

## Pandangan Aksiologi terhadap *Geoengineering* sebagai Usaha untuk Mengatasi Pemanasan Global

Hazrati Ashel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S3 Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia  
E-mail: hazratiashel@upi.edu<sup>1</sup>

	<i>This is an open-access article under the <a href="#">CC BY-SA</a> license. Copyright © XXXX by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.</i>	
Diterima: 21-12-2021	Direview: 21-12-2021	Publikasi: 30-04-2023

### Abstrak

Penanggulangan pemanasan global merupakan salah satu tantangan yang sedang dihadapi dunia saat ini. Beberapa bencana yang disebabkan oleh pemanasan global diantaranya adalah badai, angin ribut, hujan deras, serta perubahan musim tanam. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu dengan melakukan strategi *geoengineering*. *Geoengineering* adalah suatu upaya untuk memanipulasi iklim bumi guna melawan efek pemanasan global. Akan tetapi, dalam melakukan manipulasi perlu ditinjau etika, kebaikan, keburukan, hingga estetikanya. Artikel ini menyajikan tentang pandangan aksiologi terhadap *geoengineering* sebagai usaha mengatasi pemanasan global. Kajian dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi literatur seperti penelaahan terhadap buku-buku, literatur-literatur, dan artikel ilmiah terkait. Beberapa Lembaga terkemuka di dunia telah dan akan meneliti *geoengineering* dan mencari manfaat potensial dari ilmu ini. Namun, jika konsep manipulasi iklim ini disalahgunakan seperti dijadikan senjata perang dan teknologi untuk menghancurkan suatu wilayah, maka *geoengineering* dikatakan sudah melanggar etika sains. Oleh karena itu, kajian aksiologi terhadap strategi *geoengineering* menjadi penting untuk dilakukan.

**Kata Kunci:** filsafat; aksiologi; *geoengineering*; pemanasan global

### Abstract

Tackling global warming is one of the challenges facing the world today. Some of the disasters caused by global warming include storms, hurricanes, heavy rains, and changes in planting seasons. One of the efforts that can be done to overcome this problem is by implementing a *geoengineering* strategy. *Geoengineering* is an attempt to manipulate the Earth's climate to counter the effects of global warming. However, in carrying out manipulation it is necessary to review ethics, goodness, badness, and aesthetics. This article presents an axiological view of *geoengineering* as an effort to overcome global warming. The study was conducted using a qualitative approach through literature study, such as a review of related books, literatures, and scientific articles. Some of the world's leading Institutes have and will research *geoengineering* and seek the potential benefits of this science. However, if the concept of climate manipulation is misused as a weapon of war (Operation Popeye) and technology to destroy an area (HAARP), then *geoengineering* is said to have violated scientific ethics. Therefore, an axiological study of *geoengineering* strategies is important to do.

**Keyword:** philosophy; axiology; *geoengineering*; global warming

### 1. Pendahuluan

Perkembangan sains dapat menghasilkan berbagai produk berupa fakta, data, konsep, ataupun teori kemudian produk tersebut diaplikasikan pada berbagai bidang yang terkait. Salah satu dampak dari perkembangan produk sains yaitu dimulainya revolusi industri sehingga banyak dibangun pabrik-pabrik di bidang pembangkit listrik, kendaraan transportasi, hingga pertanian. Industri ini memang membuat dunia semakin maju, misalnya dengan diciptakannya kendaraan bermotor siapapun akan lebih mudah dalam bepergian dalam jarak yang jauh. Namun, di sisi lain juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan hidup manusia seperti meningkatnya kadar

CO dan CO<sub>2</sub> di udara sehingga dihasilkan efek rumah kaca. Bumi seolah-olah dilapisi oleh kedua gas tadi sehingga panas yang masuk ke bumi tidak dapat dipantulkan ke luar. Akibatnya, bumi terasa lebih panas atau disebut sebagai pemanasan global. Fenomena ini dikenal dengan paradoks sains. Di satu sisi, sains berkontribusi pada kesejahteraan manusia, namun di sisi lain aplikasi sains menampilkan wajah desktruktif seperti mendegradasi lingkungan dan menyebabkan dehumanisasi (Firman, 2019).

Di beberapa belahan dunia, telah terjadi kenaikan suhu antara 1,4°C hingga 5,8°C (Ramlan, 2002). Di Alaska terjadi kenaikan suhu sebesar 4°C, sementara di Siberia dan sebagian Kanada suhu telah mencapai 14°C, di Manhattan pada tahun 2000 masih 10°C dan di tahun 2001 telah mencapai 18°C. Bahkan bongkahan-bongkahan es di Kutub Utara dan Kutub Selatan telah mulai mencair akibat pemanasan global. Mencairnya es di kutub menyebabkan permukaan air laut meningkat sehingga semakin banyak air yang menguap dan curah hujan menjadi lebih tinggi. Kenaikan suhu ini disebabkan karena konsentrasi CO, CO<sub>2</sub>, dan gas rumah kaca lainnya sudah sangat meningkat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pemanasan global dapat menyebabkan perubahan iklim. Saat ini, perubahan iklim merupakan tantangan paling serius yang dihadapi dunia sehingga perubahan iklim menjadi topik penting dalam 17 tujuan pembangunan berkelanjutan atau Sustainable Development Goals (SDGs). Hal ini dikarenakan semakin banyaknya terjadi fenomena penyimpangan cuaca seperti badai, angin ribut, hujan deras, serta perubahan musim tanam (Triana, 2008). Selain itu, juga terdapat ancaman badai tropis, banjir, longsor, kekeringan, kebakaran hutan, punahnya berbagai jenis ikan dan rusaknya terumbu karang, serta krisis air bersih. Bahkan berbagai penyakit juga dapat meningkat seperti DBD, alergi, penyakit pernafasan, dan radang selaput otak.

Hasil pengamatan ilmuwan dari berbagai negara yang tergabung dalam Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) yang menunjukkan bahwa ternyata selama tahun 1990 - 2005 telah terjadi peningkatan suhu merata di seluruh bagian bumi, yaitu antara 0,15 - 0,3°C. Hal ini menimbulkan berbagai masalah, antara lain tenggelamnya pulau-pulau kecil akibat naiknya permukaan air laut sebagai dampak dari mencairnya es di *Greenland* dan Antartika ( $\pm$  1 meter pertahun). Berdasarkan penelitian para ilmuwan yang tergabung dalam Lembaga Survei Antartika (BIA) baru-baru ini, lebih dari satu juta hektar bongkahan es di wilayah bagian barat antartika atau lingkaran kutub selatan terancam meleleh atau pecah. Hal ini merupakan indikator kondisi antartika yang berubah cepat, akibat peningkatan suhu bumi. PBB sangat mengkhawatirkan kondisi ini karena ini merupakan ancaman terbesar yang melanda dunia kedepannya. Jika peningkatan suhu itu terus berlanjut, diperkirakan pada tahun 2040 (33 tahun dari sekarang) lapisan es di kutub-kutub bumi akan habis meleleh. Luapan air laut makin lama makin luas sehingga akhirnya menelan seluruh pulau.

Banyaknya dampak yang disebabkan oleh pemanasan global, maka para ahli ingin mengupayakan agar kenaikan suhu bumi tidak melewati batas ambang 1,5°C. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan strategi *geoengineering* atau perekayasaan kebumihan. *Geoengineering* adalah suatu upaya untuk memanipulasi iklim bumi guna melawan efek pemanasan global. Ada dua strategi yang dapat dilakukan yaitu dengan memindahkan atau mengubah bentuk CO<sub>2</sub> dan memodifikasi radiasi matahari. Kedua strategi ini menerapkan teknologi yang dapat menangkap CO<sub>2</sub> dari aliran limbah industri dan menyimpannya di dalam tanah, laut, atau di dalam material.

Jika strategi ini diterapkan sesuai dengan aturan dan tidak melanggar etika sains, maka strategi ini dapat diterapkan untuk mengatasi pemanasan global dengan harapan suhu di bumi bisa kembali normal. Namun, bagaimana jika sekelompok peneliti melakukan uji coba penelitian pengaturan cuaca di suatu wilayah sehingga menimbulkan bencana bagi wilayah tersebut? Bagaimana jika strategi ini digunakan oleh satu negara untuk mengatur cuaca negara lain? Bagaimana jika strategi ini digunakan sebagai senjata perang dengan menciptakan kondisi cuaca yang buruk untuk suatu wilayah? Tentunya hal ini akan menjadi paradoks dan menjadi kontroversi karena menyalahi etika sains. Etika sains menjadi penting dalam pengembangan strategi ini karena etika dapat memberikan pertimbangan rasional tentang dilema-dilema etis yang berhubungan dengan penelitian dan aplikasi sains (Firman, 2019). Kaidah etika perlu digunakan dalam menentukan objek penelitian dan mengaplikasikan sains agar terhindar dari kemunculan dampak negatif dari riset sains dan penerapan pengetahuan sains di masyarakat seperti kerusakan lingkungan dan dehumanisasi. Kajian tentang etika dibahas secara filsafat, yaitu melalui aksiologi. Oleh karena itu, kajian aksiologi terhadap strategi *geoengineering* menjadi penting untuk dilakukan.

## 2. Metode

Artikel ini merupakan kajian ulas balik (*review*) yang menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi literatur seperti penelaahan terhadap buku-buku, literatur-literatur, dan artikel ilmiah terkait. Selain itu, hasil-hasil penelitian empiris juga digunakan sebagai data sekunder. Sementara kajian filsafat yang dilakukan adalah kajian aksiologi terhadap *geoengineering* sebagai usaha dalam mengatasi pemanasan global.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### a. Filsafat dan Kajian Aksiologi

Sekelompok masyarakat Yunani yang tidak percaya mitos ingin menjelaskan berbagai peristiwa melalui pemikiran. Berpikir secara mendalam pada berbagai ilmu disebut dengan filsafat sehingga filsafat disebut juga dengan induk dari segala ilmu. Sokrates menyatakan bahwa filsafat didefinisikan sebagai proses mempertanyakan tentang hakikat alam dan berupaya menjawabnya dengan menggunakan logos/rasio daripada mitos. Filsafat berperan dalam sejarah perkembangan manusia yaitu sebagai pembebas dan pembimbing. Filsafat membebaskan manusia dari kepercayaan terhadap mitos yang sudah mentradisi, membebaskan manusia dari cara berpikir yang tidak sistematis, dan membimbing manusia untuk mengembangkan cara berpikir menyeluruh, kritis, analitis, dan logis (Firman, 2019).

Ada tiga cabang ilmu filsafat, yaitu metafisika tentang kajian mendasar dan komprehensif mengenai realita dan keberadaan, epistemologi yang membahas tentang cara memperoleh pengetahuan, ontologi yang membahas tentang hakikat keberadaan, dan aksiologi yang membahas tentang manfaat atau nilai ilmu. Pada makalah ini, strategi *geoengineering* akan dikaji secara aksiologi. Aksiologi berasal dari kata Yunani, yaitu *axion* (nilai) dan *logos* (teori), yang berarti teori tentang nilai (Salam, 1997). Suriasumantri (2005) menyatakan aksiologi adalah teori nilai yang berkaitan dengan kegunaan dari pengetahuan yang diperoleh. Aksiologi merupakan suatu pemikiran tentang masalah-masalah nilai seperti nilai moral, nilai agama, dan nilai keindahan (Susanto, 2019).

Suatu ilmu atau pengetahuan dikaji secara aksiologi memiliki arti bahwa seseorang menggunakan atau mengembangkan ilmu yang dimiliki berlandaskan etika dan estetika demi kemaslahatan bersama (Haetami, 2017). Kajian aksiologi memperhatikan tentang baik dan buruk, benar dan salah, serta cara dan tujuan penggunaan suatu ilmu atau pengetahuan. Ilmu bersifat netral, namun pemilik ilmu harus memiliki sikap dalam menggunakan ilmu yang dimiliki. Berdasarkan definisi-definisi tersebut, terlihat bahwa dalam aksiologi kita memahas tentang nilai. Nilai berfokus pada sesuatu yang dimiliki manusia dalam melakukan berbagai pertimbangan terhadap ilmu atau pengetahuan yang dinilai (Bakhtiar, 2006). Seseorang harus mengetahui dan mampu mempertanggungjawabkan apa yang ia lakukan termasuk ilmu yang dimiliki.

Bramel (dalam Haetami, 2017) membagi aksiologi dalam tiga bagian, yaitu *moral conduct* (tindakan moral), *esthetic expression* (ekspresi keindahan), dan *socio-political life* (kehidupan sosial politik). Landasan moral menjadi penting bagi seorang ilmuwan karena jika ilmuwan tidak memiliki landasan moral maka ilmuwan akan sangat mudah tergelincir dalam prostitusi intelektual. Ilmuwan harus mampu bertanggung jawab agar produk keilmuannya sampai dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Seorang ilmuwan tidak akan membiarkan hasil penemuannya dipergunakan untuk menindas bangsa lain meskipun yang mempergunakan itu adalah bangsanya sendiri (Suriasumantri, 2005). Seorang ilmuwan harus mampu memilih sikap dan berpihak pada kemanusiaan sehingga tidak hanya berpangku tangan jika terjadi penyalahgunaan terhadap penemuannya. Pilihan moral bersifat tidak mutlak karena tidak ada hitam di atas putih. Misalnya, pada kasus Albert Einstein, beliau diperintahkan untuk membuat bom atom oleh pemerintah negaranya. Namun, hasil temuannya digunakan sebagai senjata perang untuk menghancurkan Negara Jepang khususnya Kota Hiroshima dan Nagasaki. Hal ini tentu bertentangan dengan nilai moral yang seharusnya dimiliki oleh ilmuwan. Oleh karena itu, dalam mengkaji suatu objek atau ilmu, penting bagi seseorang untuk mengkaji objek atau ilmu tersebut dalam pandangan aksiologi.

### b. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global

Beberapa tahun terakhir, perubahan musim di negara kita tidak dapat diprediksi lagi. Terkadang kita rasakan pada bulan Mei di Indonesia masih turun hujan dan di bulan November masih berlangsung musim kemarau. Fenomena unik lainnya, yaitu turunnya salju di Arab dan munculnya matahari ketika musim salju di Tiongkok. Mengapa hal ini terjadi? Apakah yang akan terjadi pada bumi? Peristiwa ini berkaitan erat dengan perubahan iklim di dunia atau perubahan

iklim global. Perubahan iklim tersebut terjadi karena adanya perubahan lingkungan. Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa perubahan lingkungan terjadi sebagai akibat dari aktivitas manusia.



Gambar 1. Fenomena Turunnya Salju Di Arab (Arbar, 2021)

Perubahan iklim global dapat mempengaruhi kondisi meteo-oseanografi Indonesia. Ilahude dan Nontji (1999) menyatakan bahwa ada tiga keadaan yang telah dipengaruhi atau akan terpengaruh oleh perubahan iklim global, yaitu kondisi curah hujan di darat maupun di laut, suhu paras laut, dan tinggi paras laut. Ketiga kondisi ini dipengaruhi karena terjadinya pemanasan global. Misalnya, untuk kondisi suhu laut, pemanasan global akan menaikkan paras dan suhu laut sehingga terjadi dampak lanjutan, yaitu terjadinya El Nino dan La Nina.

Pemanasan global adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan peningkatan suhu rata-rata atmosfer Bumi dan lautan secara bertahap, serta sebuah perubahan yang diyakini secara permanen mengubah iklim Bumi. Suhu bumi meningkat  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  dalam kurun waktu 100 tahun (Widodo, Rachmadiarti, & Hidayati, 2017). Peningkatan ini menyebabkan banyak masalah lingkungan seperti iklim yang tidak menentu dan cuaca ekstrem. IPCC menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca.

Efek rumah kaca adalah proses pemanasan alami yang terjadi ketika gas-gas tertentu di atmosfer Bumi memerangkap panas. Di atmosfer bumi terdapat banyak gas-gas rumah kaca alami. Siklus air, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan metana adalah beberapa bagian penting yang ada di dalamnya. Tanpa adanya gas-gas rumah kaca tersebut, kehidupan di bumi tidak akan terjadi. Seperti halnya planet Mars, Bumi juga akan menjadi sangat dingin apabila tidak terdapat gas-gas rumah kaca di atmosfernya. Sebaliknya, jika jumlah gas-gas rumah kaca terus bertambah di atmosfer, maka suhu bumi akan terus meningkat. Gas  $\text{CO}_2$ , siklus air, dan gas-gas rumah kaca lainnya di atmosfer adalah transparan untuk radiasi cahaya Matahari, namun gas-gas tersebut masih mampu menangkap dan menyerap radiasi cahaya yang memancar ke Bumi dalam jumlah banyak. Radiasi yang terserap sebagian juga akan direfleksikan kembali oleh Bumi. Pada keadaan normal, jumlah radiasi panas yang diserap dengan yang direfleksikan kembali sama. Akan tetapi, tingginya polutan di udara menyebabkan panas terperangkap dan dipantulkan kembali ke bumi sehingga suhu bumi meningkat.

Berbagai aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil, penebangan, dan pembakaran hutan untuk pengalihfungsian menjadi lahan pertanian, pemukiman, dan industri akan menyumbangkan  $\text{CO}_2$  ke atmosfer dalam jumlah yang banyak. Lebih dari beberapa periode,  $\text{CO}_2$  di atmosfer meningkat sekitar 20%. Meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca seperti  $\text{CO}_2$  akan memengaruhi kadar panas di bumi. Banyak dari radiasi Matahari yang menyinari permukaan bumi, kemudian direfleksikan kembali ke angkasa.

Penyebab terbesar pemanasan global adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dilepaskan ketika bahan bakar fosil seperti minyak dan batu bara yang dibakar untuk menghasilkan energi. Besarnya penggunaan bahan bakar fosil untuk aktivitas manusia akan menyumbangkan peningkatan  $\text{CO}_2$  di udara. Meningkatnya kadar  $\text{CO}_2$  di atmosfer selama 150 tahun terakhir membuat para ilmuwan prihatin karena hal tersebut berkaitan erat dengan meningkatnya suhu global. Lebih dari 100 tahun yang lalu, temperatur rata-rata suhu di permukaan Bumi meningkat sekitar  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Peningkatan temperatur inilah yang disebut dengan pemanasan global. Kondisi tingginya gas polutan di udara menyebabkan terjadinya pemanasan global. Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-

perubahan yang lain, seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi (turunnya air dari atmosfer, misal hujan, salju). Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan.

#### **c. Konsep Perencanaan Kebumihan (*Geoengineering*)**

Agar kenaikan suhu bumi tidak melewati ambang batas yaitu  $1,5^{\circ}\text{C}$ , maka dunia harus mengurangi separuh emisi  $\text{CO}_2$  pada tahun 2030 dan mencapai emisi neto nol pada tahun 2050 (Muffett, 2019). Hal ini hanya dapat dicapai jika kita sepenuhnya menghilangkan bahan bakar fosil dari perekonomian dalam beberapa decade yang akan datang. Namun, upaya-upaya untuk melakukan hal ini hanya akan memperburuk keadaan karena setiap kegiatan atau produk yang digunakan oleh manusia pada saat ini sangat bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, digagaslah ide tentang *geoengineering*.

*Geoengineering* atau perencana kebumihan adalah konsep memanipulasi iklim bumi guna melawan efek pemanasan global. The United States National Academy of Science mendefinisikan *geoengineering* sebagai suatu cara yang melibatkan ilmu rekayasa keteknikan dalam skala besar terhadap lingkungan untuk melawan efek akibat perubahan komposisi atmosfer bumi. Keith (2000) mendefinisikan *geoengineering* merupakan manipulasi skala besar yang disengaja terhadap lingkungan khususnya manipulasi yang dimaksudkan untuk mengurangi perubahan iklim antropogenik yang tidak diinginkan. Banyak strategi yang diusulkan untuk menerapkan konsep ini. Secara umum, ada dua strategi utama, yaitu pemindahan atau pengubahan  $\text{CO}_2$  dan memodifikasi radiasi matahari. Kedua strategi ini bergantung pada cara penangkapan, penggunaan, dan penyimpanan karbon dengan menggunakan teknologi yang menangkap  $\text{CO}_2$  dari aliran limbah industri dan menyimpannya di dalam tanah, laut, atau di dalam material.

#### **d. Pandangan Aksiologi terhadap *Geoengineering***

Aksiologi merupakan cabang filsafat yang mengkaji tentang nilai dari ilmu pengetahuan. Suatu ilmu pengetahuan dikembangkan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Ilmu pengetahuan juga dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang ada di dalam kehidupan. Saat ini, dunia sedang dihadapkan dengan permasalahan pemanasan global. Solusi yang dikembangkan ilmuwan untuk masalah ini adalah *geoengineering*. Dengan menerapkan berbagai metode, *geoengineering* dapat menjadi solusi dalam permasalahan pemanasan global. Namun, disamping kontribusi positif tersebut, penerapan *geoengineering* juga dapat membawa dampak negatif jika disalahgunakan oleh orang yang menggunakan. Berikut akan diuraikan lebih lanjut tentang baik dan buruk, benar dan salah, serta cara dan tujuan penggunaan *geoengineering*.

Beberapa lembaga terkemuka di dunia telah dan akan meneliti *geoengineering* dan mencari manfaat potensial dari ilmu ini. Lembaga tersebut diantaranya NASA, Royal Society, The Institute of Mechanical Engineers, dan Parlemen Inggris. Sementara dari LSM lingkungan internasional juga berpartisipasi, seperti Friend of The Earth International dan Greenpeace. Terdapat beberapa rencana yang diajukan diantaranya pengaturan radiasi matahari, remediasi gas rumah kaca. Pengaturan radiasi matahari adalah pengurangan kadar radiasi matahari yang menyentuh permukaan bumi untuk mencengah pemanasan global. Beberapa cara yang bisa dilakukan, yaitu dengan menyuntikkan aerosol sulfur stratosfer, peningkatan reflektivitas awan, membuat atap pendingin, dan membuat tabir surya luar angkasa. Penyelamatan terhadap es di kutub juga dapat dipertimbangkan sebagai pengaturan radiasi matahari. Hal ini dikarenakan permukaan es yang berwarna putih sehingga dapat memantulkan sebagian besar radiasi matahari yang diterimanya. Selain itu, es kutub juga dapat berperan dalam menyimpan gas metana yang merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya daripada  $\text{CO}_2$ . Sementara itu, remediasi gas rumah kaca merupakan penstabilan kadar gas rumah kaca terutama  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Beberapa cara yang dapat dilakukan, yaitu dengan penyuburan fitoplankton di lautan, pembuatan biochar, menggunakan energi biomassa, dan penangkapan  $\text{CO}_2$  di udara. Sampai saat ini, peneliti masih terus mengembangkan konsep ini agar dapat menghasilkan strategi yang lebih baik serta aman terhadap sosial dan lingkungan.

Konsep *geoengineering* ini tampaknya mampu mengatasi permasalahan pemanasan global. Akan tetapi, bagaimana jika konsep manipulasi iklim ini disalahgunakan oleh pihak tertentu. Misalnya, suatu negara menggunakan konsep ini untuk mengatur cuaca negara lain atau menggunakannya sebagai senjata perang dengan menciptakan kondisi cuaca yang buruk untuk

suatu wilayah. Pada tahun 1967-1972 saat perang Vietnam, Thailand yang diduga disponsori oleh Menteri Luar Negeri Henry Kissinger dan CIA melakukan program modifikasi cuaca yang sangat rahasia di Asia Tenggara yang dinamakan dengan Operasi Popeye.

Operasi dilakukan dengan cara menyemai awan selama Perang Vietnam dalam upaya untuk memperpanjang musim hujan, khususnya di wilayah Ho Chi Minh Trail. Operasi ini digunakan untuk mendorong hujan dan memperpanjang musim Monsoon Asia Timur (sebuah arus yang membawa udara dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik ke Asia Timur) dalam mendukung upaya pemerintah AS terkait dengan perang di Asia Tenggara. Curah hujan yang tinggi akan menyusahakan pasukan Vietnam karena dapat menyebabkan lunaknya permukaan jalan, menyebabkan tanah longsor di sepanjang jalan raya, menghanyutkan penyeberangan sungai, dan mempertahankan kondisi tanah jenuh di luar rentang waktu normal. Selain itu, Amerika berharap hujan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan banjir.

Awalnya operasi ini bersifat rahasia, tetapi pada Juli 1972, New York Times menerbitkan cerita tentang operasi Popeye dengan rincian tersendiri. Setelah operasi ini dipublikasikan, para legislatorpun mulai mendorong sebuah perjanjian Internasional, yaitu perjanjian yang melarang penggunaan rekayasa cuaca dalam peperangan. Perjanjian ini melarang militer melakukan tindakan yang dapat mengakibatkan gempa bumi, tsunami, perubahan cuaca, perubahan arus laut, perubahan lapisan ozon, dan perubahan keadaan ionosfer (Fuaddah, 2020). Dalam hal ini, konsep *geoengineering* untuk memanipulasi iklim digunakan sebagai senjata perang. Tentunya operasi ini telah melanggar etika dari sains. Dalam kasus ini, sains bersifat netral, tetapi manusialah yang menjadikan sains bersifat merusak (Firman, 2019). Suriasumantri (2005) juga menyatakan bahwa seorang ilmuwan tidak akan membiarkan hasil penemuannya dipergunakan untuk menindas bangsa lain meskipun yang mempergunakan itu adalah bangsanya sendiri. Artinya, ketika sekelompok orang menggunakan konsep *geoengineering* untuk menyebabkan kerugian bagi suatu wilayah atau bangsa, maka dikatakan bahwa sekelompok orang tersebut telah menyalahi etika moral dari sains itu sendiri.

Amerika Serikat, selain menggunakan manipulasi iklim sebagai senjata perang, saat ini mereka juga mengembangkan sebuah penelitian yang terkait dengan cuaca yang dilakukan dan dibiayai oleh Angkatan Udara AS, Angkatan Laut AS, Universitas Alaska, dan *Defense Advanced Research Project Agency (DARPA)*. Amerika membangun sebuah stasiun cuaca yang terletak di Gakona, Alaska yang dinamakan dengan HAARP atau *High-frequency Active Auroral Research Program* (Ilmi & Suryokumoro, 2020). HAARP berfungsi untuk menciptakan dan merubah iklim, cuaca, membuat awan, dan hujan buatan. Di sana terdapat banyak antenna transmitter yang bisa menembakkan frekuensi gelombang radio baik rendah dan tinggi ke atas atmosfer bumi. Jika gelombang radio berhasil ditembakkan sampai ke ionosfer, maka ionosfer akan hangat kemudian memantul kembali ke bumi dan menciptakan awan serta molekul lainnya sehingga dapat memanipulasi cuaca di sekitar tempat dimana gelombang itu terpantul. Banyaknya awan tergantung dari berapa lama antenna HAARP menyalakan gelombangnya. Saat ini sudah terdapat 360 buah antenna HAARP di pusat penelitian Alaska. Satu buah antenna dapat menghasilkan daya pancar sebesar 10000 watt. Jika semua antenna dinyalakan secara bersamaan, maka daya pancarnya sangat besar hingga milyaran watt. Daya sebesar ini cukup untuk memanipulasi cuaca sebuah negara (Ajinugroho, 2018).

Teknologi HAARP ini bisa digunakan untuk tujuan mengurangi pemanasan global karena dapat memanipulasi cuaca suatu daerah yang mengalami kekeringan dengan menurunkan hujan deras di wilayah tersebut. Selain itu, HAARP juga mampu memanipulasi cuaca buruk seperti topan, badai, dan bencana lainnya agar tidak berlangsung lama dan cepat mereda. Namun, bagaimana jika teknologi ini disalahgunakan untuk merusak suatu wilayah melalui bencana. Ilmi dan Suryokumoro (2020) menyatakan bahwa proyek HAARP ini diduga mampu menciptakan bencana buatan dalam skala kecil atau besar di wilayah yang ditentukan seperti tornado, badai, hujan, bahkan tsunami dengan cara menangkap pancaran ionosfer kemudian ditembakkan kembali kekuatan ke ionosfer tersebut. Oleh karena itu, HAARP berpotensi digunakan sebagai senjata rahasia sebagai upaya pertahanan negara dan perlawanan. Namun, jika penggunaan teknologi ini diiringi dengan etika sains yang benar maka teknologi ini dapat memberi manfaat pada suatu keadaan mendesak yang membutuhkan penentuan suatu cuaca atau iklim pada daerah tertentu.

Contoh lainnya, yaitu manipulasi cuaca di Kota Beijing, Cina. Beijing merupakan salah satu kota dengan tingkat polusi paling parah di dunia, tetapi langit disana bisa tiba-tiba cerah ketika ada pertemuan politik penting atau acara internasional yang berlangsung di sana. Hal

ini terjadi karena pihak berwenang Cina telah menggunakan program manipulasi iklim selama bertahun-tahun. Pada tahun 2025, mereka berencana akan membuat hujan atau salju buatan yang mencakup 5,5 juta kilometer persegi dimana luasan tersebut mencakup hampir 60% wilayah Cina. Untuk mengubah cuaca di wilayahnya, mereka menggunakan metode yang disebut penyemaian awan atau *cloud seeding*. Metode ini menggunakan zat pendispersi seperti perak iodide yang disemai ke awan untuk menghasilkan presipitasi (proses pengendapan) sehingga menghasilkan hujan maupun salju.

Kota-kota yang ada di Cina telah banyak menggunakan metode ini sebagai upaya untuk menghindari kerusakan pada ladang pertanian mereka. Program ini tentunya akan meresahkan dan menimbulkan kekhawatiran negara tetangga seperti India. Salah satu kekhawatiran yang muncul adalah apakah teknologi ini akan berdampak pada perubahan musim panas di India yang merupakan kunci bagi seluruh wilayah. Metode ini juga digunakan di Afrika dan negara lain yang mengalami kekeringan yang sangat parah. Namun, cakupan manipulasi cuacanya jauh lebih kecil daripada yang direncanakan oleh Beijing. Berdasarkan kasus ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan konsep *geoengineering* akan menghasilkan dampak yang positif jika sesuai dengan aturan dan etika sains. Konsep *geoengineering* untuk memanipulasi iklim atau cuaca dapat memberikan manfaat yang besar terutama bagi wilayah yang memiliki tingkat polusi yang tinggi dan mengalami kekeringan yang parah. Namun, penggunaan konsep ini tentu memerlukan koordinasi dengan wilayah sekitar sehingga wilayah sekitar tidak ikut terdampak akibat manipulasi yang dilakukan.

Aksiologi dapat dirumuskan apabila dihubungkan dengan perkembangan dan penerapan ilmu pengetahuan yang cenderung pragmatis (Jirzanah, 2020). Penerapan *geoengineering* yang sesuai dengan aturan akan bermanfaat bagi penanggulangan pemanasan global. Berdasarkan uraian di atas, juga dapat dilihat beberapa contoh penerapan ilmu pengetahuan yang disalahgunakan dan tidak sesuai dengan moral atau etika sains sehingga menimbulkan peristiwa atau akibat yang negatif.

#### **4. Simpulan dan Saran**

Pemanasan global dapat menyebabkan berbagai bencana seperti banjir, kekeringan, dan angin badai. Salah satu cara yang dapat diterapkan untuk mengatasi pemanasan global adalah *geoengineering*. *Geoengineering* merupakan suatu konsep untuk memanipulasi iklim bumi untuk melawan efek pemanasan global. Berbagai strategi dapat dilakukan untuk menerapkan konsep ini seperti pemindahan dan pengubahan CO<sub>2</sub> serta memodifikasi radiasi matahari. Beberapa lembaga telah dan akan meneliti terkait *geoengineering* dan tampaknya konsep ini mampu mengatasi permasalahan pemanasan global. Namun, jika konsep manipulasi iklim ini disalahgunakan seperti dijadikan senjata perang dan teknologi untuk menghancurkan suatu wilayah, maka *geoengineering* dikatakan sudah melanggar etika sains. Oleh karena itu, dalam mengembangkan konsep dan teknologi yang berhubungan dengan manipulasi iklim, sangat perlu diperhatikan etika sains sehingga penelitian dan produk yang dikembangkan dapat bermanfaat bagi semua orang dan tidak bersifat merusak.

#### **5. Daftar Pustaka**

- Ajinugroho, S. (2018). *HAARP, Usaha Amerika Serikat untuk Memanipulasi Cuaca sebagai Senjata Mematikan*. <https://www.grid.id/read/04203581/haarp-usaha-amerika-serikat-untuk-memanipulasi-cuaca-sebagai-senjata-mematikan?page=all>.
- Arbar, T. (2021). *CNBC Indonesia*. <https://www.cnbcindonesia.com/lifestyle/20211108134757-33-289816/heboh-fenomena-hujan-salju-turun-di-arab-saudi-kok-bisa-sih>.
- Bakhtiar, A. (2006). *Filsafat Ilmu*. PT Raja Grafindo Persada.
- Firman, H. (2019). *Pengantar Filsafat Ilmu*. Sekolah Pascasarjana UPI.
- Fuaddah, M. (2020). *Bak Meminjam Tongkat Dewa Zeus, Inilah Operation Popeye, Strategi Perang Terlarang yang Dipakai AS*. <https://intisari.grid.id/read/032280100/bak-meminjam-tongkat-dewa-zeus-inilah-operation-popeye-strategi-perang-terlarang-yang-dipakai-as-karena-kelabakan-hadapi-tentara-vietnam?page=all>.
- Haetami, E. (2017). *Filsafat Ilmu: Mengetengahkan Problem Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi dengan Menguraikan Objek Materi, Objek Forma Sains dan Filsafat*. Yayasan Bhakti Ilham.

- Ilahude, A., & Nontji, A. (1999). Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina). *Kita dan Perubahan Iklim Global: Kasus El Nino - La Nina*. Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Ilimi, A., & Suryokumoro, H. (2020). Penyalahgunaan Teknologi HAARP sebagai Senjata Rahasia Berdampak pada Kerusakan di Negara Lain Ditinjau berdasarkan Hukum Internasional. *Jurnal Hukum*.
- Jirzanah. (2020). *Aksiologi Sebagai Dasar Pembinaan Kepribadian Bangsa dan Negara Indonesia*. Gajah Mada University Press.
- Keith, D. (2000). Geoengineering The Climate: History and Prospect. *Annual Review Energy Environment* (25), 245-284.
- Muffett, C. (2019). *Geoengineering is A Dangerous Distraction*. <https://www.project-syndicate.org/commentary/geoengineering-fossil-fuel-industry-climate-change-by-carroll-muffett-2019-02>.
- Ramlan, M. (2002). Pemanasan Global (Global Warming). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(1), 30-32.
- Salam, B. (1997). *Logika Materil Filsafat Ilmu Pengetahuan*. Rineka Cipta.
- Suriasumantri, J. (2005). *Filsafat Ilmu Sebuah Pengantar Populer*. Pustaka Sinar Harapan.
- Susanto, A. (2019). *Filsafat Ilmu: Suatu Kajian dalam Dimensi Ontologis, Epistemologi, dan Aksiologis*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Triana, V. (2008). Pemanasan Global. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(2), 159-163.
- Widodo, W., Rachmadiarti, F., & Hidayati, S. (2017). *Ilmu Pengetahuan Alam*. Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud.