



## **DAMPAK HUJAN ASAM: SOLUSI BERKELANJUTAN UNTUK MEMPERBAIKI EKOSISTEM ATMOSFER DALAM MENCAPAI SDGs**

Aumita Dreamyseila<sup>1\*</sup>, Yuliatin Ningsih<sup>2</sup>, Tutut Nurita<sup>3</sup>, Alisa Salsabila<sup>4</sup>  
S1 Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya  
[aumitadreamyseila.22040@mhs.unesa.ac.id](mailto:aumitadreamyseila.22040@mhs.unesa.ac.id), [yuliatin.22133@mhs.unesa.ac.id](mailto:yuliatin.22133@mhs.unesa.ac.id),  
[tututnurita@unesa.ac.id](mailto:tututnurita@unesa.ac.id), [alisa.22138@mhs.unesa.ac.id](mailto:alisa.22138@mhs.unesa.ac.id)

### **Abstrak**

Hujan asam merupakan salah satu dampak pencemaran udara oleh polutan di udara yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, emisi kendaraan bermotor, emisi industri yang mengolah hasil pertanian dan pembakaran industri. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kepustakaan atau studi literatur dengan sumber data dari buku, jurnal, artikel dari website SCOPUS dan sumber lainnya yang kemudian diseleksi berdasarkan judul, kata kunci, dan abstrak yang relevan dengan topik. Teknik pengumpulan data dan informasi yang digunakan adalah studi dokumentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui solusi berkelanjutan untuk memperbaiki ekosistem atmosfer dalam mencapai SDGs. SDGs menawarkan arahan global untuk mengatasi permasalahan dunia yang dihadapi komunitas internasional. Didapatkan hasil dari studi literatur beberapa upaya memperbaiki ketidakseimbangan ekosistem atmosfer, yaitu: mendaur ulang semua jenis material yang tidak terpakai, praktik pengomposan sisa makanan, mengurangi konsumsi daging dan beralih ke diet nabati, memilih produk ramah lingkungan dan bisa digunakan kembali, mulai aktivitas menggunakan sepeda, berjalan kaki, atau angkutan umum, mengurangi penggunaan kertas.

**Kata Kunci :** *Ekosistem, Hujan Asam, SDGs*

### **Abstract**

Acid rain is one of the impacts of air pollution by pollutants in the air that come from burning fossil fuels, motor vehicle emissions, industrial emissions that process agricultural products and industrial combustion. The approach used in this research is in the form of literature or literature studies with data sources from books, journals, articles from the SCOPUS website and other sources which are then selected based on titles, keywords, and abstracts that are relevant to the topic. The data and information collection technique used is documentation study. This research aims to find out sustainable solutions to improve atmospheric ecosystems in achieving the SDGs. The SDGs offer global direction to address world problems faced by the international community. The results of the literature study obtained several efforts to improve the imbalance of the atmospheric ecosystem, namely: recycling all types of unused materials, composting food waste, reducing meat consumption and switching to a plant-based diet, choosing environmentally friendly and reusable products, starting activities using bicycles, walking, or public transportation, reducing the use of paper.

**Keywords :** *Ecosystem, Acid Rain, SDGs*

### **Pendahuluan**

Saat ini, keseimbangan lingkungan alam sangat terancam oleh berkembangnya industri-industri yang bertujuan memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Hal ini berakar kuat



pada masyarakat modern dan perilakunya, serta berakar pada pandangan atau asumsi antroposentris yang menganggap manusia adalah pusat (eksklusif) dari segalanya. Cara berpikir seperti ini tercermin dalam perilaku manusia modern yang mengeksploitasi alam sehingga merusak lingkungan [1]. Kompleksitas dan dinamika pembangunan yang terjadi di segala sektor pada era pemerintahan daerah dan globalisasi berdampak pada masyarakat dan lingkungan hidup. Hal ini tidak hanya berdampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan penduduk, namun juga menimbulkan dampak negatif, antara lain pencemaran dan perusakan lingkungan hidup. Penurunan kualitas lingkungan hidup berdampak langsung pada penurunan kualitas kesehatan masyarakat, berimplikasi pada penurunan tingkat kesejahteraan masyarakat dan ancaman terhadap kelestarian lingkungan hidup [2].

Salah satu permasalahan degradasi lingkungan yang paling serius dalam beberapa tahun terakhir abad ke - 20 adalah hujan asam. Hal ini merupakan masalah serius secara logis maupun politis. Didalam hujan asam terdapat komponen yang terdiri dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam nitrat ( $HNO_3$ ), keduanya berasal dari sulfur dioksida ( $SO_2$ ) dan nitrogen oksida ( $NO_x$ ), yang merupakan penyebab utama penyakit pada manusia dan juga berdampak pada lingkungan. Curah hujan asam diketahui berbahaya bagi tanaman, bahkan dapat merusak alat fotosintesis, menurunkan kandungan klorofil dan meningkatkan produksi spesies oksigen reaktif, sedangkan pada tingkat agroekosistem, mereka bertanggung jawab atas hilangnya produktivitas tanaman [3].

Tujuan pembangunan berkelanjutan adalah untuk memajukan umat manusia sekaligus melestarikan sistem alam, menunjukkan bagaimana peradaban bergantung pada lingkungan dan sumber dayanya. Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang diterima secara umum, yang biasa disebut sebagai Tujuan Global, adalah kumpulan tujuan yang berupaya untuk memberantas kemiskinan dan kelaparan, menjaga semua sumber daya yang layak huni, dan menjamin bahwa setiap orang mengalami perdamaian dan kesejahteraan baik saat ini maupun di masa depan [4]. Berdasarkan latar belakang dan dampak yang ditimbulkan oleh hujan asam, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi cara berkelanjutan untuk meningkatkan keseimbangan ekosistem atmosfer dalam upaya memenuhi SDGs. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai solusi berkelanjutan memperbaiki keseimbangan atmosfer khususnya hujan asam dalam upaya pencapaian SDGs.

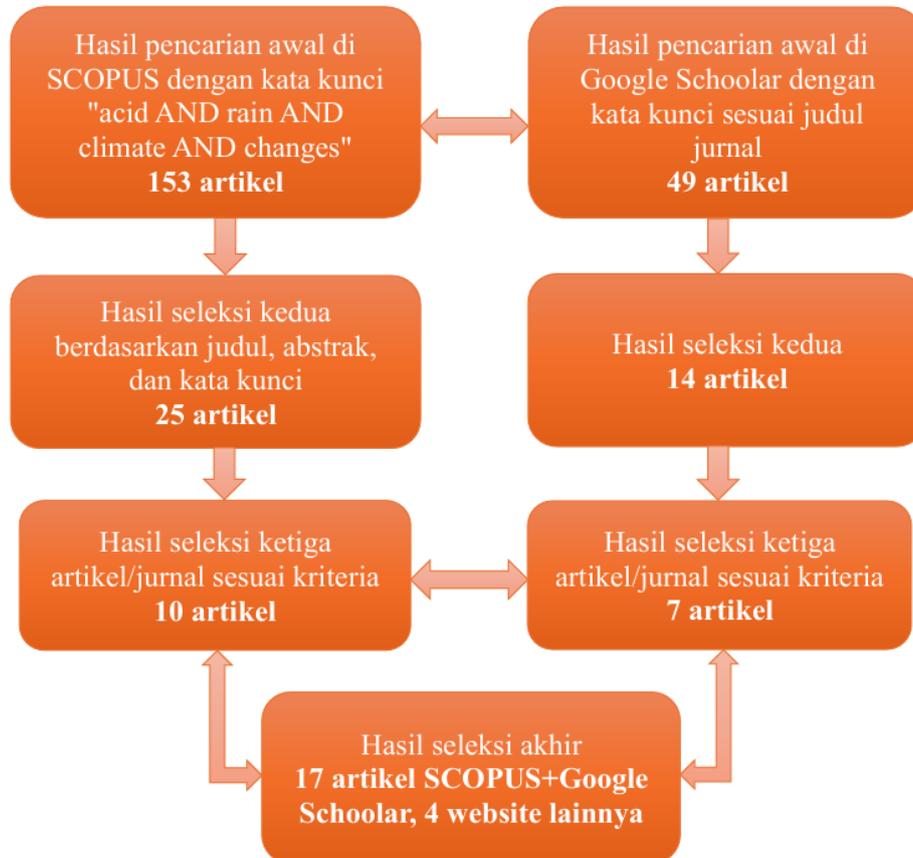
## **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian yang berbentuk studi literatur. Proses studi literatur ini dilakukan untuk mencari artikel penelitian yang dipublikasikan dengan menggunakan kajian sistematis. Studi literatur merupakan kegiatan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan teknik pengumpulan informasi dan data [5]. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah buku, jurnal, maupun artikel dari website SCOPUS dan berbagai website lainnya yang kemudian diseleksi berdasarkan judul, kata kunci, dan abstrak untuk kesesuaian dengan topik kajian yang membahas mengenai dampak hujan asam dan upaya pencegahan untuk menjaga keseimbangan ekosistem atmosfer yang berkaitan dengan tujuan SDGs. Pencarian data dan informasi studi literatur dilakukan pada tanggal 4 April 2024.

Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data dan informasi yang digunakan adalah studi dokumentasi yang secara khusus menelusuri dokumentasi tentang dampak hujan asam dan solusinya yang terdapat di berbagai sumber berupa buku, dokumen, atau artikel jurnal. Seleksi dimulai dengan pencarian artikel menggunakan kata kunci "acid AND rain AND climate AND changes" pada database SCOPUS dan menemukan 153 artikel. Artikel kemudian diseleksi dan disaring berdasarkan judul, abstrak, dan kata kuncinya untuk memastikan kesesuaian dengan topik kajian. Dari proses kedua ini, 25 artikel terpilih. Artikel kemudian diseleksi sesuai kriteria dan 2 artikel terpilih. Kemudian pencarian pada database Google Scholar ditemukan 49 artikel yang sesuai dengan judul jurnal kami. Pada proses kedua ini



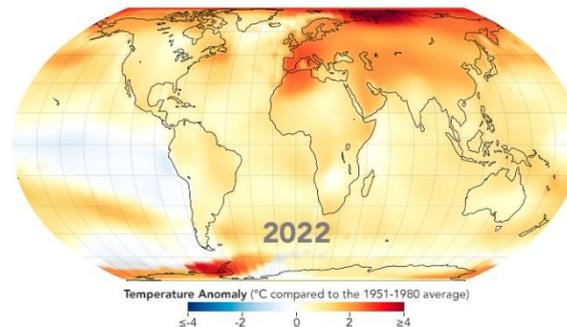
artikel diseleksi dan didapatkan 12 artikel yang isinya dikaji lebih mendalam dan dianalisis kembali. Kemudian artikel diseleksi berdasarkan kriteria dan 7 artikel terpilih. Kemudian dalam proses akhir, 9 artikel dan 4 website terpilih.



**Gambar 1.** Tahapan seleksi dan penyaringan artikel

### Hasil dan Pembahasan

Peningkatan suhu rata-rata atmosfer bumi secara bertahap selama beberapa dekade terakhir dikenal sebagai pemanasan global. Peningkatan suhu ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi, khususnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dilepaskan ke atmosfer oleh berbagai aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, industri, dan transportasi. Pemanasan global merupakan isu penting dalam ilmu lingkungan karena dapat berdampak besar terhadap ekosisten dan kehidupan manusia [6]. Curah hujan juga merupakan jalur hidrologi yang penting untuk transportasi unsur hara, sehingga memainkan peran penting dalam stabilitas ekosistem hutan. Masukan unsur hara mempunyai dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman dan siklus unsur hara dalam ekosistem hutan. Dengan membagi hujan curah dan secara selektif menyebabkan hara membengkak atau menebal, kanopi hutan dapat mengurangi aliran unsur secara signifikan [7]. Berdasarkan data NASA Earth Observatory, suhu udara bumi mengalami peningkatan sejak revolusi industri. Meskipun variabilitas alam memainkan peran penting, banyak bukti yang menunjukkan bahwa aktivitas manusia, terutama emisi gas rumah kaca yang memerangkan panas adalah penyebab utama pemanasan global. Anomali suhu global pada tahun 2022 adalah tahun yang menempati urutan kelima terpanas dalam sejarah yang tercatat. Menurut mantan direktur GISS James Hansen, tren pemanasan yang kuat selama empat dekade terakhir mungkin mencerminkan perubahan dalam perubahan iklim suasana ke tingkat dominan. Dampak gas rumah kaca akibat aerosol dapat diatasi dengan pengendalian polusi.



**Gambar 2.** Anomali Suhu Global Tahun 2022

Sumber : [www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com)

Pencemaran udara dapat dikelompokkan menjadi dua jenis berdasarkan sumber pencemaran yang dihasilkan, yaitu polutan primer dan polutan sekunder. Polutan primer merupakan sumber pencemaran yang dihasilkan langsung dari pencemaran udara. Misalnya senyawa karbon dioksida merupakan sumber utama pencemaran karena dilepaskan selama pembakaran. Sedangkan pencemar sekunder adalah pencemaran udara, sumber pencemaran merupakan reaksi antara pencemar primer dengan pencemar primer yang ada di udara. Partikel asam yang terbawa oleh udara dapat menyebabkan gangguan pernapasan, terutama pada individu dengan masalah kesehatan pernapasan seperti asma. Selain itu, hujan asam juga dapat merusak bangunan dan infrastruktur [8]. Kabut asap merupakan salah satu contoh polutan sekunder karena terbentuk dari reaksi beberapa polutan primer di udara. Dampak negatif pencemaran udara yang tidak kalah seriusnya adalah hujan asam. Hujan asam merupakan salah satu dampak pencemaran udara akibat adanya adanya polutan di udara yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, emisi kendaraan bermotor, emisi dari industri yang mengolah hasil pertanian, dan emisi dari pembakaran industri (Jayawardana et al., 2023).

Curah hujan asam didefinisikan sebagai asam atmosfer yang diendapkan di bumi dalam bentuk pengendapan basah atau pengendapan kering. Terjadinya hujan asam ditentukan oleh pH curah hujan. Masalah ini berasal dari alam atau antropogenik, yang terdiri dari presipitasi dari atmosfer dengan pH sangat asam ( $\leq 5,6$ ) yang mengendap di dalam tanah, meningkatkan keasaman dan mengurangi kesuburan, hujan asam dapat disebabkan karena hingga kebakaran berulang di kawasan hutan, yang mengakibatkan pengendapan senyawa sangat asam yang beracun bagi ekosistem darat, seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam nitrat ( $HNO_3$ ) [10]. Sumber keasaman pada hujan dapat berasal dari aktivitas antropogenik atau alami. Meski demikian, penyebab utama hujan asam di perkotaan adalah aktivitas manusia. Asam anorganik seperti asam nitrat dan asam sulfat dilepaskan ke atmosfer melalui aktivitas antropogenik seperti pembakaran bahan bakar fosil untuk keperluan industri atau transportasi. Sementara itu, sumber keasaman hujan di pedesaan berasal dari emisi karbon organik volatil biogenik seperti isoprena, propena, asam asetat, asam format dan asam oksalat yang lebih merupakan asam organik. Hujan asam (*acid rain*) dikaitkan dengan perubahan iklim, sehingga menyebabkan gangguan berbahaya pada produksi pangan global dan risiko kehidupan [11].

Dibandingkan dengan Eropa dan Amerika Utara, air permukaan dan tanah di Asia kurang sensitif terhadap efek pengendapan sulfur (S) dan nitrogen (N) karena iklim yang hangat dan lembab sehingga tingkat pelapukan mineral kalsium ( $Ca^{2+}$ ) lebih tinggi [12]. Akan tetapi di Indonesia sendiri, hujan asam pernah terjadi di Kota Palu pada tahun 2021. Selain di Kota Palu, hujan asam juga pernah terjadi di Kota Bandung pada tahun 2009 dan 2016. Menurut penelitian [13] sebagian besar air hujan Kota Palu masuk dalam kategori hujan asam. Air hujan mengandung zat anorganik, yaitu mineral yang banyak ditemukan di alam. Hasil reaksi kimia pada gambar tabel dibawah ini menunjukkan kandungan mineral pada air hujan, mineral berasal dari laut dalam bentuk larutan garam dan distribusi pH DHL tertinggi terjadi pada nilai pH.



Asam kuat (%)			Basa kuat (%)			Basa lemah (%)	
Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
14	12	37	14	6	7	2	8
Jumlah (%): Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = 63%			Jumlah (%): Ca <sup>2+</sup> + Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> = 27%			Jumlah (%): Mg <sup>2+</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> = 10%	

**Gambar 3.** Presentase Senyawa Kimia yang Terkandung pada Air Hujan Kota Palu

Sumber: [13]

Hujan asam dapat disebabkan oleh aktivitas alam dan manusia yang melepaskan gas-gas termasuk hidrogen, karbon dioksida, karbon monoksida, dan sulfur dioksida ke atmosfer. Gas-gas tersebut akan bercampur dengan uap air hingga mengendap bahkan larut, berubah warna menjadi merah jambu atau bahkan hujan. Mengurangi emisi gas-gas pencemar yang menyebabkan terbentuknya hujan asam, seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida, dengan mengadopsi teknologi bersih dan ramah lingkungan [14]. Angin akan membawa gas hasil pembakaran jauh dari sumbernya dan semakin tinggi ke atmosfer. Setelah mencapai puncak (atmosfer), gas tersebut akan bercampur dengan uap air (awan) dan lama kelamaan akhirnya melepaskan massa yang diangkutnya dalam partikel es (cair). Hujan asam merupakan hasil penggabungan asam lemah dan basa kuat dengan uap air yang mengandung bahan kimia anorganik. Dampak dari hujan asam diantaranya ialah :

- Kesehatan manusia,
- Pencemaran dan kerusakan bangunan,
- Kerusakan fisik,
- Kerusakan tanaman dan tanah,
- Kerusakan ekosistem perairan

Selain di atas, dampak hujan asam juga mempengaruhi perubahan iklim. Perubahan iklim mempunyai dampak nyata terhadap bumi dan penghuninya. Suhu rata-rata global meningkat sebesar 1°C sehingga menyebabkan peningkatan bencana. Khususnya di Indonesia, hal ini salah satunya ditunjukkan dengan semakin banyaknya bencana alam terutama sepanjang sepuluh tahun terakhir. Pada tahun 2009, jumlah kejadian bencana alam di Indonesia sebanyak 1.245 dan meningkat secara signifikan sebanyak 3.814 kejadian pada tahun 2019. Menurut laporan yang disusun oleh Intergovermental Panel On Climate Change (IPCC), perubahan iklim di Indonesia akan menyebabkan peningkatan suhu bumi lebih tinggi di masa depan yang berdampak pada kepunahan spesies dan keanekaragaman hayati laut dan berdampak pada manusia [13]. Selain menyebabkan kepunahan pada spesies dan keanekaragaman hayati, dampak hujan asam akan mengakibatkan terganggunya kesehatan masyarakat Indonesia di masa yang akan datang.

Dampak negatif hujan asam terhadap kesehatan dapat terjadi melalui 3 faktor, yaitu paparan langsung terhadap logam berat seperti aluminium dan lainnya yang dilepaskan oleh partikel tanah dengan pH rendah, efek jangka pendek dari menghirup udara yang tercemar dan efek jangka panjang dari menghirup udara yang tercemar sedang atau ringan. Apabila hal ini terus terjadi, dimasa yang akan datang kesehatan masyarakat Indonesia akan semakin buruk. Menurut penelitian [15] hujan asam juga memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, termasuk kerusakan terhadap tanaman. Asam sulfat dan asam nitrat yang terlarut dalam hujan asam dapat merusak daun tanaman, menghambat fotosintesis, dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Hujan asam yang mencemari air sungai dan danau dapat membahayakan kehidupan akuatik, seperti ikan dan makhluk air lainnya. Hujan asam juga dapat mempengaruhi keadaan fisik tubuh dan pertumbuhan tanaman akibat erosi yang terus menerus terjadi pada tanah [11].

Indonesia terkenal dengan negara tropis yang banyak memiliki jenis tanaman dan pepohonan yang unik. Hujan asam ini juga dapat berdampak terhadap hutan di Indonesia. Tanda-tanda serangan hama dan kekeringan tidak sama dengan tanda-tanda degradasi hutan akibat



hujan asam [16]. Kerusakan dan kematian hutan disebut Forest Dieback atau Waldsterben. Hutan mati ini dapat menyebabkan peningkatan risiko tanah longsor yang berbahaya bagi penduduk maupun turis. Apabila terus terjadi, hal ini akan berdampak pada hutan-hutan di Indonesia dimasa yang akan datang akan berdampak serius. Berdasarkan data BMKG terkait Informasi Kimia Air Hujan, di bawah ini merupakan gambar grafik Keasaman (pH) Air Hujan Indonesia pada Bulan Maret 2024.

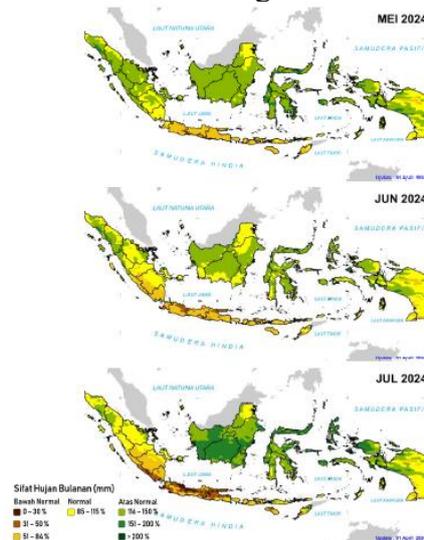


**Gambar 4.** Grafik Kimia Air Hujan Maret 2024  
Sumber : [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)

Keterangan pH Air Hujan:

- $> 7$  : pH air hujan basa
- 6.1-7 : Air hujan sangat baik, cenderung netral seperti air permukaan
- 5.6-6 : pH air hujan ideal
- 4.1-5.5 : Hujan asam
- 3-4 : Hujan asam (tinggi)
- $< 3$  : Hujan asam (ekstrem)

Grafik di atas menunjukkan bahwa beberapa wilayah di Indonesia masih cenderung memiliki hujan yang bersifat asam yaitu berada di pH 4.1-5.5 pada bulan Maret 2024 [17]. Akan tetapi berdasarkan data yang dikutip dari BMKG, prediksi sifat curah hujan di Indonesia untuk bulan-bulan berikutnya yaitu Mei-Juli 2024 adalah sebagai berikut:



**Gambar 5.** Sifat Hujan Bulan Mei-Juli 2024  
Sumber: [18]

Daerah Jawa pada saat musim hujan pada bulan-bulan JFM (Januari-Februari-Maret) dan OND (Oktober-November-Desember) menunjukkan pengaruh yang cukup kuat dengan kategori nilai  $>50\%$  lebih banyak dibandingkan beberapa wilayah lainnya[19]. Pada bulan Mei - Juni 2024, Indonesia diperkirakan mengalami pemulihan secara berkala. Pada Juni 2024,



17,41% wilayah daratan Indonesia diperkirakan mengalami hujan curah di bawah normal, 36,69% curah hujan normal, dan 45,90% hujan curah di atas normal. Dan pada bulan Juli 2024, 20,02% wilayah daratan Indonesia diperkirakan mengalami normal atau curah hujan, 25,90% normal atau hujan, dan 54,06% mengalami normal atau lebih tinggi dari biasanya [18].

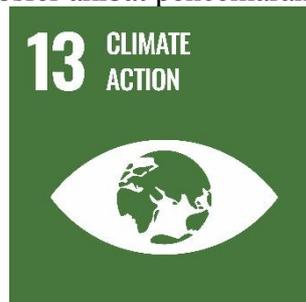
Permasalahan pencemaran lingkungan akibat hujan asam dapat diatasi dengan beberapa langkah tepat. Solusi berkelanjutan dalam menyeimbangkan ekosistem atmosfer dapat diupayakan melalui SGDs. SDGs merupakan bagian integral dari Agenda Pembangunan Berkelanjutan 2030, yang bertujuan untuk mendorong masa depan yang lebih berkelanjutan. Mengentaskan kemiskinan, meningkatkan inklusi sosial-ekonomi, melindungi lingkungan, mencegah permasalahan global termasuk kemiskinan, kesenjangan, perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan keadilan adalah tujuan dari agenda ini.



**Gambar 6.** *Sustainable Development Goals (SDGs)*

Sumber: [20]

SDGs menawarkan arahan global untuk mengatasi permasalahan dunia yang dihadapi komunitas internasional. Hal ini memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kehidupan dan fondasi alam planet ini, di mana pun dan untuk semua orang sekaligus menjaga kemampuan manusia untuk hidup bermartabat dan bersejahtera untuk generasi mendatang. Sektor ekologi, ekonomi, dan sosial merupakan tiga domain pembangunan berkelanjutan yang tercakup dalam 17 SDGs [4]. Salah satu tujuan dari SDGs yang memberikan perlindungan dan upaya dalam ketidakseimbangan ekosistem atmosfer akibat pencemaran udara adalah tujuan ke 13.



**Gambar 7.** *Icon SDGs Tujuan 13*

Sumber: [20]

Tujuan ke 13 bertujuan untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya dengan mengambil tindakan segera. Perubahan iklim dan degradasi lingkungan merupakan isu kesetaraan yang mengikis hak-hak seluruh anak, terutama kelompok yang paling dirugikan. Mewujudkan hak-hak anak sebagaimana diuraikan dalam SDGs bergantung pada pengambilan tindakan untuk mengatasi dan beradaptasi terhadap perubahan iklim [21]. Perubahan iklim merupakan ancaman nyata dan tidak dapat disangkal terhadap seluruh peradaban. Dampaknya sudah jelas dan akan menjadi sebuah bencana jika tidak bertindak sekarang. Melalui pendidikan, inovasi, dan memenuhi komitmen iklim, dapat melakukan perubahan yang diperlukan untuk melindungi planet ini. Perubahan-perubahan ini menghadirkan peluang besar



untuk memodernisasi infrastruktur yang ajab menciptakan lapangan kerja baru dan membawa kemakmuran yang lebih besar di seluruh dunia.

Ada beberapa upaya dan tindakan yang dapat dilakukan untuk membantu dalam mengurangi perubahan akibat perubahan iklim yang disebabkan oleh ketidakseimbangan ekosistem atmosfer, yaitu [20] :

1. Mendaur ulang semua kertas, kaca, logam maupun plastik dan barang-barang elektronik yang sudah lama tidak dipakai.
2. Penggunaan kompos, pengomposan sisa menggunakan makanan dapat mengurangi dampak iklim serta mendaur ulang nutrisi yang diperoleh.
3. Kurangi konsumsi daging dan mulai makan sayur-sayuran satu hari dalam seminggu. Industri daging mempunyai dampak besar terhadap lingkungan.
4. Memilih produk yang bisa digunakan kembali. Menggunakan tas yang ramah lingkungan saat berbelanja dan menggunakan botol atau gelas air yang dapat digunakan kembali untuk mengurangi sampah plastik.
5. Membeli produk yang ramah lingkungan. Seperti membaca kemasan pada produk untuk mengetahui informasi pada produk dengan cara yang ramah lingkungan.
6. Mulailah dengan bersepeda, berjalan kaki, ataupun mencoba naik angkutan umum. Menggunakan mobil hanya ketika melakukan perjalanan dengan rombongan yang besar.
7. Mengurangi penggunaan kertas. Menghindari mencetak dan menggantinya dengan penggunaan elektronik atau operator.
8. Tidak membeli hewan peliharaan secara tidak resmi, mencoba untuk mendatangi tempat penampungan hewan dan melakukan adopsi hewan di tempat yang resmi.

## **Simpulan**

Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dikemukakan, bahwa peningkatan suhu global merupakan isu penting dalam ilmu lingkungan karena dapat berdampak besar terhadap ekosistem dan kehidupan manusia. Beberapa dampak pemanasan global antara lain perubahan iklim global, kenaikan permukaan air laut, dan terganggunya keseimbangan ekosistem. Dampak negatif pencemaran udara yang tidak kalah seriusnya adalah hujan asam. Hujan asam menjadi masalah serius dengan dampak pada kesehatan manusia, ekosistem, dan keanekaragaman hayati. Hujan asam juga mempengaruhi perubahan iklim, meningkatkan risiko bencana alam, dan mengancam keanekaragaman hayati. Solusi untuk mengatasi masalah ini termasuk langkah-langkah untuk memitigasi perubahan iklim, seperti yang diusulkan dalam Sustainable Development Goals (SDGs) dengan fokus pada tujuan ke-13.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak dari perubahan iklim dan hujan asam yang disebabkan oleh ketidakseimbangan ekosistem atmosfer, yaitu: mendaur ulang semua kertas, kaca, logam maupun plastik dan barang-barang elektronik yang sudah lama tidak dipakai, pengomposan sisa menggunakan makanan dapat mengurangi dampak iklim serta mendaur ulang nutrisi yang diperoleh, kurangi konsumsi daging dan mulai makan vegetarian, memilih produk yang bisa digunakan kembali, membeli produk yang ramah lingkungan, mulailah dengan bersepeda, berjalan kaki, ataupun mencoba naik angkutan umum, mengurangi penggunaan kertas, tidak membeli hewan peliharaan secara tidak resmi.

## **Daftar Referensi**

- [1] F. Ferari and T. Winata, "PERLUASAN HUTAN KOTA DAN EXPLORATORIUM ALAM DI PAMULANG," *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, vol. 3, no. 2, p. 1733, Feb. 2022, doi: 10.24912/stupa.v3i2.12345.



- [2] D. R. Arini, C. Purnawan, E. S. Rahayu, and N. A. Purnomo, "Sumbangan Indeks Kualitas Udara Wilayah sebagai Bagian Pencapaian Sustainable Development Goals (Studi Kasus: Kabupaten Magetan)," *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, vol. 24, no. 2, p. 36, Jan. 2023, doi: 10.20961/enviro.v24i2.70452.
- [3] P. Grennfelt, A. Engleryd, M. Forsius, Ø. Hov, H. Rodhe, and E. Cowling, "Acid rain and air pollution: 50 years of progress in environmental science and policy," *Ambio*, vol. 49, no. 4. Springer, pp. 849–864, Apr. 01, 2020. doi: 10.1007/s13280-019-01244-4.
- [4] S. P. Aji and D. T. Kartono, "KEBERMANFAAT ADANYA SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)," *JOSR: Journal of Social Research Mei*, no. 6, pp. 507–512, 2022, [Online]. Available: <http://https://ijsr.internationaljournalallabs.com/index.php/ijsrhttp://ijsr.internationaljournalallabs.com/index.php/ijsr>
- [5] V. Melinda and M. Zainil, "Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar (Studi Literatur)," vol. Volume 4, 2020.
- [6] M. R. Rahimpour, Mohammad. Faris, and M. Amin. Makarem, *Advances in carbon capture : methods, technologies and applications*. Woodhead Publishing, 2020.
- [7] J. Yang *et al.*, "The Impact of Canopy on Nutrient Fluxes through Rainfall Partitioning in a Mixed Broadleaf and Coniferous Forest," *Forests*, vol. 15, no. 4, p. 623, Mar. 2024, doi: 10.3390/f15040623.
- [8] D. R. Warren, C. E. Kraft, D. C. Josephson, and C. T. Driscoll, "Acid rain recovery may help to mitigate the impacts of climate change on thermally sensitive fish in lakes across eastern North America," *Glob Chang Biol*, vol. 23, no. 6, pp. 2149–2153, Jun. 2017, doi: 10.1111/gcb.13568.
- [9] Jayawardana *et al.*, "Ilmu Lingkungan," ResearchGate, Juli 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372717403> [Accessed: Apr. 21, 2024].
- [10] A. Klynger, C. Victor, M. Andressa, V. Castro, and N. Cristina, "Chloroplast damage induced by simulated acid rain is delayed in soybean plants pretreated with 24 epibrassinolide: Evidence connected to photosynthesis and biomass," *www.researchsquare.com*, Mar. 2024, doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4129708/v1>.
- [11] C. M. Payus, C. Jikilim, and J. Sentian, "Rainwater chemistry of acid precipitation occurrences due to long-range transboundary haze pollution and prolonged drought events during southwest monsoon season: climate change driven," *Heliyon*, vol. 6, no. 9, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04997.
- [12] M. R. McHale, A. S. Ludtke, G. A. Wetherbee, D. A. Burns, M. A. Nilles, and J. S. Finkelstein, "Trends in precipitation chemistry across the U.S. 1985–2017: Quantifying the benefits from 30 years of Clean Air Act amendment regulation," *Atmos Environ*, vol. 247, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118219.
- [13] S. Alfiandy, D. S. Permana, M. S. Nugraha, and I. J. Aulia Putri, "Analisis kimia dan kualitas air hujan di Kota Palu sebagai penyebab terjadinya hujan asam," *Jurnal Riset Kimia*, vol. 12, no. 1, pp. 10–18, Apr. 2021, doi: 10.25077/jrk.v12i1.368.
- [14] S. Gao *et al.*, "Richness–biomass relationships change with increasing acid rain intensity by shifting from positive to negative selection," *Ecol Indic*, vol. 145, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109610.
- [15] E. Uhl, T. Hilmers, and H. Pretzsch, "From acid rain to low precipitation: The role reversal of norway spruce, silver fir, and european beech in a selection mountain forest and its implications for forest management," *Forests*, vol. 12, no. 7, Jul. 2021, doi: 10.3390/f12070894.
- [16] A. Tanjung, U. Raden, I. Lampung, and M. Mansyur, "Indonesian Journal of Islamic Theology and Philosophy Dampak Sains Modern Terhadap Lingkungan dalam



- Perspektif Teologi Islam,” *Dampak Sains Modern Terhadap Lingkungan dalam Perspektif Teologi Islam IJITP*, vol. 3, no. 2, pp. 59–100, 2021, doi: 10.24042/ijtp.v3i2.10401.
- [17] BMKG, “ANALISIS KUALITAS UDARA (Informasi Kimia Air Hujan) di Indonesia Bulan Maret 2024,” [bmgk.go.id](http://bmgk.go.id), Maret 2024. [Online]. Available: <https://www.bmgk.go.id/kualitas-udara/informasi-kimia-air-hujan.bmgk> [Accessed: Apr. 20, 2024].
- [18] A. Fachri Radjab, “Buletin Informasi Iklim April,” [bmgk.go.id](http://bmgk.go.id), 13 April 2024. [Online]. Available: <https://www.bmgk.go.id/iklim/buletin-iklim.bmgk> [Accessed: May 01, 2024].
- [19] B. D. A. Nugroho *et al.*, “The Effect of ENSO on Seasonal Rainfall Using the Monte-Carlo Bootstrap Method in the Southern Part of Java, Indonesia,” *Ecological Engineering and Environmental Technology*, vol. 25, no. 3, pp. 211–219, 2024, doi: 10.12912/27197050/181175.
- [20] U. Nations, “THE 17 GOALS Sustainable Development,” [sdgs.un.org](http://sdgs.un.org). [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals> [Accessed: Apr. 24, 2024].
- [21] Unicef, “SDG Goal 13: Climate Action,” UNICEF DATA. [Online]. Available: <https://data.unicef.org/sdgs/goal-13-climate-action/> [Accessed: Apr. 24, 2024].