Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan
Volume 18(1), 2025, pp. 35-45
https://e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/Sanitasi

Original Research Article

Sensitivitas sektor WASH (*Water, Sanitation and Hygiene*) terhadap perubahan iklim di Indonesia: Tinjauan anak sebagai kelompok rentan

Asti Nur Rahayu [a] *, Perdinan Perdinan [b]
Institut Pertanian Bogor. Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor, Indonesia
[a] asti_nrahayu@apps.ipb.ac.id; [b] perdinan@apps.ipb.ac.id;
* Corresponding Author

Receipt: 12 November 2024; Revision: 1 March 2025; Accepted: 5 March 2025; Online: 8 March 2025

Abstrak: Indonesia menempati peringkat ke-46 dari 163 negara dalam Children's Climate Risk Index (CCRI), menunjukkan tingginya risiko anak-anak terhadap dampak perubahan iklim. Satu sektor kunci permasalahan ini yakni WASH (Water, Sanitation and Hygiene) yang melatarbelakangi tujuan penelitian ini dalam menganalisis pengaruh curah hujan dan suhu udara terhadap kepekaan sektor WASH di Indonesia, terkhusus pada eksistensi anak sebagai kelompok rentan. Melalui metode deskriptif kuantitatif, proyeksi iklim tahun 2021-2050 dimanfaatkan untuk mengidentifikasi wilayah dengan capaian sektor WASH yang berisiko. Aspek yang ditinjau meliputi akses anak terhadap fasilitas air dan sanitasi layak, Indeks Kualitas Air (IKA), dan *Incident Rate* (IR) diare. Terdapat 5 provinsi dengan deviasi proyeksi iklim yang cukup signifikan di kedua variabel iklim sekaligus, meliputi Bengkulu, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kepulauan Bangka Belitung dan Riau. Di sisi lain, wilayah dengan populasi anak "Sangat Padat" (DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten) mengalami deviasi yang lebih dominan pa-da variabel suhu udara. Secara kuantitas, variabel suhu udara mengakibatkan lebih banyak perubahan kelas indeks WASH dibandingkan curah hujan. Penelitian ini menunjukkan adanya potensi beberapa wilayah berpopulasi padat bertepatan dengan wilayah yang sensitif dari aspek WASH dan/atau perubahan iklim. Sehingga direkomendasikan agar dibentuknya strategi kebijakan yang adaptif dan tahan terhadap tantangan lingkungan, serta melibatkan masyarakat lokal dalam pengelolaannya.

Abstract: *Indonesia ranks 46th out of 163 countries in the Children's Climate Risk Index (CCRI), indicating that children are at high risk from the impacts of climate change. A key sector in this issue is WASH (Water, Sanitation and Hygiene), which forms the basis for this study's objective: to analyse the influence of rainfall and air temperature on the vulnerability of the WASH sector in Indonesia, with a particular focus on children as a vulnerable group. Using a quantitative descriptive method, climate projections for 2021–2050 were utilised to identify regions where WASH sector outcomes are at risk. The aspects examined included children's access to adequate water and sanitation facilities, the Water Quality Index (WQI), and the incidence rate (IR) of diarrhoea. There are five provinces with significant deviations in climate projections for both climate variables simultaneously, namely Bengkulu, Yogyakarta Special Region, East Java, the Bangka Belitung Islands and Riau. On the other hand, regions with a 'very dense' child population (Jakarta Special Capital Region, West Java and Banten) experienced more pronounced deviations in the air temperature variable. In quantitative terms, the air temperature variable resulted in more changes in WASH index classes than rainfall. This study indicates that several densely populated regions coincide with areas that are sensitive in terms of WASH and/or climate change. It is therefore recommended that policy strategies be developed which are adaptive and resilient to environmental challenges, and which involve local communities in their management.*

Keywords: curah hujan, suhu udara, ketahanan, kesehatan lingkungan, wilayah rentan

DOI: 10.29238/sanitasi.v18i1.2653

© Author(s), 2025. Open Access

This article is licensed under a Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International License, This license enables reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use. If you remix, adapt, or build upon the material, you must license the modified material under identical terms. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/.

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar se-Asia Tenggara (terdiri atas 17.504 pulau), Indonesia dilatarbelakangi oleh kondisi geografis, topografi, dan ekologi yang beragam, mulai dari sistem laut dan pesisirnya hingga wilayah rawa gambut dan hutan pegunungannya (ERIA 2019; Indrajaya et al. 2022). Keragaman ini membuat Indonesia memiliki kerentanan yang tinggi terhadap bencana, terutama yang timbul dari ancaman lingkungan baik itu bencana geologis (seperti gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung berapi), bencana hidrometeorologis (seperti banjir, kekeringan, tanah longsor dan siklon), maupun ancaman *hazards* (pencemaran) (UNDRR 2020). Menurut *World Bank Group* dan *Asian Development Bank* (2021), Indonesia menempati peringkat ketiga teratas sebagai negara dengan paparan yang tinggi terhadap semua jenis risiko iklim meliputi banjir dan panas ekstrem. Sementara itu, Eckstein *et al.* (2021) mengungkapkan jika Indonesia menempati peringkat ke-14 dari total 108 negara pada *Global Climate Risk Index* (GCRI) berdasarkan besarnya risiko perubahan iklim pada periode 2000-2019. Penilaian indeks ini didasarkan pada dampak historis dari kejadian cuaca ekstrem yang dikaitkan terhadap kerugian ekonomi dan kematian. Intensitas bahaya ini diprediksi akan terus meningkat seiring terjadinya fenomena perubahan iklim yang semakin intens di masa depan.

Dalam prosesnya, bahaya yang ditimbulkan oleh perubahan iklim telah mempengaruhi salah satu sektor vital kemasyarakatan, yakni sektor pemenuhan air, sanitasi, dan kebersihan masyarakat secara global. Dampak perubahan iklim terhadap ketiga sektor tersebut sangat erat kaitannya dengan peningkatan bencana alam yang mempengaruhi keseimbangan neraca air (seperti banjir dan kekeringan) dan wabah penyakit yang ditularkan melalui air yang disebabkan oleh parameter curah hujan, *climate-event*, dan cuaca ekstrem. Di Indonesia, permasalahan yang ditimbulkan cukup beragam untuk setiap wilayah, baik meliputi perihal akses, penggunaan, dan fungsi sanitasi rumah tangga, kerusakan dan kehancuran infrastruktur akibat bencana hidrometeorologi, sampai peningkatan populasi yang tidak diimbangi dengan pasokan air (BKF Kemenkeu 2020; Pujiraharjo et al. 2014; KLHK 2020). Berbagai permasalahan terganggunya neraca air di Indonesia mengakibatkan kerugian ekonomi sekitar Rp24,5 Triliun-Rp 31,78 Triliun atau setara dengan 0,33-0,43% dari PDB Nasional (KLHK 2020).

Bencana hidrometeorologi yang kian meningkat akibat perubahan iklim dapat mengganggu kesejahteraan, keselamatan, kesehatan fisik dan mental anak-anak (UNICEF 2015). Anak-anak dianggap sebagai salah satu kelompok yang rentan terkena dampak bencana terkait iklim, terutama mereka yang hidup di daerah miskin dan *underserved area* (UNICEF 2021). Anak-anak juga akan semakin dihadapkan dengan risiko terkait lingkungan dan iklim yang mempengaruhi kesehatan, ketahanan pangan, akses terhadap makanan bergizi, akses terhadap fasilitas air dan sanitasi, serta mata pencaharian mereka di masa depan. Menurut laporan "*The Climate Crisis Is a Child Rights Crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index*", Indonesia menempati peringkat ke-46 dari 163 negara dalam *Children's Climate Risk Index* (CCRI). Dalam laporan tersebut disebutkan bahwa sebagian besar anak-anak di Indonesia mengalami keterpaparan yang tinggi terhadap penyakit vektor menular, pencemaran udara, dan banjir rob (UNICEF 2021).

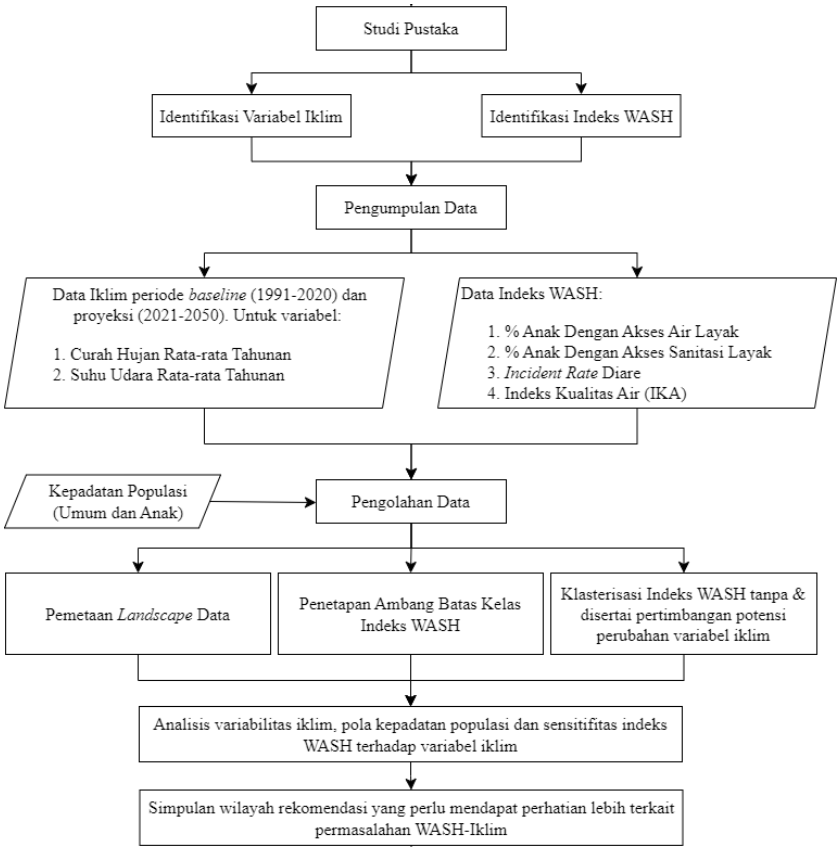
Isu perlindungan anak-anak dari berbagai ancaman telah menjadi perhatian serius bagi berbagai instansi dan *stakeholder* baik di tingkat nasional hingga internasional. *United Nations Children's Fund* atau UNICEF, telah mendeklarasikan terdapat 6 sektor hak anak yang menjadi penentu ketercapaian kesejahteraan mereka, yakni: kesehatan, pangan, pendidikan, perlindungan anak, kebijakan sosial, dan WASH (*Water*, *Sanitation*, *and Hygiene*). Selain itu upaya pemenuhan hak anak, pendesainan strategi terkait kebijakan WASH diperlukan sebagai bentuk dukungan terhadap agenda global *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) terkait komitmen penjagaan terhadap sistem iklim demi kepentingan umat manusia generasi masa kini maupun mendatang. Tanggung jawab pemenuhan mandat tersebut kemudian disusun atas dasar kesetaraan dan sesuai dengan kepentingan bersama. tetapi membedakan tanggung jawab dan kemampuan masing-masing. Ini berarti setiap orang memiliki hak dan peran untuk berpartisipasi dalam aksi iklim dengan pertimbangan terbaik untuk kesejahteraan anak-anak dan generasi mendatang.

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

Menanggapi isu-isu tersebut, Pemerintah Indonesia telah merilis Rencana Strategis Energi dan Indeks Kualitas Lingkungan untuk mengatasi masalah energi dan lingkungan. Dokumen *Long Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience* (LTS-LCCR) 2050 telah diperbaharui pada Juli 2021. Pemerintah Indonesia juga telah meratifikasi Konvensi Hak Anak (KHA) dengan mengeluarkan Keputusan Presiden No. 36/1990. Program *research* yang diantaranya dijalankan oleh akademika, merupakan salah satu satu bentuk kegiatan yang mendorong keberpihakan para pihak pada anak dalam isu perubahan iklim. Atas dasar tersebut maka disusunlah kajian ini, dengan harapan dapat menjadi salah satu cara untuk mengidentifikasi dan memberikan masukan pada *gap* kebijakan pembangunan perubahan iklim di Indonesia yang terfokus pada kebutuhan akses fasilitas air dan sanitasi yang inklusif bagi anak. Adapun kajian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan curah hujan dan suhu udara terhadap kepekaan sektor WASH di Indonesia berdasarkan proyeksi iklim tahun 2021-2050. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi provinsi-provinsi yang memiliki tingkat kerentanan tinggi di sektor WASH, dengan mempertimbangkan kepadatan populasi anak untuk memberikan rekomendasi wilayah rawan (memerlukan perhatian) dalam pengelolaan sektor WASH sebagai upaya pengurangan kerentanan terhadap dampak perubahan iklim.

METODE

Penelitian Penelitian ini merupakan penelitian yang dikembangkan secara deskriptif kuantitatif. Data dan informasi yang digunakan adalah berupa data sekunder yang bersumber dari model iklim *Worldclim*, serta hasil observasi ataupun sensus oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak (KemenPPPA). Prosedur kerja dan jenis data sebagai bahan penelitian ini secara terperinci ditunjukan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Peninjauan kondisi capaian sektor WASH diidentifikasi melalui penerapan aturan klasifikasi masing-masing indeks WASH (Tabel 1). Luaran tersebut selanjutnya diimplementasikan untuk

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

tinjauan implikasi kewilayahan dengan kriteria kondisi dasar WASH tertentu, terhadap sensitivitas potensi perubahan iklim signifikan dan keberadaan kelompok rentan yang menempatinya. Variabel iklim diasumsikan cukup signifikan untuk dikenali sebagai potensi perubahan iklim yang dapat mempengaruhi sektor WASH, dengan ketetapan berikut: curah hujan mengalami perubahan sebesar 10% dan terjadi peningkatan suhu udara sebesar 1℃ (Lee *et al.* 2023; Levy *et al.* 2016; Hii *et al*. 2012; Pascual *et al.* 2002). Berdasarkan asumsi tersebut dihitung potensial intervensi dari variabel iklim terhadap sensitivitas sektor WASH dengan besaran seperti yang tercantum dalam Tabel 2. Luaran dari tahap ini disusun dalam bentuk kompilasi pemetaan distribusi kelas indeks dalam kondisi *baseline*, terintervensi oleh curah hujan dan suhu udara.

Tabel 1. Ambang batas kelas

Data	Ambang Batas		Satuan	Referensi
	Nilai	Kelas		
Kepadatan Populasi Anak	> 400	Sangat Padat	jiwa/km^2	UU No.56 Tahun 1960 tentang Tingkat Kepadatan Penduduk
	251 - 400	Cukup Padat		
	51 - 250	Kurang Padat		
	0 - 50	Tidak Padat		
Distribusi Akses Anak Terhadap Layanan Air Layak	0 - 20	Akses Tidak Tersedia	%	BPS 2020 (Web) https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/1985
	20 - 40	Akses Tidak Layak		
	40 - 60	Akses Terbatas		
	60 - 80	Akses Layak Dasar		
	80 - 100	Akses Aman		
Distribusi Akses Anak Terhadap Layanan Sanitasi Layak	0 - 20	Akses Tidak Tersedia	%	BPS 2020 (Web) https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/1985
	20 - 40	Akses Tidak Layak		
	40 - 60	Akses Terbatas		
	60 - 80	Akses Layak Dasar		
	80 - 100	Akses Aman		
Indeks Kualitas Air (IKA)	< 40	Sangat Kurang Baik	-	Dokumen "INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP 2020" oleh KLHK 2021
	40 - 50	Kurang Baik		
	50 - 60	Cukup Baik		
	60 - 70	Baik		
	> 70	Sangat Baik		
Incident Rate (IR) Diare	> 20	Tinggi	kasus per 1000 jiwa per tahun	Lee *et al.* 2023
	5 - 20	Sedang		
	< 5	Rendah		

Tabel 2. Aturan sensitivitas indeks WASH dengan pertimbangan intervensi potensi perubahan iklim dari masing-masing variabel iklim

Variabel	Kriteria		Selisih Penurunan (mg/l)
	Indeks	Pengaruh (%)	
Curah Hujan	Kualitas Air	18%	Levy *et al.* 2016; Howard *et al.* 2010; Tong *et al.* 2002
	IR Diare	20 - 25%	
	Akses Air	20%	
	Akses Sanitasi	20%	
Suhu Udara	Kualitas Air	12 - 15%	Hii *et al.* 2012; Delpla *et al.* 2009; Kjellstrom *et al.* 2009; Pascual *et al.* 2002;
	IR Diare	8 - 12%	
	Akses Air	10 - 20%	
	Akses Sanitasi	10 - 15%	

Ethical Statement

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan prinsip etika ilmiah dan bebas dari fabrikasi, falsifikasi, plagiarisme, serta manipulasi data. Persetujuan partisipasi (*informed consent*) telah diperoleh dari seluruh partisipan dengan jaminan kerahasiaan identitas dan data pribadi. Penulis juga menegaskan tidak adanya konflik kepentingan dalam pelaksanaan maupun publikasi artikel ini.

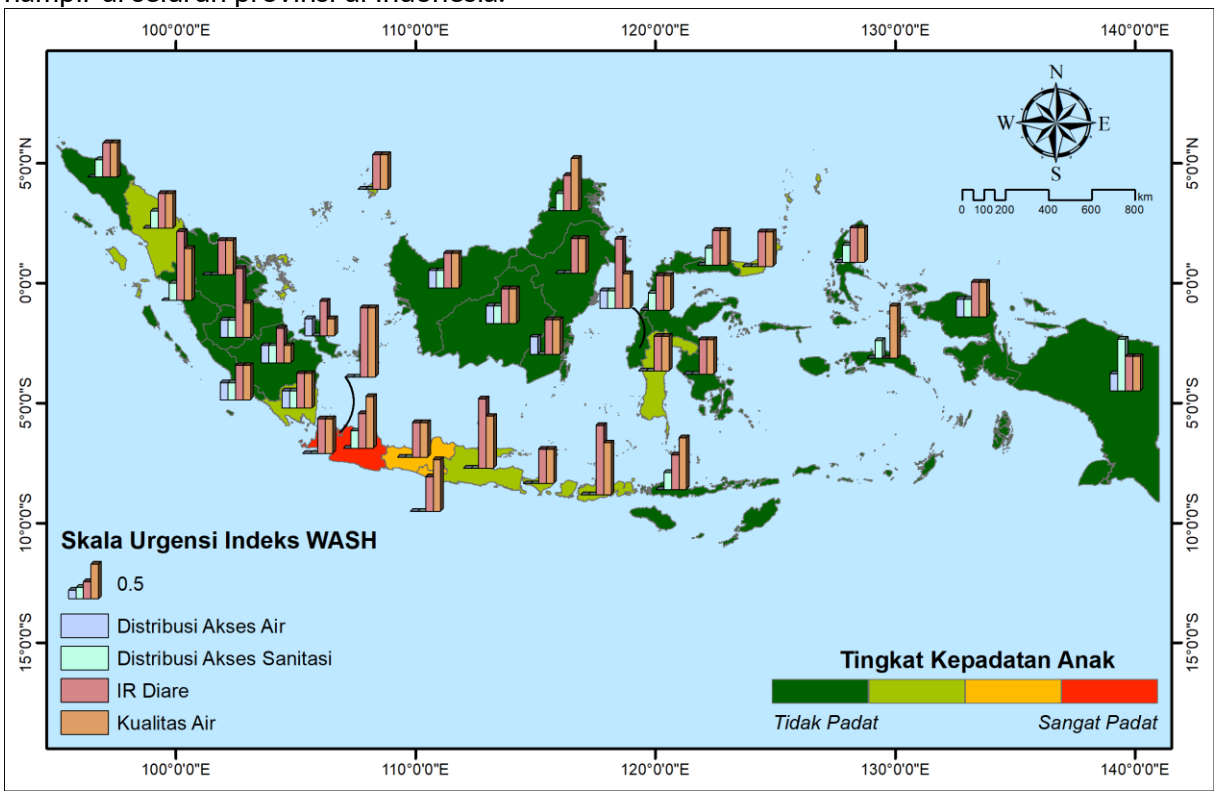
Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Iklim, Kepadatan Anak, dan Klasifikasi Indeks WASH Dalam Periode Dasar (*Baseline*)

Hasil klasifikasi kondisi dasar dari keempat indeks WASH dalam rentang periode *baseline* (antara 1991-2020) yang dikompilasi dengan latar belakang kepadatan populasi anak-anak di wilayahnya dipetakan sebagaimana tampak pada Gambar 2. Diagram batang dalam gambar merepresentasikan perbandingan tingkat urgensi masing-masing kelas dalam skala 0 hingga 1 untuk kondisi indeks yang paling buruk. Dua dari empat indeks WASH, yakni IR diare dan kualitas air, muncul sebagai permasalahan sektor WASH yang paling *urgent* tercatat merata hampir di seluruh provinsi di Indonesia.



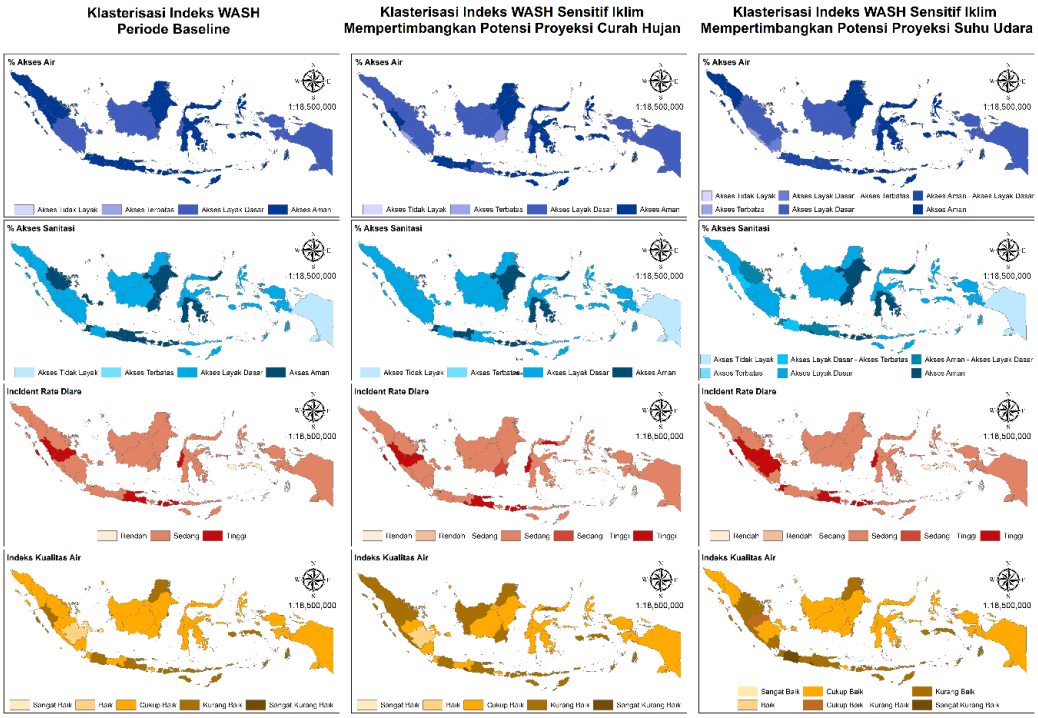
Gambar 2. *Landscape* kelas indeks WASH dalam periode *baseline* terhadap kepadatan anak

Sensitivitas Indeks WASH Terhadap Perubahan Iklim di Masa Mendatang

Berdasarkan penilaian intensitas deviasi curah hujan dan suhu udara periode proyeksi (tahun 2021-2050), diketahui terdapat 10 provinsi dengan deviasi curah hujan tahunan yang memenuhi kriteria, 13 provinsi untuk deviasi suhu udara rata-rata dan 5 provinsi gabungan yang memenuhi kedua kriteria sekaligus. Hasil tersebut diuji sebagai faktor intervensi terhadap indeks WASH dalam periode dasarnya. Ragam sensitivitas WASH masing-masing indeks di setiap wilayah serta variabel dominan yang mempengaruhinya diuraikan lebih lanjut dalam tabel 3 dan dipetakan dalam Gambar 3.

Berdasarkan Tabel 3, suhu udara merupakan variabel yang paling dominan mempengaruhi perubahan kelas sektor WASH di Indonesia. Dari sisi lain, distribusi akses air dan kualitas air menjadi aspek yang paling banyak sensitif terhadap intervensi perubahan iklim di Indonesia, dengan ditandai oleh kuantitas perubahan kelas terbanyak (10 provinsi) diantara empat indeks lainnya.

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)



Gambar 3. Perbandingan perubahan kelas indeks WASH terhadap deviasi curah hujan dan suhu udara

Tabel 3. Sensitivitas indeks WASH berdasarkan kontribusi variabel iklimnya

Indeks WASH	Perubahan Kelas Oleh-			Variabel Dominan
	Curah Hujan	Suhu Udara	Keduanya	
Distribusi Akses Air	Aceh Bengkulu DI Yogyakarta Gorontalo Jawa Timur Kalimantan Selatan Riau Sumatera Utara	Banten Bengkulu DI Yogyakarta DKI Jakarta Jawa Timur Jawa Barat Jawa Tengah Lampung Riau Sumatera Barat	Bengkulu DI Yogyakarta Jawa Timur Riau	Suhu Udara
Distribusi Akses Sanitasi	DI Yogyakarta Gorontalo Jawa Timur Kalimantan Selatan Kep. Bangka Belitung Riau	Banten Jawa Barat Jawa Tengah Jawa Timur Kep. Bangka Belitung Riau Sumatera Barat	Jawa Timur Kep. Bangka Belitung Riau	Suhu Udara
IR Diare	DI Yogyakarta Gorontalo Kalimantan Selatan	Banten DI Yogyakarta Sumatera Selatan	DI Yogyakarta	Kedua-nya
Kualitas Air	Aceh Bengkulu DI Yogyakarta Gorontalo Kalimantan Barat Kalimantan Selatan Kep. Bangka Belitung Riau Sumatera Utara	Banten Bengkulu DI Yogyakarta Jambi Jawa Barat Jawa Tengah Kep. Bangka Belitung Lampung Riau Sumatera Selatan	Bengkulu DI Yogyakarta Kep. Bangka Belitung Riau	Suhu Udara

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

Pembahasan

Iklim, Kepadatan Anak, dan Klasifikasi Indeks WASH Dalam Periode Dasar (*Baseline*)

Menurut UNICEF (2020), ada sekitar 32,81% (~80 juta) penduduk Indonesia merupakan kelompok anak-anak (usia 0 – 19 tahun) dengan proporsi anak laki-laki sebanyak 51% dan anak perempuan 49%. Tercatat pada tahun 2020, kurang lebih terdapat sekitar 10,14% penduduk di bawah garis kemiskinan, sedangkan lebih dari 30 juta anak tinggal di daerah rawan bencana. Menurut KemenPPPA (2022) dan data Susenas oleh BPS (2020), populasi penduduk kelompok anak-anak (0-17 tahun) tertinggi berada di Pulau Jawa dengan total sekitar 52% anak Indonesia menempati wilayah ini. Setelah Pulau Jawa, kepadatan populasi tertinggi diikuti oleh Pulau Sumatra (24%), Sulawesi (8%), Kalimantan (6%), Papua (2%), dan gabungan kepulauan kecil lainnya (8%). Statistik kepadatan anak berdasarkan klasifikasi kepadatan penduduk oleh Undang-Undang No. 56 Tahun 1960 tentang Kepadatan Penduduk, terbagi atas empat kelas dengan penggambaran area berwarna merah untuk wilayah “Sangat Padat”, kuning untuk wilayah “Cukup Padat”, hijau muda untuk wilayah “Kurang Padat”, dan hijau tua untuk wilayah “Tidak Padat”. *Landscape* sebaran populasi anak tersebut divisualisasikan sebagai Gambar 2.

Demi memperjuangkan hak dan kesejahteran anak-anak terutama di negara-negara berkembang dan wilayah terdampak perubahan iklim seperti Indonesia, UNICEF menjadikan sektor WASH sebagai satu dari enam misi atas upaya tercapainya target tersebut (UTS-ISF, UI dan UNICEF 2021). Agenda WASH oleh UNICEF ini juga berkaitan dengan *Sustainable Development Goal* ke-6 yaitu *Clean Water And Sanitation* yang menekankan pada pentingnya melakukan perlindungan dan pengelolaan sumber daya air secara efisien serta perlunya mengatasi pengelolaan air limbah (UNICEF 2016). Terdapat tiga komponen utama atas sektor WASH, yakni: *Water* yang merujuk terjaminnya akses air, keamanan air, dan keberlanjutan pasokan air; *Sanitation* mengacu pada akses layanan dan fasilitas pembuangan kotoran secara aman, serta terjaminnya privasi dan keterjangkauannya bagi keamanan anak; *Hygiene* berkaitan dengan terjaganya kebersihan yang dapat mencegah penyebaran penyakit menular yang dapat menimbulkan kerugian bagi kesehatan anak, dengan fokus pada praktik kebersihan tangan dan kebersihan menstruasi bagi anak (UNICEF 2019; UNICEF 2023; WHO 2018). Dalam permasalahan ini, terdapat empat data relevan yang didukung oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia yang bekerjasama dengan beberapa kementerian terkait. Data tersebut mempresentasikan pemerataan distribusi akses air dan sanitasi layak terhadap populasi anak, *incident rate* kasus penyakit tular air (diare), dan penggambaran kualitas air wilayah melalui indeks IKA (Indeks Kualitas Air).

Masalah utama yang timbul dari distribusi akses air dan sanitasi yang layak bagi anak di Indonesia adalah masih adanya kesenjangan yang signifikan untuk pemerataan akses antara wilayah urban dan rural. Kesenjangan ini paling nyata tercatat di pedesaan Papua, Sulawesi Barat, Kalimantan Tengah, Kepulauan Riau, Bangka Belitung, Bengkulu, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur (BPS 2022). Provinsi Bengkulu dan Provinsi Papua dicatatkan sebagai wilayah dangan status pemerataaan akses air dan sanitasi bagi anak yang terbawah dibandingkan kawasan lainnya (KemenPPPA 2022). Adapun dalam bidang kesehatan, wilayah DKI Jakarta menjadi wilayah dengan jumlah kasus penyakit diare tertinggi di Indonesia, dengan IR sebesar 29.22 dan jumlah kasus 305.841 per tahun 2018. Syafira *et al*. (2021) mengungkapkan bahwa daerah perkotaan dengan kepadatan tinggi cenderung memiliki risiko lebih besar terhadap penyakit infeksi, termasuk diare. Ini diakibatkan oleh tingginya interaksi sosial dengan sistem sanitasi dan pengelolaan air yang tidak dapat mengimbangi pertumbuhan penduduk. Masalah terakhir yang tak kalah penting dalam sektor ini yakni terkait kualitas lingkungan, terutama kualitas air wilayah. Menurut Landrigan *et al*. (2019), sekitar 900 ribu kasus kematian anak-anak dikaitkan dengan polusi dan sebagian besar (92%) berasal dari negara berpenghasilan rendah dan menengah. DKI Jakarta kembali menjadi wilayah paling rentan dalam sektor ini, dengan IKA dalam status “Sangat Kurang Baik” per periode 2015-2019 (KLHK 2020).

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

Sensitivitas Indeks WASH terhadap Perubahan Iklim di Masa Mendatang

Representative Concentration Pathways (RCP) merupakan skenario yang mencakup berbagai komponen meliputi konsentrasi gas rumah kaca (GRK), aerosol, dan penggunaan lahan di masa depan untuk memprediksi dampak perubahan iklim di masa depan (Vuuren *et al.* 2011). RCP4.5 adalah salah satu skenario iklim yang digunakan untuk memproyeksikan perubahan iklim di masa depan dengan kondisi pada tahun 2100 sebagai berikut: tingkat *radiative forcing* yang stabil sebesar ~4,5 W/m^2; tingkat konsentrasi CO_2 sebesar ~650ppm; dan peningkatan suhu udara global sebesar +2.4°C (IPCC 2019). Skenario ini mengestimasikan iklim yang bersifat stabil di masa depan dengan asumsi terjadi penerapan kebijakan mitigasi emisi karbon dan gas rumah kaca. Penerapan kebijakan ini dapat mendorong turunnya emisi CO_2 antropogenik. Selain itu, pada skenario ini diasumsikan akan terjadi penurunan konsumsi energi dan bahan bakar fosil serta terjadi peningkatan konsumsi energi baru terbarukan dan energi nuklir. Situasi ini merupakan skenario yang paling mendekati kondisi perkembangan masa kini.

Berdasarkan data model *Worldclim* dalam periode tahun 1991-2020, nilai rata-rata suhu udara normal Indonesia adalah 25^{o}C dengan interval curah hujan tahunan antara 773 – 7.863 mm/tahun. Kemudian data tersebut dijadikan pembanding untuk mengetahui nilai deviasi faktor iklim proyeksi dari skenario iklim RCP 4.5 (2021-2050) dengan ketentuan sitasional seperti dalam deskripsi yang dibahas sebelum ini. Melalui kegiatan tersebut, penggunaan model iklim MIROC mengestimasikan kenaikan suhu udara hingga maksimum 3^{o}C. Fenomena ini terjadi pada sepanjang region Pulau Jawa sebagai wilayah paling intens, lalu disusul oleh sebagian region Pulau Sumatra yang meliputi Provinsi Jambi, Provinsi Bengkulu, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Provinsi Lampung, Riau, Provinsi Sumatra Barat dan Provinsi Sumatra Selatan. Di sisi lain, deviasi curah hujan tahunan yang nilai rataan wilayahnya paling signifikan mengalami penurunan (≤-10%) meliputi Provinsi DI Yogyakarta dan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Sebaliknya, ada beberapa wilayah yang mengalami kenaikan curah hujan cukup signifikan (≥10%) yakni Provinsi Aceh, Provinsi Bengkulu, Provinsi Sumatra Utara, Provinsi Riau, Provinsi Gorontalo, Provinsi Jawa Timur, Provinsi Kalimantan Barat, dan Provinsi Kalimantan Selatan.

Studi sensitivitas wilayah atas deviasi curah hujan dan suhu udara di masa depan terhadap perkembangan kelas sektor WASH dengan besar intervensi seperti yang tercantum dalam tabel 2 dipresentasikan ke dalam gambar 3 dan tabel 3. Perubahan iklim dimodelkan lebih intens terjadi untuk wilayah bagian barat dan bagian tengah Indonesia saja. Sebaliknya, bagian timur dari Indonesia seperti Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat, tidak mengalami deviasi yang nyata dari aspek iklim mendatang. Oleh karena itu, kuantitas perubahan kelas sektor WASH dominan terbatas untuk kedua bagian wilayah tersebut saja. Inilah kelemahan dari uji coba sensitivitas sektor WASH atas faktor iklim secara tunggal, yakni adanya keterbatasan representasi dari faktor-faktor pengubah yang mungkin timbul dengan intervensi yang lebih dominan dari faktor iklim. Penelitian ini mengisyaratkan keselarasan terhadap hasil penelitian yang dilakukan oleh Ranatungga *et al.* (2017), Lopez *et al.* (2019), Putri *et al.* (2020), dan Jiang *et al.* (2021) yang menyatakan bahwasanya faktor iklim secara tunggal tidak dapat dinyatakan dinilai secara nyata pengaruhnya terhadap sektor WASH. Perlu kolaborasi penilaian antar sektor relevan, terutama dengan aspek intervensi aktivitas manusia dan aspek penggunaan lahan agar hasil penilaian terhadap ancaman pada sektor WASH lebih komprehensif. Meskipun demikian, keempatnya serempak menekankan adanya urgensi untuk memperdalam pemahaman dinamika iklim dan penyesuaiannya dalam mengimplementasikan penyusunan strategi yang mempertimbangkan variabel iklim dalam bidang ini.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim memang tidak secara nyata mengakibatkan perubahan signifikan pada sektor WASH. Akan tetapi, pemanfaatan data proyeksi iklim dapat menunjukkan pola kerawanan wilayah dan implikasi wilayah dengan permasalahan ganda dari aspek yang berbeda dengan mempertimbangkan potensi tantangan lingkungan di masa depan. Penelitian ini menemukan adanya 5 provinsi dengan deviasi proyeksi iklim yang cukup

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

signifikan di kedua variabel iklim sekaligus, meliputi Bengkulu, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kepulauan Bangka Belitung dan Riau. Di sisi lain, wilayah dengan populasi anak "Sangat Padat" (DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten) mengalami deviasi yang lebih dominan pada variabel suhu udara dibandingkan curah hujannya yang masih dibawah angka 10% perubahan dari periode *baseline*. Secara kuantitas, variabel suhu udara didapati lebih banyak mengakibatkan terjadinya perubahan kelas indeks-indeks WASH, terkecuali indeks IR diare yang pengaruh keduanya setara mengubah kelas sebanyak 3 provinsi. Wilayah lain yang direkomendasikan untuk mendapat perhatian lebih yakni wilayah Papua sebagai wilayah dengan kesenjangan akses air dan sanitasi paling besar.

Saran dari hasil penelitian ini menekankan perlunya tindakan lanjutan yang konkret untuk mengatasi dampak perubahan iklim terhadap sektor WASH di Indonesia, meliputi: penyempurnaan metode penilaian (*assesment*) yang lebih inklusif dan berbasis data, dengan fokus pada indikator iklim yang relevan untuk sektor WASH; pengidentifikasian strategi mitigasi dan adaptasi yang lebih spesifik untuk kawasan dengan kerentanan tinggi dan tingkat kepadatan populasi anak yang tinggi; serta, pelibatan pihak komunitas lokal seperti pemuda dan anak-anak dalam perencanaan dan implementasi program WASH.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan Indonesia. (2020). *Laporan tahunan 2020*. Kementerian Keuangan Indonesia. https://fiskal.kemenkeu.go.id/files/laporan-tahunan/file/1633909760_latah2020.pdf

Badan Pusat Statistik. (2020). *Survei sosial ekonomi nasional 2020*. Dalam United Nations Children's Fund, *WASH acts 2022*. UNICEF. https://www.unicef.org/indonesia/media/14361/file/WASH%20Acts%20Vol.%206%20Jan-Mar%202022.pdf

Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Indonesia tahun 2021*. Badan Pusat Statistik.

Delpla, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, *35*(8), 1225–1233. https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001

Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2021). *Global climate risk index 2021*. Germanwatch e.V.

Economic Research Institute for ASEAN and East Asia. (2019). *Energy outlook and energy saving potential in East Asia 2019*. ERIA.

Hii, Y. L., Rocklöv, J., Ng, N., Tang, C. S., Pang, F. Y., & Sauerborn, R. (2012). Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. *Global Health Action*, *5*(1), Pasal 44. https://doi.org/10.3402/gha.v5i0.18667

Howard, G., & Bartram, J. (2010). *Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change*. World Health Organization.

Indrajaya, Y., Yuwati, T. W., Lestari, S., Winarno, B., Narendra, B. H., Nugroho, H. Y. S. H., Prayudyaningsih, R., Siarudin, M., Widiyanto, A., Turjaman, M., Rachmat, H. H., Susilowati, A., Maharani, R., Wardani, M., Mindawati, N., Subiakto, A., & Sumarhani. (2022). Tropical forest landscape restoration in Indonesia: A review. *Land*, *11*(3), Pasal 328, 1–37. https://doi.org/10.3390/land11030328

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Summary for policymakers. Dalam H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, & E. Poloczanska (Ed.), *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. IPCC.

Jiang, S., Zhou, L., Ren, L., Wang, M., Xu, C. Y., Yuan, F., Liu, Y., & Yang, X. (2021). Development of a comprehensive framework for quantifying the impacts of climate change and human activities on river hydrological health variation. *Journal of Hydrology*, *600*, Pasal 126566. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126566

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Indeks kualitas lingkungan hidup 2019*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. https://www.menlhk.go.id/cadmin/uploads/1609312579_5f6b7346d1.pdf

Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak. (2022). *Profil anak Indonesia 2021*. Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak. https://www.kemenpppa.go.id/page/view/MzgyNw==

Kjellstrom, T., Kovats, R. S., Lloyd, S. J., Holt, T., & Tol, R. S. (2009). The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Archives of Environmental & Occupational Health*, *64*(4), 217–227. https://doi.org/10.1080/19338240903352776

Landrigan, P. J., Fuller, R., Fisher, S., Suk, W. A., Sly, P., Chiles, T. C., & Bose-O'Reilly, S. (2019). Pollution and children's health. *Science of The Total Environment*, *650*, 2389–2394. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.375

Lee, T. T., Dalvie, M. A., Röösli, M., Merten, S., Kwiatkowski, M., Mahomed, H., & Cissé, G. (2023). Understanding diarrhoeal diseases in response to climate variability and drought in Cape Town, South Africa: A mixed methods approach. *Infectious Diseases of Poverty*, *12*, Pasal 76. https://doi.org/10.1186/s40249-023-01127-7

Levy, K., Woster, A. P., Goldstein, R. S., & Carlton, E. J. (2016). Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases: A systematic review of relationships between diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought. *Environmental Science & Technology*, *50*(10), 4941–4952. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06186

López, E., Sedeño-Díaz, J. E., Mendoza-Martínez, E., Gómez-Ruiz, A., & Martínez Ramírez, E. (2019). Water quality and macroinvertebrate community in dryland streams: The case of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve (México) facing climate change. *Water*, *11*(7), Pasal 1376. https://doi.org/10.3390/w11071376

Pascual, M., Rodo, X., Ellner, S. P., Colwell, R., & Bouma, M. J. (2002). Cholera dynamics and El Niño-Southern Oscillation. *Science*, *289*(5485), 1766–1769. https://doi.org/10.1126/science.289.5485.1766

Pujiraharjo, A., Rachmansyah, A., & Wijatmiko, I. (2014). Pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air baku di Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Rekayasa Sipil*, *8*(1), 55–64.

Putri, M. S. A., Lin, J. L., Hsieh, L. H. C., Zafirah, Y., Andhikaputra, G., & Wang, Y. C. (2020). Influencing factors analysis of Taiwan eutrophicated reservoirs. *Water*, *12*(5), Pasal 1325. https://doi.org/10.3390/w12051325

Ranatunga, T., Tong, S. T. Y., & Yang, Y. J. (2017). An approach to measure parameter sensitivity in watershed hydrological modelling. *Hydrological Sciences Journal*, *62*(1), 76–92. https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1174335

Syafira, N., & Rahman, A. (2021). Urban density and infectious disease risk: A review. *Journal of Public Health Research*, *10*(3), 123–130. https://doi.org/10.4081/jphr.2021.2185

Tong, S. T. Y., & Chen, W. (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management*, *66*(4), 377–393. https://doi.org/10.1006/jema.2002.0593

United Nations Children's Fund. (2015). *Unless we act now: The impact of climate change on children*. UNICEF. https://www.unicef.org/reports/unless-we-act-now-impact-climate-change-children

United Nations Children's Fund. (2016). *Strategy for water, sanitation and hygiene 2016–2030*. UNICEF. https://www.unicef.org/media/91266/file/UNICEF-Strategy-for-WASH-2016-2030.pdf

United Nations Children's Fund. (2020). *The state of children in Indonesia: Trends, opportunities, and challenges for realizing children's rights*. UNICEF Indonesia.

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)

United Nations Children's Fund. (2021). *The climate crisis is a child rights crisis: Introducing the children's climate risk index*. UNICEF. https://www.unicef.org/indonesia/reports/climate-crisis-child-rights-crisis

United Nations Children's Fund. (2023). *Water, sanitation and hygiene (WASH): Safe water and good hygiene keep children alive*. UNICEF. https://www.unicef.org/wash

University of Technology Sydney Institute for Sustainable Futures, Universitas Indonesia, & United Nations Children's Fund. (2021). *Climate resilient urban sanitation in Indonesia: Hazards, impacts and responses in four cities*. UNICEF. https://www.unicef.org/indonesia/media/14421/file/Climate%20Resilient%20Urban%20Sanitation%20in%20Indonesia:%20Hazards,%20Impacts%20and%20Responses%20in%20Four%20Cities.pdf

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, *109*(1–2), 5–31. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

Copyright © 2025; Author(s); ISSN 2579-3896 (online) |1978-5763 (print)