

ANALISIS PEMANFAATAN CORAL REEF SEBAGAI PENYIMPANAN CADANGAN STRATEGIS ENERGI UNTUK KETAHANAN ENERGI NASIONAL

ANALISYS OF CORAL REEF UNILIZATION AS A STRONGE OF STRATEGIC PETROLEOUM RESERVE FOR ENERGY SECURITY

Dwi Rahayuningtiyas, Rudi Laksmono, Yanif Dwi Kuncjoro

PROGRAM STUDI KETAHANAN ENERGI, FAKULTAS MANAJEMEN PERTAHANAN
UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

Komplek IPSC, Sentul, Sukahati, Citeureup, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16810
(dwiitiyas@gmail.com, rlwidayatno@gmail.com, yanifdkuntjoro@gmail.com)

UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

Abstrak - Indonesia adalah negara dengan konsumsi energi terbesar di Asia Tenggara, urutan kelima di Asia Pasifik dalam konsumsi energi primer. Gangguan pasokan minyak mentah dapat berdampak kepada perekonomian negara dan menimbulkan ketidakstabilan politik sehingga di perlukan Cadangan Strategis Energi (CSE) untuk menjaga pasokan energi jangka panjang dan untuk menjaga kestabilan ekonomi dan politik. Namun belum adanya infrastruktur penyimpanan yang dapat digunakan untuk menyimpan cadangan minyak tersebut sehingga Indonesia belum memiliki cadangan strategis hingga saat ini. Indonesia memiliki batuan karbonat (*Coral reef*) yang berpeluang sebagai reservoir hidrokarbon (minyak dan gas) memiliki kriteria porositas yang tinggi. Negara Amerika menyimpan cadangan minyak mereka didalam batuan reservoirnya yaitu batuan garam, dan juga Jepang menyimpan cadangannya di dalam gua batuan granit. Oleh karena itu Pada penelitian ini akan membahas bagaimana potensi dan efektifitas *coral reef* sebagai tempat penyimpanan cadangan Strategis Minyak (CSE). Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kualitatif dengan model deskriptif eksploratif, dimana peneliti melakukan wawancara di beberapa instansi dan studi literatur yang terkait dengan penelitian. Dari hasil yang di dapat dari penelitian ini adalah perlu adanya teknologi lebih lanjut untuk mengukur kapasitas dan volume batuan agar dapat menyimpan minyak mentah dan Pemilihan tempat untuk menyimpan cadangan strategis minyak di dalam batuan harus berada di tempat yang jauh dari tampungan air di dalam tanah (akuifer) serta wilayah yang jauh dari bencana gempa vulkanik.

Kata Kunci: Ketahanan Energi, Minyak Bumi, *Coral reef*, Cadangan Strategis Energi, Ketahanan Energi, Minyak Bumi.

Abstract – Indonesia is the country with the largest energy consumption in Southeast Asia the fifth in Asia Pacific in terms of primary energy consumption. Disruptions to the supply of crude oil can have an impact on the country's economy and cause political instability, which requires Strategic Petroleum Reserve (SPR) to maintain long term storage infrastructure that can be used to store these oil reserve energy supplies and economic and political stability. however, Indonesia does not have storage infrastructure that can be used to store these oil reserves so that Indonesia does not have strategic petroleum reserve (SPR). Indonesia has coral reef which have the oppurtunity to be a hydrocarbon (oil and gas) reservoir having high porosity criteria. The United States stores their strategic petroleum reserve in reservoir, namely salt dome and Japan stores their strategic petroleum reserve in granit rock caves. Therefore, this research will discuss how potential and effectiveness of coral reef as a storage area for strategic petroleum reserve. In this research method used is qualitative method wit a descriptive exploratory model, and researcher conduct interviews in severan agencies and study literature related yo research. The results from his research, it os necessary to have further technology to measure the capacity and volume to coral reef to store strategic

petroleum reserve and a place to store oil strategic reserves in coral reef must be in a place far from aquifer and earthquakes areas.

Keywords: Each keyword to start on a new line, alphabetically

Pendahuluan

Minyak bumi merupakan komoditas strategis yang menjadi sumber energi bagi perputaran roda perekonomian semua negara. Indonesia adalah negara dengan konsumsi energi terbesar di Asia Tenggara, urutan kelima di Asia Pasifik dalam konsumsi energi primer. Menurut Outlook Energi Indonesia tahun 2019 Produksi minyak selama 10 tahun terakhir menurun dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018. Produksi yang menurun disebabkan karena sumur-sumur produksi minyak bumi yang sudah tua, sedangkan sumur baru masih relatif terbatas (Widarsono, 2013). Untuk memenuhi kebutuhan kilang, Indonesia mengimpor minyak bumi terutama dari Timur Tengah sehingga ketergantungan impor mencapai 35%. Indonesia menghadapi penurunan cadangan energi fosil dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru (DEN,2019).

Produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009

menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018. Penurunan produksi minyak bumi disebabkan oleh sumur-sumur produksi utama minyak bumi yang umumnya sudah tua, sementara produksi sumur baru relatif masih terbatas. Untuk memenuhi kebutuhan kilang, Indonesia mengimpor minyak bumi terutama dari Timur Tengah sehingga ketergantungan terhadap impor mencapai sekitar 35% (Giffari dkk,2014).

Sebagai sebuah Negara pengimpor minyak (*net oil importir*), dalam mewujudkan ketahanan energi nasional berarti Indonesia harus memiliki cadangan energi terutama minyak. Cadangan energi nasional di jelaskan dalam PP No. 79/2014 pada pasal 13 disebutkan bahwa cadangan energi nasional meliputi cadangan strategis, cadangan penyangga, dan cadangan operasional. Cadangan Strategis yaitu cadangan energi untuk masa depan. Cadangan penyangga adalah cadangan energi yang digunakan untuk mengatasi kondisi krisis dan darurat energi. Sedangkan cadangan operasional adalah cadangan energi yang menjamin kontinuitas pasokan energi (Persia, 2018)

Beberapa negara baik kawasan regional ASEAN, Asia dan dunia telah membangun secara bertahap dan memiliki cadangan strategis energi. Sebagai contoh, *International Energy Agency* (IEA) mewajibkan setiap anggotanya memiliki cadangan strategis energi minimal 90 hari impor. Sedangkan, beberapa negara-negara di kawasan Asia seperti Jepang memiliki cadangan strategis energi selama 140 hari yang terdiri dari 83 hari minyak bumi dan 65 hari BBM, Thailand memiliki 81 hari (45 hari minyak bumi dan 36 hari BBM) dan Singapura 60 hari (30 hari minyak bumi dan 30 hari BBM) (Azmi dkk, 2014)

Saat terjadi penurunan harga minyak bumi, Indonesia tidak dapat membeli minyak dalam jumlah yang banyak, karena keterbatasan infrastruktur penyimpanannya. Saat ini kapasitas tangki hulu di dalam negeri mempunyai kapasitas pengisian 29,6 juta barel. Dengan rincian 24,8 juta tangki aktif, 3,5 juta barel tangki kosong dan 1,4 juta tangki rusak (DEN,2019). Namun tidak semua tangki tersebut bisa menyimpan crude yang berasal dari kapal. Sebagian besar tangki tidak dapat menyimpan crude yang berasal dari kapal (*backloading*). Perlu revitalisasi selama 1,5 tahun agar dapat menerima aliran dari

kapal. Karang yang merupakan batuan karbonat yang berpeluang sebagai reservoir hidrokarbon (minyak dan gas) memiliki kriteria porositas yang tinggi. Batuan reservoir karbonat berlimpah di Indonesia karena batuan ini bisa tumbuh pada daerah tropis dan laut dangkal yang dapat ditembus sinar matahari. Batuan karbonat yang memiliki banyak pori-pori atau rongga rentan terhadap patahan dan perlipatan sehingga memungkinkan terbentuknya rekahan. Reservoir sendiri memiliki arti sebagai sub-permukaan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang dapat menyimpan dan mengalirkan fluida berupa minyak dan gas (reza,2019) Dalam penelitian ini menganalisis pemanfaatan batuan *coral reef* sebagai reservoir, sehingga dapat digunakan untuk menyimpan cadangan strategis minyak dengan cara menginjeksikan minyak mentah kedalam batuan coral reef untuk meningkatkan cadangan energi demi terwujudnya ketahanan energi nasional.

Metode Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Dengan model analisis data yaitu analisis deskriptif eksploratif. Data kualitatif akan diperoleh melalui wawancara mendalam dengan

narasumber sebagai data primer. Wawancara dilakukan dengan topik cadangan strategis energi dan batuan *coral reef* yang berperan sebagai reservoir minyak bumi. Narasumber dipilih dari instansi pemerintah yang berkaitan dengan kondisi cadangan minyak bumi dan penyimpanannya, yaitu Dean Energi Nasional, Lembaga Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, Pertamina EP, dan Badan Geologi. Teknik wawancara digunakan adalah wawancara mendalam yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi. Wawancara dilakukan dengan *open-ended* sehingga peneliti mengajukan pertanyaan yang dapat ditanggapi bebas oleh narasumber. penggunaan teknik wawancara mendalam diharapkan dapat menghasilkan data yang lebih detail. pemilihan narasumber digunakan metode *snowball* sampling, dengan jumlah narasumber dapat bertambah sesuai kebutuhan penelitian. Sedangkan, data sekunder berupa data kualitatif maupun kuantitatif diperoleh dari data olahan yang bersumber dari DEN, ESDM, dan Lemigas yang terkait dengan jurnal ilmiah, hasil penelitian ilmiah, buku referensi tentang cadangan strategis energi (CSE).

Hasil dan Pembahasan

Cadangan Strategis Minyak dan Ketahanan Energi Nasional

Ketahanan energi didefinisikan sebagai ketersediaan energi yang tidak terputus dengan harga terjangkau, sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, ketahanan energi adalah suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses konsumen pada harga terjangkau dalam jangka panjang dengan memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup (Azmi,2014). Suatu negara dikatakan memiliki ketahanan energi apabila memiliki pasokan energi setara dengan 90 hari kebutuhan impor. Ketahanan energi penting karena energi adalah komponen penting dalam produksi barang dan jasa. Segala bentuk gangguan yang menghamat ketersediaan energi dalam bentuk bahan bakar primer dapat menurunkan produktivitas ekonomi suatu wilayah dan dapat membuat pertumbuhan ekonomi tidak sesuai dengan target apabila gangguan sampai pada tingkat nasional.

Saat ini Indonesia dengan populasi dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi, permintaan energi didalam negeri yang terus meningkat serta penurunan produksi minyak bumi didalam negeri

telah membawa Indonesia menjadi pengimpor energi dengan volume yang besar. Ketergantungan energi fosil yang saat ini masih didominasi oleh kebutuhan minyak bumi. Dari segi ketersediaan (Availability) energi, permasalahan yang dihadapi Indonesia yaitu: produksi minyak bumi yang terus menurun, rasio penemuan cadangan/produksi rendah, serta ketergantungan impor energi yang besar. Ketergantungan pada bahan bakar fosil minyak bumi menimbulkan pertanyaan (sustainability) dari sistem pemanfaatan energi yang diterapkan di Indonesia. Dalam UU No. 30 tahun 2007 menyatakan bahwa energi memiliki peranan yang sangat penting artinya bagi peningkatan kegiatan ekonomi dan keamanan nasional, sehingga pengelolaan energi yang meliputi penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahananya harus dilaksanakan secara berkeadilan, berkelanjutan, optimal, dan terpadu. Bahwa cadangan sumber daya energi tak terbarukan terbatas, maka perlu adanya kegiatan penganeekaragaman sumber daya energi agar ketersediaan energi terjamin. *International Energy Agency (IEA)* mewajibkan setiap anggotanya memiliki cadangan strategis energi minimal 90 hari impor. Saat ini cadangan yang dimiliki

Indonesia hanya cadangan operasional sebanyak 22 hari. Saat ini diperkirakan cadangan strategis minyak global sebesar 4,2 miliar barel, dimana 34 persen diantaranya dikuasai oleh pemerintah negara produsen, dan sisanya dikendalikan oleh perusahaan minyak dunia. Sebagai contoh, Jepang, Jerman dan Korea bukan merupakan negara penghasil minyak, namun memiliki aksesibilitas sangat tinggi terhadap minyak untuk kebutuhan industrinya yang maju. Amerika Serikat merupakan negara dengan konsumsi minyak terbesar yaitu 19 juta barel per hari perlu CSM dengan mega kapasitas. Sementara Israel juga bukan negara penghasil minyak dan konsumsi hariannya pun tidak tinggi, namun memiliki cadangan strategis yang tinggi untuk keperluan perangnya. Negara-negara Uni Eropa diharuskan untuk melakukan penimbunan stok minyak setara dengan 90 hari impor bersih minyak atau setara 61 hari konsumsi. Sementara, *International Energy Agency (IEA)* mengharuskan negaranegara anggotanya membentuk cadangan minyak strategis atau disebut juga sebagai cadangan minyak darurat yang setara dengan 90 hari impor. Dalam rangka menjamin fleksibilitas kilang-kilang tersebut ketika terjadi gangguan

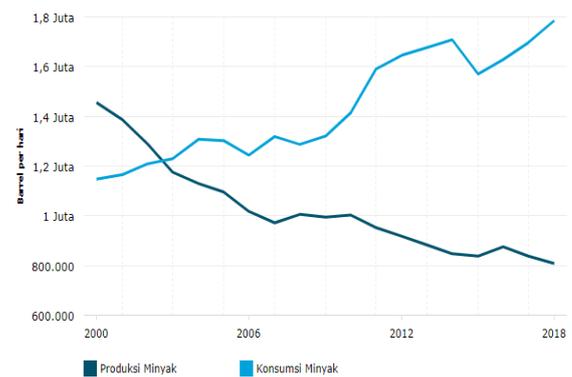
pasokan minyak mentah, negara-negara anggota IEA yang memiliki industri kilang minyak besar lebih banyak menimbun minyak mentah daripada BBM.

Kondisi Cadangan Strategis di Indonesia

Industri hulu minyak merupakan salah satu penghasil energi di Indonesia. Minyak bumi adalah salah satu bahan baku dalam proses produksi barang dan jasa merupakan faktor penting dalam menunjang kegiatan produksi di Indonesia. Indonesia dahulu merupakan negara penghasil minyak bumi dan tergabung dalam anggota *Organisation of Petroleum Exporting Country* (OPEC). Berdasarkan data dari BP (2013), Indonesia pernah memproduksi minyak mentah di atas 1 juta barrel per day (BPD) selama periode 1972 s. d. 2006 dengan pencapaian tertinggi tahun 1977 dengan produksi 1,68 juta BPD. Pada periode 1970an hingga 1990-an ditandai dengan ketergantungan yang tinggi dari perekonomian nasional atas pendapatan dari minyak bumi. Kebutuhan yang besar akan pendapatan nasional tersebut memicu produksi minyak dalam tingkat kapasitas maksimum yang seringkali jauh diatas tingkat produksi optimum.

Pada tahun 2003 untuk pertama kalinya tingkat konsumsi dalam negeri

melewati produksi nasional. Indonesia mulai mengalami defisit neraca minyak, berdasarkan data dari *British Petroleum* (BP), konsumsi minyak Indonesia sebesar 1,21 juta barel perhari sedangkan produksi minyak Indonesia hanya sebesar 1,18 juta barel perhari, hingga sampai saat ini meningkatnya konsumsi minyak Indonesia dan menurunnya jumlah produksi menyebabkan neraca minyak Indonesia selalu defisit. terlihat seperti gambar 1



Gambar 1 Grafik Konsumsi dan Produksi Minyak mentah di Indonesia

Sumber: BP Global Company (2019)

Lapangan-lapangan minyak di Indonesia umumnya sudah berumur lanjut dan tidak memiliki strategi enhanced oil recovery (EOR) dan/atau pemeliharaan tekanan. Indonesia harus memenuhi konsumsi minyak bumi di Indonesia dengan cara mengimpor minyak bumi dari negara-negara lain. Minyak dari pasar internasional yang dibeli Indonesia dikarenakan kondisi

produksi yang menurun dan mengharuskan pemerintah Indonesia harus membeli minyak bumi dengan harga yang tidak dapat diintervensi dan harga minyak bumi dunia dipengaruhi oleh ketersediaan pasokan negara-negara penghasil minyak.

Pertumbuhan jumlah penduduk serta peningkatan jumlah kendaraan mendorong kenaikan kebutuhan minyak domestik. Pada kisaran waktu 2013-2019, impor rata-rata Indonesia adalah 220.046 Barrel/Day. Impor minyak pada tahun 2013 sebesar 401.721 Barrel/Day kemudian impor minyak mengalami penurunan pada tahun 2018 yaitu 335.833 Barrel/Day. Ekspor minyak mentah Indonesia mengalami tren turun sepanjang 1996-2018. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik volume ekspor minyak mentah pada 1996 mencapai 38,3 juta ton, namun pada 2018 hanya tinggal 10 juta ton seperti terlihat pada grafik 4.2. Selama kurun lima tahun 2014 - 2018, ekspor mengalami fluktuasi. Selama kurun waktu 2014 -2016, ekspor minyak bumi dan kondensat terus mengalami kenaikan dengan ekspor tertinggi pada tahun 2016. Menurunnya produksi menjadi pendorong turunnya volume ekspor minyak mentah. Penurunan tersebut akibat dari penurunan cadangan secara

alami lapangan-lapangan yang sudah tua dan belum optimalnya penerapan teknologi *Enhanced Oil Recovery* (EOR) pada sebagian besar lapangan-lapangan minyak tua di Indonesia.

Untuk kapasitas kilang Indonesia Hingga saat ini kapasitas kilang minyak Indonesia masih sebesar 1.169 MBSD yang sebagian besar kilang milik PT Pertamina. Padahal negara-negara yang cadangan minyaknya lebih rendah dari Indonesia memiliki kapasitas kilang lebih besar. Sebagai contoh Thailand yang memiliki kapasitas kilang sebesar 1,2 juta barrel per hari dan Singapura yang kilangnya berkapasitas hingga 1,4 juta barrel perhari dan juga disertai dengan kapasitas tangki penyimpanan yang besar. Semenjak tahun 1994 kapasitas kilang minyak nasional tidak mengalami penambahan yang berarti akibat dari besarnya nilai investasi untuk sebuah kilang dengan margin keuntungan yang sangat kecil. Dengan demikian upaya peningkatan kapasitas kilang hanya dilakukan melalui program revitalisasi. Pada tahun 2017 Pertamina mulai melakukan revitalisasi 5 kilang minyaknya yaitu kilang Cilacap, Jawa Tengah; Balongan, Jawa Barat; Dumai, Riau; Balikpapan, Kalimantan Timur; Plaju, Sumatera Selatan sehingga diperkirakan kapasitas kilang minyak akan

meningkat menjadi 2 kali lipat dari kapasitas saat ini.

Dilihat dari kondisi Indonesia yang tergantung dengan impor, dan tren cadangan minyak bumi yang terus mengalami penurunan, Indonesia seharusnya memiliki cadangan strategis minyak untuk menjaga ketahanan energi Nasional. Namun saat ini Indonesia hanya memiliki cadangan operasional BBM milik PT Pertamina (Persero), yang bisa mencukupi kebutuhan BBM selama 22 hari. Sementara itu, penyimpanan tangki yang tersedia untuk menyimpan cadangan minyak strategis hanya berkapasitas penyimpanan selama 3,58 hari. Artinya dengan kondisi Indonesia yang masih bergantung pada impor minyak, maka Pemerintah perlu secara bertahap untuk menyediakan cadangan minyak strategis dan memulai membangun tempat penyimpanannya. Mengingat kondisi global yang ada khususnya terkait cadangan minyak dunia, saat ini cadangan tersebut mulai mengalami penyusutan seiring dengan semakin tingginya kebutuhan akan minyak. Banyak negara mengalami kekhawatiran akan kemampuan produksi dunia untuk memenuhi permintaan di beberapa tahun ke depan. Pasokan minyak yang semakin diperketat di

kemudian hari dapat menjadi faktor kelangkaan pasokan minyak. Negara-negara Timur Tengah merupakan negara penghasil minyak terbesar dan memasok sekitar 35 persen dari kebutuhan minyak di dunia. Oleh karenanya banyak negara-negara pengimpor minyak berlomba mendekati negara negara penghasil minyak untuk mengamankan pasokan jangka panjang kebutuhan minyak. Ketergantungan yang besar terhadap suatu wilayah menjadi sumber yang rawan secara politik, beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan pasokan minyak adalah ketegangan geopolitik dan ancaman teroris masih tinggi di beberapa negara, khususnya negara-negara penghasil minyak, kemudian bencana alam yang dapat berdampak pada rusaknya akses jalur pasokan kemudian sumber minyak yang hanya berada di beberapa negara dan investor tidak dapat masuk karena keterbatasan undang-undang dari negara terkait.

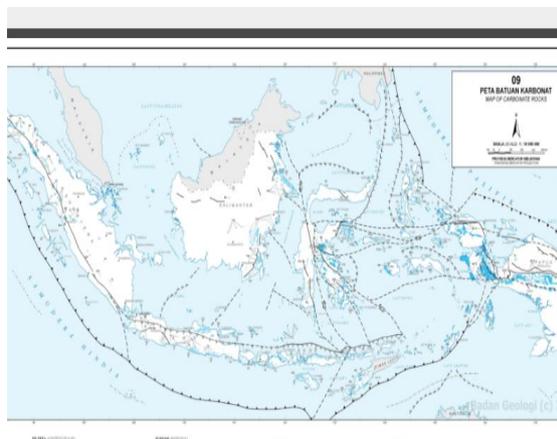
Potensi Peningkatan Cadangan Minyak di Indonesia melalui pengisian di Coral reef

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam (SDA) yang digunakan unrtuk memenuhi kebutuhan energi saat

ini. Pada Perpres No. 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) mengatakan bahwa permasalahan energi nasional adalah belum tersedianya Cadangan Strategis Energi yang mempunyai peran penting bagi suatu negara untuk mengurangi dampak politik, ekonomi, sosial yang terjadi akibat krisis darurat energi. pada tahun awal tahun 2020 turunnya harga minyak dunia dinilai menjadi peluang besar untuk dimanfaatkan setiap negara untuk menambah pasokan cadangan minyak, namun Indonesia belum bisa menampung stok minyak berlebih karena belum adanya infrastruktur untuk menyimpan cadangan minyak. sampai dengan saat ini Indonesia hanya memiliki cadangan operasional yang diperkirakan hanya 22 hari.

Indonesia dapat membuat infrastruktur penyimpanan cadangan minyak dengan sistem underground. Beberapa negara menyimpan cadangan minyak di bawah permukaan dengan sistem underground seperti Amerika dan Jepang yang menyimpan cadangan dengan batuan garam dan granit. Indonesia sendiri memiliki banyak formasi batuan karbonat (*coral reef*) sebagai batuan reservoir minyak yang dapat digunakan untuk menyimpan minyak

dibawah permukaan terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta persebaran batuan *coral reef*

Sumber: Badan Geologi (2006)

Pada batuan reservoir, porositas dan permeabilitas menjadi sangat penting, karena berpengaruh pada kemampuan menyimpan fluida hidrokarbon. Semakin besar porositas batuan, maka diperkirakan juga sebanding dengan jumlah kandungan hidrokarbonnya. Batuan karbonat memiliki persebaran nilai porositas dan permeabilitas hingga 40 % yang dapat dikategorikan sebagai reservoir yang baik sehingga dapat menyimpan minyak. (Purwagandhi dkk,2014).

Adanya proses-proses yang terjadi pada batuan karbonat (*coral reef*) yang dapat memperbesar jumlah porositas. Terdapatnya aktifitas organisme serta sifat batuan karbonat yang mengalami opelarutan merupakan beberapa faktor

yang berpengaruh pada besarnya porositas batuan tersebut. teknik menyimpan minyak dengan cara meninjeksikan kembali kedalam reservoir ini tentunya memerlukan kriteria reservoir khusus karena setelah minyak yang mengalir, reservoir akan diisi oleh air dan minyak akan selalu berada diatas air karena densitasnya saat berada didalam air.

Pilihan untuk menyimpan minyak dengan batuan reservoir dapat dilakukan untuk menjaga ketahanan energi pada saat harga minyak turun agar pemerintah dapat membeli minyak dengan jumlah yang banyak. Namun sampai saat ini masih belum adanya teknologi serta penelitian lebih lanjut mengenai teknologi yang dapat digunakan untuk menginjeksikan kembali minyak bumi kedalam batuan reservoir dan juga belum adanya teknologi untuk mengukur volume atau kapasitas reservoir yang dapat menampung minyak yang diinjeksikan dan juga tinginya biaya yang digunakan untuk proses peninjeksian minyak kedalam reservoir tersebut.

Efektifitas penyimpanan cadangan minyak di coral reef jika di terapkan di Indonesia

Kilang pengolahan minyak merupakan infrastruktur energi yang penting untuk penyediaan serta mendistribusikan minyak. Adanya keterbatasan kilang menyebabkan suatu negara mengalami ketergantungan minyak mentah. Kilang merupakan salah satu fasilitas penyimpanan cadangan minyak. Saat ini kapasitas kilang minyak Indonesia diperkirakan sebesar 1.1uta bph namun hanya 719 ribu bph yang dapat diolah. Dengan kebutuhan konsumsi minyak sebesar 1.359 juta bph, maka Indonesia masih harus melakukan impor sebesar 640 ribu bph. Dengan kondisi Indonesia yang masih tergantung dengan impor, seharusnya Indonesia memiliki cadangan strategis minyak mentah untuk menjaga ketahanan energi nasional. Namun kenyataannya, saat ini Indonesia hanya memiliki cadangan operasional milik PT Pertamina (Persero), yang bisa mencukupi kebutuhan selama 22 hari. Sementara itu, penyimpanan tangki yang tersedia untuk menyimpan cadangan minyak strategis hanya berkapasitas penyimpanan selama 3,58 hari . Artinya dengan kondisi Indonesia yang masih bergantung pada impor minyak, maka Pemerintah perlu secara bertahap untuk menyediakan cadangan minyak strategis

dan memulai membangun penyimpanannya.

Menurut pengertian cadangan strategis energi adalah cadangan terbukti minyak bumi yang berada dibawah tanah untuk jangka panjang dengan jenis, jumlah, dan lokasi tertentu. Menurut hasil wawancara Indonesia dapat membuat penyimpanan cadangan minyak dengan sistem underground tetapi jika ingin membangun sistem underground memerlukan biaya mahal. Beberapa kendala Indonesia dalam menerapkan penyimpanan cadangan minyak dengan sistem underground yaitu:

Masalah Teknis. Indonesia jika ingin membuat tempat penyimpanan minyak dengan sistem underground menggunakan batuan coral reef harus memerlukan teknik khusus, Ini karena batuan karbonat (Coral reef) memiliki komposisi kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) lebih dari 50%, yang terbentuk dari proses biomineralisasi organisme maupun hasil endapan dari rombakan batuan karbonat lain. Batuan karbonat merupakan batuan yang memiliki potensi besar untuk menjadi reservoir dikarenakan memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi, dan tergolong baik untuk sebuah reservoir. Namun, besarnya kandungan CaCO_3 dan

kompleksnya tipe komponen menyebabkan batuan karbonat menjadi tidak stabil dan rentan teralterasi oleh proses-proses sekunder (post deposition), seperti diagenesis, sehingga menyebabkan sistem porositas dan permeabilitas batuan karbonat menjadi heterogen dan lebih kompleks. Tipe porositas dalam batuan karbonat yang terbentuk sebagai hasil interaksi antara tekstur pengendapan dan diagenesis.

Tingginya keberagaman porositas yang dimiliki oleh batuan karbonat menjadi salah satu permasalahan berbeda dengan batuan reservoir yang umumnya memiliki keseragaman ukuran porositas yaitu porositas intergranular, batuan karbonat memiliki beragam jenis ukuran porositas didalam batumannya. Minyak yang telah dieksplorasi dari sumur minyak memiliki molekular yang besar sehingga ketika diinjeksikan lagi kedalam batuan kembali maka akan memerlukan teknologi dan juga sulitnya mengukur besar porositas rata-rata batuan karbonat akibat terdapatnya berbagai macam jenis ukuran porositas ini, menyebabkan perlunya analisa lebih lanjut untuk menentukan jenis minyak yang akan diinjeksi kembali. Batuan *coral reef* memiliki karakteristik mengikat minyak dalam pori-porinya, sehingga apabila

meninjeksikan kembali minyak kedalam batuanya akan susah untuk diambil kembali.

Minyak yang akan diinjeksikan kedalam batuan *coral reef* ini juga memerlukan teknologi yang khusus untuk menginjeksikannya kedalam batuanya, Menurut Aprilian (2001) batuan karbonat yang lebih rentan terhadap patahan dan pelipatan, maka akan memungkinkan terbentuknya rekahan (*fractures*) sebagai jalan untuk mengalirkan fluida reservoir (minyak, gas, dan air). Sehingga apabila diinjeksikan minyak, maka dapat membuat minyak yang diinjeksikan akan menyebar.

Konsep menyimpan minyak didalam batuan dapat dilakukan namun memerlukan perhitungan untuk mengetahui volume batuan yang ingin digunakan untuk menjadi wadah penyimpanan minyak dan juga harus mengetahui sifat dari batuan tersebut apakah lebih suka mengikat minyak atau air. Pada umumnya reservoir bersifat *water wet* sehingga air cenderung untuk melekat pada permukaan batuan sedangkan minyak akan terletak diantara fasa air. Jadi minyak tidak mempunyai gaya tarik-menarik dengan batuan dan akan lebih mudah mengalir, sehingga kemungkinan minyak akan menyebar ke

formasi batuan lain yang berada dibawah permukaan. Sedangkan untuk batuan yang memiliki sifat *oil wet* Saat minyak yang diinjeksikan kedalam batuan reservoirnya minyak tersebut akan terikat didalam pori-porinya sehingga apabila minyak yang telah diinjeksikan saat akan diambil kembali tidak akan bisa diambil 100%, minyak yang dapat diambil hanya sekitar 50% atau kurang karena minyak akan tertinggal didalam pori-porinya.

Lingkungan. Minyak yang tidak terperangkap didalam batuan akan mengalir ke lapisan dibawah permukaan tanah. hal ini tentu saja akan berdampak terhadap masalah lingkungan. pembukaan lahan untuk membuat sistem underground dengan batuan ini juga dapat merusak ekosistem sekitarnya. Saat rembesan minyak yang tidak terperangkap dalam pori-pori batuan coral reef dan mencemari akuifer, maka akan berdampak kedalam masalah kesehatan karena minyak memiliki sifat toxic, karsinogenik, dan mutagenik. Minyak mentah memiliki komponen penyusun seperti hidrokarbon (unsur karbon, hidrogen, dan oksigen), naphta, belerang, nitrogen, dan juga logam berat. Kandungan kandungan pada crude oil ini merupakan senyawa

yang berbahaya dan beracun serta dianggap sebagai kontaminan berat. Pencemaran minyak bumi di tanah merupakan ancaman yang serius bagi kesehatan manusia. Minyak bumi yang mencemari tanah dapat mencapai lokasi air tanah, danau atau sumber air yang menyediakan air bagi kebutuhan domestik maupun industri sehingga menjadi masalah serius bagi daerah yang mengandalkan air tanah sebagai sumber utama kebutuhan air bersih atau air minum. Pencemaran minyak bumi, meskipun dengan konsentrasi hidrokarbon yang sangat rendah sangat mempengaruhi bau dan rasa air tanah. Dalam membuat sistem penyimpanan minyak dengan sistem underground harus berada wilayah yang aman dari gempa, tidak boleh dekat dengan lapisan di dalam tanah yang dapat menampung dan meloloskan air (akuifer), tidak boleh di hutan produksi dan juga harus melihat formasi batuan tersebut apakah mengalami deformasi atau tidak. Jika ingin membangun tempat penyimpanan minyak mungkin bisa di pulau yang tidak ada penduduknya dan mudah untuk diakses oleh kapal tanker pembawa minyak.

Ekonomi. Dalam membuat penyimpanan sistem underground ini

memerlukan biaya yang mahal, dimulai dari injeksi minyak ke dalam batuan yang memerlukan teknologi, biaya dalam membuka lahan untuk membangun tempat penyimpanannya, kemudian karena minyak yang diinjeksikan kedalam reservoir tidak bisa 100 persen tertampung atau terperangkap didalam batuanya ini karena kondisi batuan batuan karbonat yang lebih rentan terhadap patahan dan pelipatan, maka akan memungkinkan terbentuknya rekahan (*fractures*) sebagai jalan untuk mengalirkan fluida reservoir (minyak, gas, dan air) dan membuat minyak yang diinjeksikan akan menyebar. Saat minyak yang telah diinjeksikan kembali kemudian ingin diambil kembali tidak semua minyak yang telah diinjeksikan dapat diambil lagi, minyak yang dapat diambil hanya sekitar 20%-50%. Proses pengambilan minyak yang telah diinjeksikan prosesnya sama dengan proses eksplorasi minyak pada sumur- sumur minyak dengan proses yang panjang dan memerlukan biaya yang mahal. Jika ingin mengambil lebih dari 50% proses pengambilannya juga memerlukan teknologi seperti *Enhanced Oil Recovery* (EOR) menginjeksikan surfaktan atau polimer untuk mencuci batuanya agar minyak yang terikat dapat diambil. Dalam teknologi EOR

Besarnya saturasi minyak tersisa pada suatu reservoir menentukan mudah atau sukarnya pendesakan yang dilakukan oleh fluida injeksi nantinya. Makin kecil harga saturasi minyak tersisa pada suatu reservoir, maka semakin kecil kemungkinan untuk memperoleh keuntungan dari EOR. Hal ini disebabkan oleh dua hal, yaitu pengurasan minyak memerlukan metode yang mahal dan jumlah minyak yang harus menanggung biaya pengurasan makin kecil.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan beberapa hal yang merupakan jawaban dari tujuan penelitian, yaitu:

1. Kondisi Indonesia saat ini mengalami penurunan produksi minyak mentah dan masih bergantung pada impor minyak, dan hanya memiliki cadangan operasional selama 22 hari maka Pemerintah perlu secara bertahap untuk menyediakan cadangan minyak strategis dan memulai membangun tempat penyimpanannya. Mengingat kondisi global yang ada khususnya terkait cadangan minyak dunia, saat ini cadangan tersebut mulai mengalami penyusutan seiring dengan semakin tingginya kebutuhan akan minyak.

2. Potensi Peningkatan cadangan minyak dengan pengisian di *coral reef* yaitu Coral reef dapat digunakan untuk menyimpan minyak untuk menjaga ketahanan energi nasional jika adanya teknologi yang dapat mengukur volume dan kapasitas batuan untuk menampung minyak yang telah diinjeksikan.
3. Efektivitas *coral reef* dapat digunakan sebagai penyimpanan cadangan strategis minyak apabila:
 - a) Adanya teknologi yang dapat menginjeksikan minyak tersebut kedalam batuan dan teknologi untuk mengambil minyak tersebut kembali
 - b) Pemilihan tempat untuk menyimpan cadangan strategis minyak di dalam batuan harus berada di tempat yang jauh dari tampungan air di dalam tanah (akuifer) serta wilayah yang jauh dari bencana gempa vulkanik.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian pada pemanfaatan *coral reef* sebagai tempat penyimpanan cadangan strategis energi untuk meningkatkan ketahanan energi nasional, maka rekomendasi yang dapat

peneliti berikan kepada pemerintah dan juga peneliti selanjutnya adalah:

1. Dalam menyediakan cadangan strategis energi yang perlu diperhatikan, antara lain: pertama, pembangunan kilang-kilang baru akan dapat meningkatkan kapasitas cadangan minyak mentah dan bahan bakar minyak. Namun, dengan biaya pembangunan kilang minyak baru yang cukup mahal, maka Pemerintah dapat melakukan pembaharuan kilang yang ada terlebih dahulu
2. Pada penelitian selanjutnya peneliti merekomendasikan untuk mengkaji terkait masalah pembangunan sistem underground dengan batuan granit yang memiliki potensi untuk menyimpan cadangan minyak Indonesia.
3. Adanya studi lanjutan mengenai teknologi yang diperlukan untuk menginjeksikan minyak dan mengambil kembali minyak yang telah diinjeksikan.

Daftar Pustaka (Candara 12, Bold, 1 Spasi)

Azmi, Riza dan Amir Hidayat (2014). Ketahanan Energi : Konsep, Kebijakan dan Tantangan bagi Indonesia. Pusat Pengelolaan Risiko Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan.

Buku Putih Pertahanan (2015) Kementerian Pertahanan

Republik Indonesia Cetakan Ketiga, November 2015

- Biro Analisa Anggaran dan Pelaksanaan APBN Setjen DPR RI (2015). Tantangan Perminyakan di Indonesia.
- Dewan Energi Nasional (2019). Buku Ketahanan Energi Indonesia.
- Dewan Energi Nasional (2019). Negara Energi nasional 2019
- Dewan Energi Nasional (2019). Outlook Energi Indonesia
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (2020) Rencana Strategis KESDM 2020-2024.
- SKK Migas. (2019). Langkah Strategis Meningkatkan Produksi Minyak Bumi.
- Rahayu Dewi Maria. dkk. (2018) Strategi Penanganan Krisis dan Darurat Bahan Bakar Minyak dengan Perencanaan Skenario. Universitas Pertahanan.
- Reza, Christian Gerald,(2019) evaluasi peningkatan nilai perolehan dengan metode injeksi polimer pada batuan karbonat lapangan "x" menggunakan simulator black oil.
- Harimei Bambang dkk (2018). Pemetaan Porositas Pada Lapisan Reservoir Karbonat dengan Menggunakan Metode Seismik Inversi. Jurnal Geocelbes Vo. 2 No. 1
- Haryadi Riandito. Dkk. Batuan Karbonat sebagai Reservoir
- Giffari Fiqi.dkk. (2014). Analisis Cost Benefit Pengembangan Cadangan Strategis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Persia, Aziza Nur. (2018). Studi Tentang Cadangan Penyangga Minyak (CPM) Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Indonesia. Jurnal Ketahanan Energi Volume 4

PURWAGANDHI, SANDY INDRA. Estimasi Model Porositas Dan Permeabilitas Batuan Karbonat Menggunakan Analisis Cross Plot Dan Inversi Akustik Impedansi Pada Lapangan" GANDHI" Formasi Gumai-Baturaja Cekungan Sunda. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2014.

Widarsono Bambang. (2013) Cadangan dan Produksi Gas Bumi Nasional : Sebuah Analisis atas Potensi dan Tantangannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Widyastuti Nur Laila dan Nugroho Hanan. (2020). Dampak Covid 19 Terhadap Industri Minyak dan Gas Bumi: Rekomendasi Kebijakan Untuk Indonesia. Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Bappenas Republik Indonesia