

Review of Outbreak and Disease Threats Due to Climate Change

Author :

Ray March Syahadat¹,
Balqis Nailufar², Billy
Aditya Pratama³, Ismail
Saleh⁴, Isti Mulyawati⁵

syahadatraymarch@gmail.com,
Universitas Ivet, Indonesia¹
balqisnailufar@gmail.com,
Aba's Studio, Indonesia²
billyadityap@yahoo.com,
Universitas Gadjah Mada,
Indonesia³
ismail.saleh68@gmail.com,
Universitas Swadaya Gunung
Jati, Indonesia⁴
istiivet541@gmail.com,
Universitas Ivet, Indonesia⁵

DOI :10.24903/kujkm.v7i2.1048

Received : November 2021

Accepted : November 2021

Published : Desember 2021

P-ISSN: 2477-1880 E-ISSN: 2502-6623
Kesmas Uwigama : Jurnal Kesehatan
Masyarakat

Abstract

Background: The increase of disease outbreaks that have emerged in the last decade raises the question of whether it is related to climate change?

Objectives: This article attempts to provide answers through a literature review.

Research Metodes: VOSviewer application was used to help select topics to be discussed. Twenty articles related to outbreak, diseases and climate change were selected and then presented descriptively.

Findings: The results obtained by climate change contribute to imbalances that can lead to disasters including disease outbreaks. Therefore, humans should start placing themselves as part of the ecosystem, not the ruler of the ecosystem.

Conclusion: A science and technology approach based on local values is needed, by utilizing good environmental communication to provide knowledge to the community so that they are able to adapt and be aware of preventive efforts to realize a healthy life.

Keywords: environmental changes; epidemiology; microorganisms; global warming; environmental communication.

Abstrak

Latar Belakang: Maraknya wabah penyakit yang muncul dalam dekade terakhir menimbulkan pertanyaan apakah ada kaitannya dengan perubahan iklim?

Tujuan: Artikel ini mencoba memberikan jawaban melalui tinjauan literatur.

Metode Penelitian: Aplikasi VOSviewer digunakan untuk membantu menyeleksi topik yang akan didiskusikan. Sebanyak dua puluh artikel terkait wabah, penyakit, dan perubahan iklim dipilih untuk kemudian disajikan secara deskriptif.

Temuan: Hasil yang diperoleh perubahan iklim memberi kontribusi terhadap ketidakseimbangan yang dapat menimbulkan bencana termasuk serangan wabah penyakit. Oleh karena itu sudah seharusnya manusia mulai menempatkan dirinya sebagai bagian dari ekosistem, bukan penguasa pada ekosistem.

Kesimpulan: Diperlukan pendekatan sains dan teknologi berbasis nilai lokal, dengan memanfaatkan komunikasi lingkungan yang baik untuk memberikan pengetahuan kepada masyarakat agar mampu beradaptasi dan sadar akan usaha preventif guna mewujudkan hidup yang sehat.

Kata kunci: perubahan lingkungan; epidemiologi; mikroorganisme; pemanasan global; komunikasi lingkungan.

Copyright Notice



This work is licensed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Pendahuluan

Pada dasarnya Tuhan telah menciptakan alam semesta dengan seimbang. Konsep-konsep keseimbangan ini dapat kita lihat dari sistem ekologi. Seluruh komponen baik biotik dan abiotik saling terkait satu sama lain (Turner, 1989). Pemanasan global akibat perubahan iklim adalah salah satu isu yang sampai saat ini belum dapat kita tanggulangi.

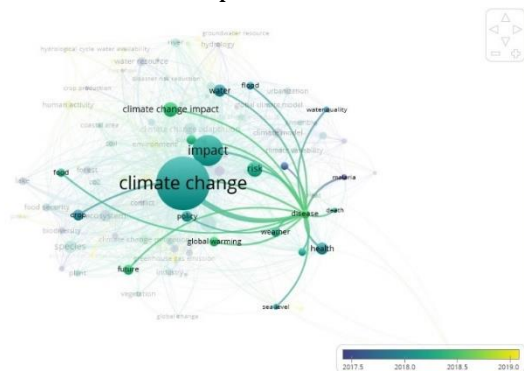
Akibat perubahan iklim sejumlah bencana alam belakangan terjadi. Misalnya banjir di utara Eropa dan China beberapa waktu lalu yang hampir bersamaan dengan kebakaran di beberapa wilayah di selatan Eropa. Sejumlah penelitian sesungguhnya pernah meramalkan hal ini sebagai resiko yang akan terjadi sebagai dampak perubahan iklim (Alfieri et al., 2015; Ertugrul et al., 2021; Gu et al., 2020; Reaños, 2021; Sairam et al., 2021). Meskipun demikian ada dampak lain yang mungkin belum kita sadari seutuhnya khususnya di bidang kesehatan.

Dewasa ini kita juga dihadapkan dengan berbagai macam wabah dan penyakit. Lalu apa kaitannya dengan perubahan iklim? Artikel ini merupakan sebuah tinjauan yang mencoba untuk memaknai fenomena tersebut dari sudut pandang yang berbeda. Oleh karena itu tujuan dari artikel ini untuk memberikan pengetahuan terkait hubungan wabah dan penyakit dengan perubahan iklim.

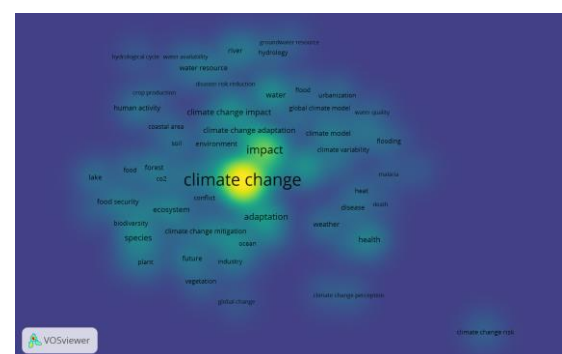
Metode Penelitian

Artikel ini merupakan sebuah tinjauan. Guna mengetahui urgensi topik yang akan dikaji maka dilakukan analisis dari *cluster*, pemetaan, dan hubungan antar riset yang telah dilakukan dengan menggunakan aplikasi VOSviewer (Tupan, 2016; Wardhana, 2020). Hasil menunjukkan bahwa *cluster* mengenai wabah, penyakit, dan perubahan iklim belum banyak

dikaitkan dengan hubungannya dengan peningkatan suhu dan pencairan es di bumi (Gambar 1). Densitas topik-topik mengenai kesehatan, wabah, dan penyakit terkait perubahan iklim juga tergolong rendah (Gambar 2). Oleh karena itu topik-topik menjadi arahan dalam menyeleksi artikel. Artikel ilmiah terkait wabah penyakit dan perubahan iklim diperoleh dari Google Scholar. Setelah diperoleh, artikel kemudian diseleksi untuk memperoleh artikel yang relevan dengan topik yang ingin dibahas. Sebanyak 20 artikel kemudian terpilih untuk selanjutnya disarikan. Hasilnya kemudian dianalisis secara deskriptif merujuk pada El-Sayed & Kamel (2020). Adapun artikel-artikel tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Selain artikel, sumber pustaka berupa produk hukum dan pustaka lain yang relevan juga turut digunakan untuk memperkaya wawasan terkait topik.



Gambar 1 hubungan antar topik perubahan iklim serta wabah dan penyakit



Gambar 2 Densitas topik penelitian terkait topik perubahan iklim

Tabel 1. Daftar literatur terkait wabah, penyakit, dan perubahan iklim

No.	Judul artikel	Penulis (tahun)
1	Rethinking Air Quality and Climate Change after COVID-19	Ching & Kajino (2020)
2	Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases	El-Sayed & Kamel (2020)
3	Future threat from the past	El-Sayed & Kamel (2021)
4	Bunyaviruses and climate change	Elliott (2009)
5	COVID and Climate: Similarities and differences	Grundmann (2021)
6	In-depth study of Mollivirus sibericum, a new 30,000-y-old giant virus infecting Acanthamoeba	Legendre et al. (2015)
7	Molecular analysis of the intestinal microbiome composition of mammoth and woolly rhinoceros	Mardanov et al. (2012)
8	Potentially pathogenic bacteria isolated from diverse habitats in Spitsbergen, Svalbard	Mogrovejo-Arias et al. (2020)
9	Preservation of viral genomes in 700-y-old caribou feces from a subarctic ice patch	Ng et al. (2014)
10	Climate change and infectious diseases: the challenges: exotic mosquito-borne diseases emerge in Canada with climate change?	Ng et al. (2019)
11	Anaerobic cultures from preserved tissues of baby mammoth	Pikuta et al. (2011)
12	Mosquito-borne human viral diseases: why Aedes aegypti?	Powell (2018)
13	The native European Aedes geniculatus mosquito species can transmit chikungunya virus	Prudhomme et al. (2019)
14	Twin challenges of COVID-19 pandemic and climate change for agriculture and food security in South Asia	Rasul (2021)
15	Similarities and differences in managing the Covid-19 crisis and climate change risk	Ruiu et al. (2020)
16	Public health, brain health, and the dangers of air pollution for neural development	Segalowitz (2008)
17	The disease triangle: pathogens, the environment and society	Scholthof (2007)
18	Viable nematodes from late pleistocene permafrost of the kolyma river lowland	Shatilovich et al. (2018)
19	Climate change and allergic disease	Shea et al. (2008)
20	Viable species of <i>Flamella</i> (Amoebozoa: Variosea) isolated from ancient Arctic permafrost sediments	Shmakova et al. (2015)

Hasil Penelitian

1 Wabah dan penyakit

Sebelum membahas lebih lanjut, perlu untuk kembali mengingat konsep sehat sakit. WHO mendeskripsikan sehat merupakan keadaan sejahtera sejahtera secara fisik, mental, dan sosial yang utuh. Lebih lanjut, konsep sehat bukan hanya bebas dari penyakit atau kelemahan. Undang-Undang No. 23 tahun 1992 tentang Kesehatan mendeskripsikan kesehatan seperti WHO namun ditambahkan penekanan terhadap individu dapat hidup produktif secara sosial dan ekonomi. Oleh karena itu kriteria sehat sakit dapat dilihat dari fisik, mental, spiritualitas, sosial, serta ekonomi.

Menurut Susser (1973) sakit dapat dibedakan menjadi tiga yaitu *disease*, *illness*, dan *sickness*. *Disease* yaitu salah satu bentuk ketidakberfungsian suatu hal baik dari segi fisik maupun psikis. *Illness* adalah rasa sakit yang dirasakan langsung oleh individu. Selanjutnya *sickness* yaitu individu yang tidak bisa memenuhi perannya sebagai makhluk sosial dikarenakan oleh sebuah penyakit.

Penyakit sendiri terdiri atas dua yaitu penyakit menular dan tidak menular. Menurut Undang-Undang No. 4 tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular mendeskripsikan bahwa penyakit menular merupakan keadaan sakit yang disebabkan oleh vektor pembawa penyakit sehingga individu dapat terjangkit di suatu wilayah dan pada satuan waktu tertentu. Penyakit menular ini menjadi wabah jika jumlah penderitanya meningkat secara signifikan melebihi keadaan biasanya dan beresiko menimbulkan malapetaka.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 71 tahun 2015 tentang Penanggulangan Penyakit Tidak Menular, penyakit tidak menular atau biasa disebut PTM merupakan penyakit yang tidak dapat ditularkan dari satu individu ke individu lainnya. Vektor

penyakit dan kontaminan bukan menjadi pembatas karena beberapa penyakit infeksi bisa saja tidak menular contohnya malaria, demam berdarah, typhoid atau hepatitis b. Perlu diingat bahwa pembeda antara penyakit menular dan tidak menular dilihat dari proses penyebarannya. Jika infeksius maka penyakit tersebut dikategorikan sebagai penyakit menular. Jika tidak, maka masuk dalam kategori PTM.

Epidemiologi sebagai ilmu yang mempelajari pola penyebaran penyakit serta kejadian kesehatan pada suatu lingkungan pada periode waktu tertentu, memiliki beberapa istilah penting yaitu wabah, endemi, epidemi, dan pandemi. Wabah merupakan suatu penyakit yang menyebar pada waktu tertentu dan lebih banyak dari biasanya. Suatu wabah penyakit dikatakan endemi jika penyakit tersebut sudah biasa terjadi dalam sebuah populasi di suatu lokasi tertentu. Selanjutnya, epidemi merupakan suatu keadaan wabah penyakit melebihi batas normal dan dapat menyebar secara cepat hingga memengaruhi keadaan suatu populasi. Status epidemi bisa menjadi pandemi jika wabah tersebut akhirnya menjadi masalah global yang artinya menjadi masalah bagi hampir seluruh penduduk bumi (Gertsman, 2013)

2 Ekosentris vs egosentris

Melihat dari definisi-definisi mengenai wabah dan penyakit, timbulnya masalah pada kesehatan akibat penyakit dikarenakan adanya kesesuaian antara *agent*, *host*, dan *environment*. *Agent* merupakan segala faktor penyebab pembawa penyakit. *Host* adalah inang atau penjamu dalam hal ini individu. Selanjutnya *environment* adalah lingkungan. Pada kondisi stabil, ketiga komponen yang disebutkan berimbang. Jika tidak berimbang maka menimbulkan penyakit (Scholthof, 2007).

Kondisi lingkungan yang tidak seimbang dalam ekosistem memengaruhi timbulnya bencana salah satunya bencana

dalam bentuk wabah dan penyakit. Pada prinsipnya, seluruh komponen biotik dan abiotik di bumi saling berinteraksi satu sama lain. Ketika terjadi ketidakseimbangan, maka akan ada gangguan. Akifitas manusia yang tidak berwawasan lingkungan menimbulkan berbagai masalah terhadap lingkungan. Dalam sistem ekologi, manusia merupakan bagian dari sistem dalam ekosistem. Paham yang menganut hal tersebut selanjutnya disebut ekosentris. Tetapi faktanya, manusia dengan akal dan pikirannya memiliki kemampuan untuk menguasai alam semesta sehingga menempatkan dirinya menjadi makhluk paling tinggi dalam ekosistem. Paham ini selanjutnya disebut dengan egosentris. Kondisi yang menempatkan manusia pada penguasa alam dan keegoisan yang cenderung antroposentris ini pada akhirnya menimbulkan beberapa gangguan dalam keseimbangan ekologi. Salah satu gangguan yang kini menjadi isu global yaitu perubahan iklim (Hartati, 2012; Turner, 1989).

Iklim di bumi berubah lebih banyak disebabkan akibat manusia. Perubahan iklim ini mengakibatkan pemanasan global yang akhirnya memberikan perubahan pada dinamika alam itu sendiri. Dampak yang terlihat nyata akibat fenomena ini yaitu musim yang ekstrim sehingga menimbulkan bencana. Dunia pertanian yang erat kaitannya dengan pemenuhan gizi manusia agar hidupnya sehat sempurna pada akhirnya juga terancam karena anomali iklim (Rasul, 2021). Meningkatnya temperatur bumi juga memengaruhi eksistensi es di bumi. Beberapa penelitian melaporkan mencairnya es dan resiko peningkatan air laut. Perubahan iklim ini juga akhirnya menimbulkan ancaman terhadap mikroorganisme yang beku hingga jutaan tahun lalu, kini eksis kembali (El-Sayed & Kamel, 2020).

3 Ancaman dari dunia lama

Es yang ada di muka bumi menyimpan banyak rahasia terkait

kehidupan masa lalu. Jejak kehidupan masa lalu masih tersimpan di sana. Dengan adanya perubahan iklim, kini kehidupan yang dulu tertidur siap untuk datang kembali. Pencairan es purba turut melepaskan mikroorganisme lainnya terperangkap selama ribuan hingga jutaan tahun yang lalu. Mikroorganisme tersebut dapat berupa virus, bakteri, jamur, atau jenis lainnya. Mereka bisa termasuk spesies baru, genotipe yang tidak diketahui dari patogen yang ada saat ini, patogen dahulu sudah pernah diberantas, atau bahkan patogen yang memiliki karakteristik yang kuat akibat stres jangka panjang (El-Sayed & Kamel, 2021).

Mencairnya es di dunia karena pemanasan global juga menyebabkan banyaknya temuan satwa masa lalu yang telah mati. Dinginnya es dapat mengawetkan tubuh mereka. Mereka mungkin mati, tetapi mikroorganisme di dalam tubuh mereka tidaklah demikian. Mikroorganisme dari jasad mammoth dan badak berbulu dari penelitian yang dilakukan Mardanov et al. (2012) dan Pikuta et al. (2011) membuktikannya. Kedua penelitian tersebut melaporkan berhasil mengidentifikasi sejumlah bakteri yang ada dalam perut jasad hewan-hewan zaman pleistosen tersebut.

Ekosistem tundra, gletzer, dan ibun abadi atau *permafrost* dianggap sebagai bioma. Hal ini disebabkan tingginya keanekaragaman mikroorganisme di sana. Sayangnya ekosistem ini memang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan. Perubahan tersebut dapat memunculkan masalah terhadap keanekaragaman dan juga munculnya penyakit. Kondisi stress dapat memunculkan persaingan komunitas bakteri. Hasil studi yang dilakukan Mogrovejo-Arias et al. (2020) melaporkan beberapa bakteri yang berhasil diisolasi dari Artik Svalbard. Bakteri-bakteri tersebut kemudian diteliti terkait dengan patogenitas seperti aktivitas hemolitik. Salah satu hal disoroti dari penelitian tersebut yakni

adanya kemungkinan resiko dari bakteri-bakteri tersebut jika terjadi penghancuran habitat, transisi ekosistem, serta kolonisasi ulang.

Beberapa penelitian lainnya melaporkan adanya virus yang akhirnya hidup kembali karena mencairnya gletzer. Ng et al. (2014) dalam penelitiannya menemukan virus dari kotoran karibu berusia 700 tahun. Dengan percepatan pencairan es Arktik akibat perubahan iklim, dimungkinkan adanya partikel virus purba dan asam nukleat terkait terlepas ke lingkungan. Legendre et al. (2015) juga menemukan jenis virus raksasa dari lapisan es prasejarah yang berusia 30.000 tahun. Setelah tiga virus raksasa ditemukan sebelumnya, penelitian ini akhirnya menyimpulkan bahwa virus raksasa keempat kini telah ditemukan. Virus raksasa merupakan definisi dari virus yang dapat terlihat dalam mikroskop cahaya. Hipotesis mengenai asal-usul dan cara evolusi virus-virus tersebut masih saling bertentangan. Meskipun demikian fakta bahwa virus yang ditemukan ini dengan mudah dapat dihidupkan kembali. Oleh karena itu harus tetap menjadi perhatian dalam konteks pemanasan global karena keragaman virus raksasa sampai saat ini masih harus terus dieksplorasi.

Temuan menarik lainnya terkait mikroorganisme yaitu ditemukan enam jenis amuba dari genus *flamella* dari sedimen *permafrost* wilayah Arktik. Amuba tersebut berasal dari dua zaman yaitu plestosen dan holosen. Berdasarkan hasil pengkajian elektron, dua diantaranya merupakan spesies yang baru pertama kali ditemukan. Untuk pertama kalinya pula kista amuba dilaporkan dapat terkonservasi jutaan tahun dan mampu hidup kembali (Shmakova et al., 2015).

Penelitian berikut mengungkapkan bahwa *permafrost* di Arktik mengandung keragaman taksonomi yang cukup besar dari organisme uniseluler yang tetap hidup

setelah puluhan dan ratusan ribu tahun dalam *cryobiosis*. Temuan menarik dari penelitian ini ternyata nematoda sebagai organisme multiseluler dari lapisan es di Arktik bisa dihidupkan kembali. Dengan kata lain penelitian ini menyimpulkan bahwa nematoda juga dapat bertahan dalam paparan jangka panjang pada kondisi suhu negatif (Shatilovich et al., 2018).

4 Perubahan iklim dan penyebaran penyakit: sebuah kausalitas

Iklim dapat memodulasi penyebaran wabah penyakit. Perubahan iklim juga jelas dapat menyebabkan penyakit menular baru (Ching & Kajino, 2020). Resiko yang timbul karena bangkitnya spesies mikroorganisme purba mengancam kesehatan bukan hanya kepada manusia tetapi juga organisme lainnya di bumi. Beberapa tahun dalam dekade ini dunia dihadapkan dengan temuan virus baru yang menyebabkan kerugian karena menjadi penyebab penyakit pada manusia seperti SAR-SARS-COV 19, MERS, atau SARS. Diduga virus-virus tersebut tidak serta merta ada tetapi perubahan iklim mendukung mutasi virus. Penyebab penyakit bukan hanya virus saja tetapi juga bakteri dan parasit lain. Terlebih serangan patogen-potegen tersebut ada yang menyerang manusia, hewan, bahkan keduanya atau yang dikenal dengan zoonosis (El-Sayed & Kamel, 2020; Elliott, 2009).

Kenaikan suhu dan peningkatan curah hujan juga dapat memperpanjang aktivitas nyamuk. Perpanjangan aktivitas ini juga tentunya membawa resiko dari persebarannya yang memungkinkan membawa penyakit. Penyakit yang dibawa nyamuk seperti yang kita ketahui seperti misalnya malaria, chikungunya, dan demam berdarah. Dengan demikian, manusia akan berpeluang lebih sering dibayangi oleh ancaman wabah penyakit yang penyebarannya melalui vektor nyamuk

(Elliott, 2009; Ng et al., 2019; Powell, 2018; Prudhomme et al., 2019).

Berbagai bencana alam yang tercipta sebagai efek perubahan iklim berkontribusi terhadap cedera, penyakit, malnutrisi, serta kematian. Selain itu polutan baik berupa padatan, cairan, maupun gas juga berkontribusi terhadap berbagai PTM. Beberapa penelitian melaporkan penyakit sebagai efek yang ditimbulkan oleh polutan. Penyakit tersebut antara lain alergi, infeksi pernapasan, stres, kanker, kerusakan sistem syaraf, gangguan ginjal, jantung koroner, keguguran, impotensi, penurunan kemampuan intelektual, pneumonia, gangguan pencernaan, dan kematian dini (El-Sayed & Kamel, 2020; Genc et al., 2012; Hoek et al., 2013; Lin et al., 2017; R. Liu et al., 2016; Y. Liu et al., 2016; Segalowitz, 2008; Sunyer et al., 2015). Iklim di bumi berubah lebih banyak disebabkan akibat manusia. Perubahan iklim ini mengakibatkan pemanasan global yang akhirnya memberikan

5 Tantangan kedepan

Fenomena yang terjadi saat ini masyarakat dunia cenderung *aware* terhadap masalah wabah penyakit tetapi tidak pada perubahan iklim. Padahal wabah penyakit dan perubahan iklim memiliki hubungan yang dapat dilihat secara langsung maupun tak langsung. Manusia juga cenderung bertindak cepat terhadap mitigasi setelah serangan wabah namun cenderung abai terhadap upaya preventif yang sesungguhnya juga merupakan bagian dari mitigasi (Shea et al., 2008). Salah satu penyebab fenomena ini adalah wabah penyakit yang menjadi pandemi dicirikan sebagai pandemi global. Perubahan iklim mendapatkan pemahaman yang berbeda karena lebih dirasakan kepada negara berkembang dan luput dari media barat. Oleh karena itu, peran komunikasi lingkungan sangat diperlukan untuk

memberi kesadaran terhadap hal ini (Ruiu et al., 2020).

Hal yang mudah untuk dilihat, di Indonesia sendiri pemberitaan pandemi SARS-COV 19 begitu masifnya. Hal ini berbanding terbalik dengan pemberitaan mengenai perubahan iklim. Masyarakat yang teredukasi dengan pemberitaan media, secara tidak langsung menuntut pemerintah untuk bertindak cepat terkait pengendalian pandemi. Terlebih peran tokoh masyarakat seperti pemuka agama juga turut berkontribusi dalam menyebarkan informasi mengenai pandemi, dan dikuatkan dengan dampak yang dirasakan langsung seperti kematian dan juga ekonomi (Aula, 2020; Rayani & Purqoti, 2020; Rosfiantika et al., 2020; Simon, 2020; Wijayanto & Nurhajat, 2019).

Selanjutnya, Grundmann (2021) dalam perspektifnya menilai perbedaan antara fenomena pandemi dan perubahan iklim. Pengetahuan ilmiah, nilai, serta norma merupakan faktor pembatasnya. Perubahan iklim memiliki standar yang terkait dengan tujuan kebijakan, namun tidak pada pandemi. Oleh karena itu kebijakan dalam penyelesaian pandemi menggunakan aturan yang lebih fleksibel karena dapat berubah sewaktu-waktu dan menyesuaikan dengan kearifan lokal masing-masing daerah. Faktor budaya jelas memegang peranan penting di sini. Moulton et al. (2021) dari hasil studinya juga menambahkan bahwa faktor politik berpengaruh dalam adaptasi perubahan iklim. Hal ini terkadang menimbulkan konflik kepentingan hingga akhirnya memperlambat upaya penyelesaian masalah iklim jika dibandingkan dengan masalah pandemi.

Kesimpulan

Guna mencegah adanya teror wabah penyakit dibutuhkan perhatian terhadap lingkungan sebab penyakit tidak serta merta timbul dan menyerang makhluk hidup tetapi muncul karena kesesuaian antara inang,

agen, dan lingkungan itu sendiri. Lingkungan secara mikro, meso, maupun makro jika terpelihara dengan baik, dapat menjaga kualitas hidup. Manusia kini dipaksa untuk harus hidup adaptif terhadap perubahan yang cepat dan mulai memikirkan sikap ekosentris bukan egosentris. Peningkatan kualitas lingkungan karena keterbatasan akan kuantitas merupakan salah satu tantangan yang perlu disambut dengan pendekatan sains dan teknologi yang tidak bertentangan dengan nilai yang berlaku di masyarakat. Selanjutnya, komunikasi lingkungan yang efektif masih sangat diperlukan untuk mengedukasi serta menyeimbangkan faktor kepentingan politis dalam pembangunan yang mengarah pada ketidakberlanjutan.

Referensi

- Alfieri, L., Feyen, L., Dottori, F., & Bianchi, A. (2015). Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. *Glob. Environ. Chang.*, 35(2015), 199–212.
- Aula, S. K. N. (2020). Peran Tokoh Agama dalam Memutus Rantai Pandemi COVID-19 di Media Online Indonesia. *Living Islam: Journal of Islamic Discourses*, 3(1), 125–148. <https://doi.org/10.14421/lijid.v3i1.3107>
- Ching, J., & Kajino, M. (2020). Rethinking Air Quality and Climate Change after COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5174. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145167>
- El-Sayed, A., & Kamel, M. (2020). Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 22336–2235. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08896-w>
- El-Sayed, A., & Kamel, M. (2021). Future threat from the past. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2021), 1287–1291. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11234-9>
- Elliott, R. M. (2009). Bunyaviruses and climate change. *Clinical Microbiology and Infection*, 15(6), 510–517. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02849.x>
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(28), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10661-020-08800-6>
- Genc, S., Zadeoglulari, Z., Fuss, S. H., & Genc, K. (2012). The adverse effects of air pollution on the nervous system. *Journal of Toxicology*, 2012(2012), 1–23. <https://doi.org/10.1155/2012/782462>
- Gertsman, B. B. (2013). *Epidemiology Kept Simple an Introduction to a Traditional and Modern Epidemiology*. John Wiley & Sons.
- Grundmann, R. (2021). COVID and Climate: Similarities and differences. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2021(e737), 1–7. <https://doi.org/10.1002/wcc.737>
- Gu, L., Yin, J., Zhang, H., Wang, H. M., Yang, G., & Wu, X. (2020). On future flood magnitudes and estimation uncertainty across 151 catchments in mainland China. *Int. J. Climatol.*, 41(2020), 1–22. <https://doi.org/10.1002/joc.6725>
- Hartati, A. Y. (2012). Global Environmental Regime: Di Tengah Perdebatan Paham Antroposentris Versus Ekosentris. *SPEKTRUM*, 12(2), 1–15.
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environmental Health*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>
- Legendre, M., Lartigue, A., Bertaux, L., Jeudy, S., Bartoli, J., Lescot, M., Alempic, J. M., Ramus, C., Bruley, C., Labadie, K., Shmakova, L., Rivkina, E., Couté, Y., Abergel, C., & Claverie, J. M. (2015). In-depth study of Mollivirus sibericum, a

- new 30,000-y-old giant virus infecting *Acanthamoeba*. *PNAS*, *112*(38), E5327–E5335.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1510795112>
- Lin, Y., Zhou, L., Xu, J., Luo, Z., Kan, H., Zhang, J., Yan, C., & Zhang, J. (2017). The impacts of air pollution on maternal stress during pregnancy. *Scientific Reports*, *7*(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1038/srep40956>
- Liu, R., Young, M. T., Chen, J. C., Kaufman, J. D., & Chen, H. (2016). Ambient air pollution exposures and risk of Parkinson disease. *Environmental Health Perspectives*, *124*(11), 1759–1765.
<https://doi.org/10.1289/EHP135>
- Liu, Y., Yan, S., Poh, K., Liu, S., Iyiorobhe, E., & Sterling, D. A. (2016). Impact of air quality guidelines on COPD sufferers. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, *11*(2016), 839–872.
<https://doi.org/10.2147/COPD.S49378>
- Mardanov, A. V., Bulygina, E. S., Nedoluzhko, A. V., Kadnikov, V. V., Beletskii, A. V., Tsygankova, S. V., Tikhonov, A. N., Ravin, N. V., Prokhorchuk, E. B., & Skryabin, K. G. (2012). Molecular analysis of the intestinal microbiome composition of mammoth and woolly rhinoceros. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, *445*(4), 471–474.
- Mogrovejo-Arias, D. C., Brill, F. H., & Wagner, D. (2020). Potentially pathogenic bacteria isolated from diverse habitats in Spitsbergen, Svalbard. *Environmental Earth Sciences*, *79*(109), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-8853-4>
- Moulton, H., Carey, M., Huggel, C., & Mutschmann, A. (2021). Narratives of ice loss: New approaches to shrinking glaciers and climate change adaptation. *Geoforum*, *125*(2021), 47–56.
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.06.011>
- Ng, T. F. F., Chen, L. F., Zhou, Y., Shapiro, B., Stiller, M., Heintzman, P. D., Varsani, A., Kondov, N. O., Wong, W., Deng, X., Andrews, T. D., Moorman, B. J., Meulendyk, T., MacKay, G., Gilbertson, R. L., & Delwart, E. (2014). Preservation of viral genomes in 700-y-old caribou feces from a subarctic ice patch. *PNAS*, *111*(47), 16842–16847.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1410429111>
- Ng, V., Rees, E., Lindsay, L., Drebot, M., Brownstone, T., Sadeghieh, T., & Khan, S. (2019). Climate change and infectious diseases: the challenges: exotic mosquito-borne diseases emerge in Canada with climate change? *Canada Communicable Disease Report*, *45*(4), 98–107.
<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a04>
- Pikuta, E. V., Fisher, D., & Hoover, R. B. (2011). Anaerobic cultures from preserved tissues of baby mammoth. *Proc. of SPIE*, *8152*(2011), 81520U.
- Powell, J. R. (2018). Mosquito-borne human viral diseases: why *Aedes aegypti*? *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *98*(6), 1563–1565.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0866>
- Prudhomme, J., Fontaine, A., Lacour, G., Gantier, J.-C., Diancourt, L., Velo, E., Bino, S., Reiter, P., & Mercier, A. (2019). The native European *Aedes geniculatus* mosquito species can transmit chikungunya virus. *Emerging Microbes & Infections*, *8*(1), 962–972.
<https://doi.org/10.1080/22221751.2019.1634489>
- Rasul, G. (2021). Twin challenges of COVID-19 pandemic and climate change for agriculture and food security in South Asia. *Environmental Challenges*, *2*(2021), 10002.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100027>
- Rayani, D., & Purqoti, D. N. S. (2020). Kecemasan Keluarga Lansia terhadap Berita Hoax dimasa Pandemi COVID-19. *Jurnal Realita*, *5*(1), 906–912.
- Reaños, M. A. T. (2021). Floods, flood policies and changes in welfare and inequality: Evidence from Germany. *Ecological Economics*, *180*(2021), 106879.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106879>
- Rosfiantika, E., Permana, R. S. M., & Mahameruaji, J. N. (2020). Program live

- update pemberitaan risiko Covid-19 di televisi nasional Indonesia. *ProTVF*, 4(2), 247–269. <https://doi.org/10.24198/ptvf.v4i2.28758>
- Ruiu, M. L., Ragnedda, M., & Ruiu, G. (2020). Similarities and differences in managing the Covid-19 crisis and climate change risk. *Journal of Knowledge Management*, 24(10), 2597–2614. <https://doi.org/10.1108/JKM-06-2020-0492>
- Sairam, N., Brill, F., Sieg, T., Farrag, M., Kellermann, P., Nguyen, V. D., Lüdtke, S., Merz, B., Schröter, K., Vorogushyn, S., & Kreibich, H. (2021). Process-based flood risk assessment for Germany. *Earth's Future*, 9(2021), e2021EF002259. <https://doi.org/10.1029/2021EF002259>
- Scholthof, K. B. G. (2007). The disease triangle: pathogens, the environment and society. *Nature Reviews Microbiology*, 5(2), 152–156.
- Segalowitz, S. J. (2008). Public health, brain health, and the dangers of air pollution for neural development. *Brain and Cognition*, 62(2), 115–116. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.011>
- Shatilovich, A. V., Tchesunov, A. V., Neretina, T. V., Grabarnik, I. P., Gubin, S. V., Vishnivetskaya, T. A., Onstott, T. C., & Rivkina, E. M. (2018). Viable nematodes from late pleistocene permafrost of the kolyma river lowland. *Doklady Biological Sciences*, 480(2), 253–255.
- Shea, K. M., Truckner, R. T., Weber, R. W., & Peden, D. B. (2008). Climate change and allergic disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 122(3), 443–453. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.06.032>
- Shmakova, L., Bondarenko, N., & Smirnov, A. (2015). Viable species of *Flamella* (Amoebozoa: Variosea) isolated from ancient Arctic permafrost sediments. *Protist*, 167(1), 13–30. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2015.11.001>
- Simon. (2020). Respon Orang Kristen terhadap Pemberitaan Televisi mengenai COVID-19. *Jurnal Gamaliel: Teologi Praktika*, 2(2), 114–131. <https://doi.org/10.38052/gamaliel.v2i2>
- Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Forn, J., Rivas, I., López-Vicente, M., Suades-González, E., Foraster, M., Garcia-Esteban, R., Basagaña, X., Viana, M., Cirach, M., Moreno, T., Alastuey, A., Sebastian-Galles, N., Nieuwenhuijsen, M., & Querol, X. (2015). Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Medicine*, 12(3), e1001792. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001792>
- Susser, M. (1973). *Causah Thinking in The Health Science. Concepts and Strategies in Epidemiology*. Oxford University Press.
- Tupan. (2016). Pemetaan Bibliometrik dengan VOSviewer terhadap Perkembangan Hasil Penelitian Bidang Pertanian di Indonesia. *Visi Pustaka*, 18(3), 217–230. <https://doi.org/10.37014/visi%20pus-taka.v18i3.132>
- Turner, M. G. (1989). Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 20(1989), 171–197.
- Wardhana, D. (2020). Kajian Kebijakan dan Arah Riset Pasca-Covid-19. *The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 223–239. <https://doi.org/10.36574/jpp.v4i2.110>
- Wijayanto, X. A., & Nurhajat, L. (2019). Framing Media Online atas Pemberitaan Isu Lingkungan Hidup dalam Upaya Pencapaian Keberhasilan SDGs Indonesia. *Jurnal Lugas*, 3(1), 14–23. <https://doi.org/10.31334/ljk.v3i1.409>