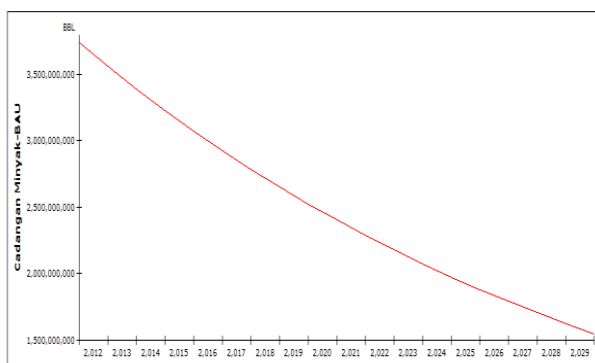
Gambar 6. Import Minyak



Gambar 7. Kebutuhan Minyak Bumi



Gambar 4. Produksi Minyak



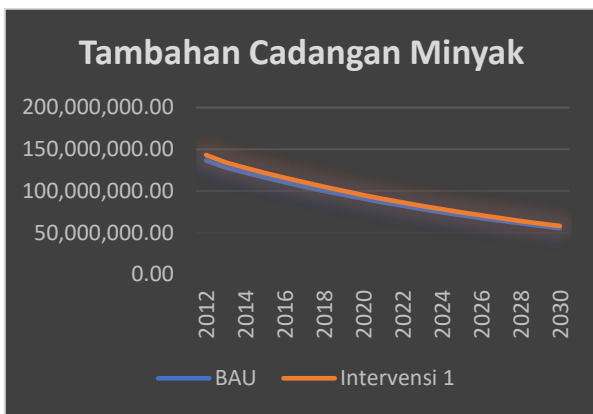
Gambar 5. Cadangan Minyak

Keempat gambar diatas menampilkan kondisi minyak Indonesia dengan BAU. Diperkirakan tambahan cadangan minyak BAU pada tahun 2030 sebesar 55.559.110 bbl. Mulai tahun 2012 sampai tahun 2030, diprediksikan cadangan minyak terus berkurang seperti halnya dengan produksi minyak. Namun untuk kebutuhan minyak terus bertambah sehingga menyebabkan impor minyak juga mengalami peningkatan dikarenakan stok minyak

mengalami pengurangan namun diikuti dengan kebutuhan yang terus bertambah.

### Case Intervensi Kebijakan 1 (*Most Likely*)

Pada *most likely*, dilakukan intervensi kebijakan dengan mengubah laju eksplorasi menjadi 1.2%, laju POFD menjadi 3.1%, laju ekstraksi menjadi 9.5% dan EOR (*Low Case*) menjadi 4.1%.



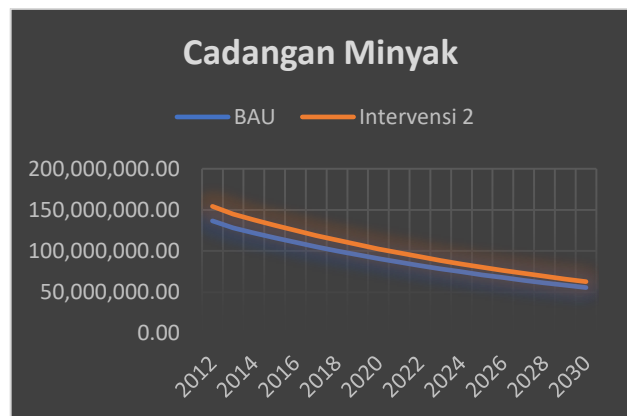
Gambar 8. Tambah Cadangan Minyak Intervensi 1

Terlihat bahwa jika menggunakan skenario intervensi kebijakan 1, nilai tambahan cadangan minyak Indonesia mengalami peningkatan sekitar 2,6 juta barel dibandingkan dengan skenario BAU. Intervensi kebijakan 1 pada tahun 2030 memberikan tambahan cadangan minyak sebesar 58.225.947 bbl. Dengan adanya pertambahan cadangan minyak dapat membuat aspek ketahanan energi ketersediaan (*availability*) naik sehingga

dapat menjaga ketahanan energi pada sektor minyak.

### Case Intervensi Kebijakan 2 (*Optimistic*)

Pada skenario *Optimistic*, laju eksplorasi menjadi 1.5%, Laju POFD menjadi 3.3%, laju ekstraksi menjadi 9.5 % Dan EOR menjadi EOR yang diperbesar menjadi 12%.



Gambar 9. Tambah Cadangan Minyak Intervensi 2

Terlihat bahwa jika menggunakan skenario intervensi kebijakan 2, nilai cadangan minyak Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan skenario pertama dan kedua. Pada skenario ini dihasilkan tambahan cadangan minyak pada tahun 2030 sebesar 62.726.235 bbl. Nilai pertambahan cadangan minyak ini lebih besar dibandingkan BAU dan skenario pertama. Peningkatan cadangan minyak dapat memperkuat aspek ketahanan energi ketersediaan (*availability*) sehingga dapat menjaga ketahanan energi pada sektor minyak. Dibandingkan dengan skenario intervensi pertama

terlihat bahwa nilai cadangan minyak dapat bertambah dengan besar jika kita meningkatkan EOR sehingga dapat didefinisikan bahwa EOR memiliki peran yang penting dalam menjaga kestabilan cadangan minyak Indonesia.

### **Kesimpulan, Rekomendasi dan Pembatasan**

1. Tambahan cadangan minyak BAU pada tahun 2030 sebesar 55.559.110 bbl lalu pada intervensi kebijakan 1 tambahan cadangan minyak pada tahun 2030 sebesar 58.225.947 bbl dan intervensi kebijakan 2 tambahan cadangan minyak pada tahun 2030 sebesar 62.726.235 bbl.
2. Skenario yang optimis untuk cadangan minyak Indonesia ke depan adalah Skenario 2 dengan meningkatkan EOR secara signifikan. EOR memiliki peran vital dalam menambah cadangan minyak kita sehingga aspek ketersediaan pada ketahanan energi dapat terjaga dengan baik.
3. Disarankan untuk dilakukan kajian lebih lanjut dengan variabel yang lebih menyeluruh dan perlu dilakukan kajian terhadap validasi model minyak CLD dan SFD yang

telah dibangun dan dianalisis sensitivitasnya.

### **Daftar Pustaka**

- DEN ESDM. 2019. *Neraca Energi Nasional*. Jakarta : DEN ESDM.
- ESDM. 2019. *Rencana Strategis 2015-2019*. Jakarta : ESDM.
- Hartrisari. 2007. *Sistem Dinamik: Konsep Sistem dan Pemodelan untuk Industri dan lingkungan*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- Muhammadi, Aminullah, Erman, Soesilo, Budhi, *Analisis Sistem Dinamis untuk Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*, 2001, Universitas Muhammadiyah Jakarta Press, Jakarta.
- Sa'adah, Ana., Fauzi, Akhmad., Juanda, Bambang. 2017. *Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik*. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*. 17 (2) : 137.
- Sauri, Ahmad. 2020. *Pemodelan System Dynamics Untuk Analisis Dinamika Produksi, Konsumsi dan Cadangan Minyak Indonesia*. *Skripsi* : Universitas Pertamina.
- Subiantoro, Sigit. 2007. *Kombinasi Preventive dan Reactive*

*Maintenance Dengan Simulasi  
Sistem Dinamik. Mesin. 9 (2) : 86 –  
97.*

Suryani, E., 2006. *Pemodelan dan Simulasi*.  
Yogyakarta: Graha Ilmu.