



Membangun Kembali Sekolah yang Hancur pada Gempa Bumi Lombok di tahun 2018 Menggunakan Plastik Daur Ulang 'Eco-Blocks'

Analisis Manfaat dan Biaya (*Cost-Benefit Analysis, BCR*)
Juni 2021

Brad Wong, PhD
Direktur, Mettalytics Consulting



© 2021 Classroom of Hope
www.classroomofhope.org

Karya cipta ini tersedia di bawah lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Berdasarkan lisensi Creative Commons Atribusi, anda bebas untuk menyalin, mendistribusikan, mengirimkan, dan mengadaptasi karya ini, termasuk untuk tujuan komersial, dengan syarat-syarat berikut ini.

Atribusi. Silakan mengutip karyanya sebagai berikut: Wong, B., 2021, Rebuilding Schools Destroyed in the 2018 Lombok Earthquakes Using Recycled Plastic 'Eco-Blocks': A Cost-Benefit Analysis, Mettalytics Consulting dan Classroom of Hope

Lisensi. Creative Commons Attribution CC BY 4.0.

Konten pihak ketiga. Classroom of Hope tidak serta merta memiliki setiap komponen konten yang terkandung dalam karya cipta ini. Jika anda ingin menggunakan kembali komponen karya cipta ini, menjadi tanggung jawab anda untuk menentukan apakah diperlukan izin penggunaan kembali tersebut dan untuk mendapatkan izin dari pemilik hak cipta. Komponen yang dimaksud contohnya dapat mencakup, tetapi tidak terbatas pada, tabel, angka, atau gambar.

Penelitian ini didukung pendanaannya oleh Classroom of Hope dan Block Solutions. Para penyandang dana tidak terlibat dalam desain, pengumpulan, analisis dan interpretasi data, atau dalam penulisan naskah. Isi publikasi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan tidak mewakili pandangan resmi Classroom of Hope atau Block Solutions.

Dr. Brad Wong adalah pakar global dalam Analisis Manfaat - Biaya / Analisis Pengembalian Investasi Sosial dari proyek-proyek pembangunan internasional yang dicapai dari kontribusinya dalam ratusan studi semacam itu selama karirnya. Dia telah memberi nasihat dan bekerja sama dengan Komisi Perencanaan Nasional Malawi, Komisi Perencanaan Pembangunan Nasional Ghana, Pemerintah Haiti, kantor PBB di Bangladesh, pusat kajian Pemerintah India, NITI Aayog dan Policy Exchange, sebuah lembaga Inggris. Brad adalah anggota dewan dalam Society for Benefit Cost Analysis, yang menerbitkan *Journal of Benefit Cost Analysis*. Dia adalah Section Editor salah satu bab yang akan diterbitkan di *Oxford University Press's Encyclopedia on Water, Sanitation and Global Health*, dengan fokus bahasan ekonomi terkait investasi air dan sanitasi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Brad adalah salah satu penulis the *Reference Case Guidelines for Benefit-Cost Analysis in Global Health and Development*, sebuah proyek penelitian yang dipimpin oleh Harvard, didanai oleh Gates Foundation yang bertujuan untuk menetapkan standar estimasi pengembalian investasi sosial dalam pembangunan internasional. Dia adalah Direktur Mettalytics Consulting dan dapat dihubungi di brad@mettalytics.com

Ringkasan Eksekutif

Laporan ini melakukan analisis manfaat dan biaya terhadap percepatan pembangunan kembali 200 sekolah yang hancur dalam gempa bumi di Lombok, Indonesia tahun 2018 menggunakan teknologi bangunan plastik daur ulang yang belum pernah digunakan. 'Eco-Blocks' ini, dibuat dari plastik daur ulang dengan atau tanpa bahan organik, lebih ringan dan lebih mudah dirakit daripada bata tradisional dan campuran semen. Ini berarti biaya bangunan dan waktu pembangunannya dapat dihemat, sehingga memungkinkan untuk mengurangi waktu rekonstruksi dari 8 tahun menjadi 4 tahun.

Implikasi terhadap kebijakan yang terutama dari laporan ini adalah bahwa pemerintah Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Indonesia mempertimbangkan dan mendorong untuk membangun kembali sekolah yang hancur sesegera mungkin. Pengembalian investasi ini cukup besar dengan setiap rupiah yang diinvestasikan menghasilkan 15 rupiah manfaat ekonomi. Kerugian yang ditimbulkan bila tertunda cukup besar, sebaliknya penambahan biaya untuk mempercepat pembangunan kembali relatif rendah.

Anak-anak yang sekolahnya hancur karena gempa harus belajar di lingkungan darurat, seperti: tenda dan sekolah sementara. Dalam lingkungan seperti itu, bukti menunjukkan bahwa anak-anak belajar separuh dari yang bisa mereka pelajari di sekolah permanen. Analisis menunjukkan bahwa untuk setiap tahun di mana siswa tetap dalam kondisi yang kurang ideal ini, biaya terhadap perekonomian Indonesia, dalam hal hilangnya produktivitas di masa depan adalah sekitar USD 180.000 per sekolah. Mengingat sekitar 200-400 sekolah yang perlu dibangun kembali, **ini berarti kehilangan pembelajaran tahunan setara dengan USD 36.000.000 hingga 72.000.000 (0,7% hingga 1,4% dari produk domestik bruto Lombok saat ini).**

Dengan cara penanganan yang biasa, upaya rekonstruksi diasumsikan memakan waktu setidaknya 8 tahun. Analisis menunjukkan bahwa **biaya percepatan upaya rekonstruksi sekolah dari 8 tahun menjadi 4 tahun akan menelan biaya USD 3.361.000**, dengan kira-kira sepertiga dari biaya untuk tambahan biaya manajemen proyek, dan sisanya adalah biaya waktu yang timbul dari memajukan pembiayaan selama 4 tahun. Intervensi ini akan memperbaiki lingkungan sekolah dari ribuan anak-anak, kemudian mengakibatkan kegiatan belajar-mengajar yang lebih baik, yang diperkirakan akan meningkatkan pendapatan penerima manfaat di masa depan sebesar 5% untuk setiap tahun tambahan mereka belajar di sekolah permanen. **Total manfaat senilai USD 50.150.000, dengan mengambil nilai tengah rasio manfaat-biaya (benefit-cost ratio, BCR) sebesar 15 (kisaran 7,5 sampai 25,6).** Manfaat tambahan dalam hal penghematan biaya dan pengurangan sampah plastik meningkatkan BCR sebesar 9%.

Laporan ini juga menambah koleksi literatur yang meskipun jumlahnya masih kecil tapi berkembang, tentang dampak sampah plastik terhadap kesejahteraan. Menggabungkan perkiraan biaya dari bermacam-macam jalur siklus penggunaan plastik yang berbeda, termasuk pembuangan limbah, polusi laut dan pembakaran, laporan tersebut mencatat bahwa **setiap ton sampah plastik yang tidak didaur ulang, menimbulkan biaya ekonomi, sosial, dan lingkungan setara dengan USD 190 hingga USD 360 per ton.** Bila nilai tersebut diterapkan pada sekitar 120.000 ton sampah plastik non-daur ulang yang dihasilkan di Lombok per tahun, analisis dalam laporan ini menunjukkan **kerugian agregat dari yang ditimbulkan oleh sampah plastik sebesar USD 23.000.000 hingga 43.000.000 per tahun (0,4% hingga 0,8% dari produk domestik Lombok),** sebuah angka yang kemungkinan akan terus tumbuh seiring waktu.

1 Pendahuluan

Pada bulan Juli dan Agustus 2018, serangkaian gempa bumi melanda lepas pantai pulau Lombok Indonesia. Gempa terbesar pada 5 Agustus 2018 berkekuatan 6,9 skala Richter dan merupakan peristiwa seismik terkuat dalam catatan sejarah untuk pulau itu. Gempa tersebut menyebabkan 563 korban jiwa, ratusan ribu orang mengungsi, dan menyebabkan kerusakan infrastruktur yang luas. Ratusan sekolah hancur maupun rusak, dan menyebabkan ribuan anak-anak kehilangan tempat yang aman untuk belajar. Sepanjang sisa tahun 2018 dan 2019, anak-anak pengungsi belajar di fasilitas sementara seperti tenda, sekolah darurat dan masjid, harus menempuh jarak lebih jauh ke sekolah lain yang tidak rusak atau bahkan putus sekolah sama sekali, menyebabkan dampak yang merugikan terhadap pencapaian pendidikan. Hal ini diperparah oleh pandemi COVID-19 yang menyebabkan penutupan sekolah pada April 2020. Meskipun sekolah secara bertahap mulai dibuka kembali, dari diskusi dengan pemangku kepentingan mencatat bahwa pada bulan April 2021, sebagian besar sekolah yang hancur belum dibangun kembali. Terus-menerus melakukan kegiatan di fasilitas sementara secara negatif berdampak pada pembelajaran anak. Analisis yang dilakukan dalam laporan ini menunjukkan bahwa untuk setiap tahun di mana siswa tetap berada di lingkungan belajar yang kurang optimal ini, kerugian bagi perekonomian Indonesia, dalam hal kehilangan produktivitas masa depan, sebesar USD 180.000 per sekolah. Mengingat ada sekitar 200-400 sekolah yang membutuhkan pembangunan kembali, ini berarti kerugian pembelajaran tahunan menjadi senilai USD 36.000.000 hingga USD 72.000.000 (0,7% hingga 1,4% dari pendapatan bruto pulau Lombok). Meskipun data tentang upaya rekonstruksi yang sudah dilakukan dan rencana yang akan datang masih belum jelas, cukup beralasan untuk memperkirakan bahwa proses pembangunan kembali akan membutuhkan jangka waktu sedikitnya delapan tahun lagi setelah tahun 2021.

Laporan ini menguraikan analisis manfaat-biaya untuk mempercepat pembangunan kembali sekolah-sekolah di Lombok menggunakan plastik daur ulang teknologi baru yang dikembangkan oleh perusahaan Block Solutions dari Finlandia. Block Solutions mendaur ulang plastik untuk membuatnya balok berbobot ringan, mudah dirakit, dan murah sebagai alternatif terhadap bata dan campuran semen tradisional. Analisis ini mengkaji sebuah program khusus untuk membangun kembali 200 sekolah di Lombok dalam jangka waktu empat tahun, dibandingkan dengan asumsi kontrafaktual delapan tahun. Karena bobotnya yang ringan dan biaya yang rendah, penggunaan blok daur ulang memungkinkan jangka waktu pekerjaan yang dipercepat. Dengan bobot 10% dari berat batu bata tradisional, blok plastik dapat diangkat dan digunakan dengan lebih mudah, mengurangi waktu pembangunan dari tiga minggu menjadi satu minggu. Biaya yang lebih rendah juga berarti lebih banyak sekolah yang dapat dibangun dengan sumber daya yang sama yang tersedia. Konsultasi menunjukkan bahwa empat tahun dapat dijadikan tolak ukur yang dapat dicapai jika ada perhatian dan pendanaan yang memadai yang diberikan untuk membangun kembali sekolah-sekolah tersebut.

Skenario dasar dari analisis manfaat-biaya ini baru mempertimbangkan dampaknya terhadap pendidikan, belum memperhitungkan penghematan biaya atau manfaat daur ulang. Penambahan anggaran dari program percepatan ini diperkirakan kira-kira USD 3.361.000. Sekitar sepertiga dari anggaran tersebut adalah untuk keperluan penanganan manajemen yang meningkat, diasumsikan sebesar USD 300.000 per tahun untuk lima tahun – satu tahun perencanaan dan empat tahun pembangunan. Sisanya dicadangkan sebagai biaya nilai uang terhadap waktu dalam memajukan anggaran konstruksi empat tahun. Intervensi ini akan menghasilkan lingkungan belajar yang lebih baik untuk 10.000 anak tambahan per tahun, rata-rata, hingga tahun 2028. Ini berarti bahwa anak-anak ini akan belajar lebih banyak dan kemudian menjadi orang dewasa yang lebih produktif, menghasilkan manfaat produktivitas sebesar USD 50.150.000 dalam nilai sekarang dengan asumsi tariff diskonto (discount rate) 10%. Dengan demikian rasio manfaat-biaya (BCR) adalah 14,9, sehingga nilai pengembalian investasinya sangat baik. Pemikiran ekonomi yang mendasari hasil ini adalah bahwa percepatan pembangunan kembali memerlukan **penambahan** investasi yang tidak terlalu besar – ini adalah sumber daya yang sudah direncanakan untuk dibelanjakan oleh pemerintah pada waktunya – dan dengan mempercepat pembelajaran ini kerugian pembelajaran agregat yang lebih besar bagi anak-anak dapat dihindari. Dampak perubahan kontrafaktual ke situasi di mana sekolah tidak dibangun sama sekali dijadikan pertimbangan dalam analisis sensitivitas.

Dalam skenario berikutnya, manfaat tambahan dalam hal penghematan biaya dan manfaat yang dihasilkan dari daur ulang plastik ditambahkan ke skenario kasus dasar. Bersama-sama kedua penambahan ini meningkatkan BCR sekitar 9%, untuk perkiraan BCR sebesar 16,2. Dalam memperkirakan manfaat daur ulang plastik, laporan ini menilai penghematan ekonomi, kesehatan, dan lingkungan dari berbagai kemungkinan jalur penggunaan plastik sampai menjadi limbah. Di sini analisis menilai biaya yang dapat dihindari dari anggaran untuk tempat pembuangan sampah (TPA) dan pengelolaan limbah, menghindari dampak kesehatan PM2.5 yang disebabkan pembakaran plastik dan menghindari biaya ekonomi dari polusi plastik. Kerangka kerja ini memperluas literatur, yang meskipun jumlahnya masih kecil tapi terus berkembang, tentang dampak sampah plastik terhadap kesejahteraan (UNEP, 2014; Beaumont et al., 2019; Deloitte, 2019). Kerangka kerja tersebut menunjukkan bahwa rata-rata sampah plastik yang

tidak didaur ulang di Lombok menimbulkan biaya lingkungan, ekonomi, dan kesehatan pada kisaran USD 190 hingga 360 per ton.

Implikasi terhadap kebijakan yang terutama dari laporan ini adalah bahwa pemerintah NTB dan Indonesia mempertimbangkan dan mendorong untuk membangun kembali sekolah yang hancur sesegera mungkin. Pengembalian investasi ini cukup besar dengan setiap rupiah yang diinvestasikan menghasilkan 15 rupiah dalam manfaat ekonomi. Kerugian yang ditimbulkan bila tertunda cukup besar, sebaliknya penambahan biaya untuk mempercepat pembangunan kembali relatif rendah. Skenario kasus dasar BCR berlaku bahkan ketika mempertimbangkan Block Solutions atau batu bata dan campuran semen biasa, meskipun seperti yang disebutkan di atas bahwa penggunaan blok daur ulang memungkinkan jangka waktu pekerjaan yang dipercepat dikarenakan keunggulannya yaitu bobot dan biaya.

Laporan ini juga mengisyaratkan manfaat mutlak yang substansial untuk mengatasi tantangan mengenai sampah plastik saat ini dan terus berkembang di Indonesia. Bila nilai tersebut diterapkan pada sekitar 120.000 ton sampah plastik non-daur ulang yang dihasilkan di Lombok per tahun, analisis dalam laporan ini menunjukkan kerugian agregat yang ditimbulkan oleh sampah plastik sebesar USD 23.000.000 hingga 43.000.000 per tahun (0,4% hingga 0,8% dari produk domestik Lombok), sebuah angka yang kemungkinan akan terus tumbuh seiring waktu. Penelitian di masa mendatang diperlukan untuk menilai kerusakan yang setara di seluruh Indonesia yang tentunya secara agregat akan jauh lebih besar, dan kemungkinan besar akan terus bertambah pada basis per ton.

Bagian selanjutnya dari laporan ini disusun sebagai berikut. Pada bagian setelah ini kami uraikan dampak gempa bumi 2018 terhadap sistem pendidikan di Lombok. Bagian 3 menjelaskan teknologi daur ulang plastik. Bagian 4 melaporkan hasil analisis manfaat-biaya. Bagian 5 kesimpulan.

2. Dampak gempa bumi 2018 pada pendidikan di Lombok

Meskipun tidak selalu konsisten, laporan media dan pengumuman resmi oleh pemerintah mencatat bahwa beberapa ratus sekolah rusak yang disebabkan gempa bumi. Pada 12 Agustus 2018, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mengumumkan bahwa 3.501 ruang kelas yang tersebar di 606 sekolah rusak. Lebih tepatnya, pengumuman tersebut mencatat bahwa 1.460 ruang kelas rusak berat dan diperlukan sebanyak 319 sekolah darurat.¹ Selanjutnya dalam Laporan lain, dikutip dari Plan International, tercatat bahwa lebih dari 1.000 sekolah mengalami kerusakan termasuk 455 rusak berat.² Hasil analisis dan konsultasi internal yang dilakukan oleh Classroom of Hope memberikan hasil jumlah sekolah yang hancur sekitar 400.



Gambar 1: Sekolah tenda didirikan setelah gempa bumi
Sumber: Classroom of Hope

Segera setelah gempa bumi, tenda didirikan sebagai fasilitas belajar sementara (sebagai contoh, lihat Gambar 1).³ Beberapa bulan kemudian, beberapa sekolah darurat dibangun, termasuk beberapa oleh LSM dari Australia, Classroom of Hope. Sekolah darurat, meskipun lebih kuat daripada tenda, namun diperkirakan hanya memiliki umur sekitar 5 tahun. Penggunaan bangunan lain, seperti masjid dan balai masyarakat, untuk sekolah juga telah dilaporkan. Selain itu, ada kemungkinan bahwa beberapa anak telah putus sekolah sama sekali. Guru telah melaporkan kesulitan-kesulitan mengenai penggunaan fasilitas sementara tersebut, terutama tenda. Selain tantangan yang nyata sehubungan dengan

1 BNPB: 606 Sekolah Rusak Akibat Gempa Lombok, Termasuk 3.051 Kelas, 12 August 2018 <https://tirto.id/bnpb-606-sekolah-rusak-akibatgempa-lombok-termasuk-3051-kelas-cR2T>

2 Hundreds of schools damaged by earthquakes on Indonesian island of Lombok, 17 August 2018 <https://theirworld.org/news/indonesiaearthquake-hundreds-schools-damaged-on-lombok>

3 Contohnya: 6 Months On Lombok Earthquake: Introduction That Bring Blessing, 6 February 2019 <https://www.wvi.org/indonesia/article/6-months-lombok-earthquake-introduction-bring-blessing>

pemulihan trauma dan kekhawatiran adanya gempa susulan, udara yang panas, paparan serta ketidaknyamanan penggunaan tenda telah menghambat konsentrasi siswa.⁴ Sebuah laporan mencatat:

"Fitria Kaplale... menggambarkan sulitnya kembali belajar pascagempa, ketika anak-anak merasa tidak nyaman dan proses belajar harus dilakukan di tenda-tenda yang semakin panas jika terkena sinar matahari. Konsentrasi siswa rendah, dan proses belajar mengajar menjadi menantang"

- Laporan INOVASI mengenai seorang guru SD yang terdampak gempa⁵

Tinjauan terbaru oleh Barrett et al., (2019), berikut dengan bukti di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, menunjukkan bahwa hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas infrastruktur sekolah, dan perlindungan dari panas, hujan, debu, dan faktor alam lainnya (Bank Dunia, 2010; Dunga, 2013; Bagby et al., 2016; Mulera, Ndala dan Nyirongo, 2017; Kazianga et al., 2019; Levy et al., 2019; Sawamoto dan Marshall, 2020). Oleh karena itu, sangat mungkin bahwa kondisi sekolah yang kurang optimal yang dilaporkan di atas berdampak pada pembelajaran anak-anak. Bagian 4.2 menjelaskan literatur secara lebih rinci, dan dari tinjauan ini, bukti menunjukkan bahwa anak-anak yang berada di fasilitas sementara kemungkinan hanya belajar setengah dari yang bisa dipelajari oleh anak yang setara di sekolah permanen.

Beberapa sekolah yang hancur telah dibangun kembali,⁶ meskipun data tentang proses rekonstruksi tersebut masih kurang. Konsultasi yang dilakukan dengan pemangku kepentingan di Lombok mencatat bahwa sebagian besar sekolah belum dibangun kembali, banyak anak-anak yang melanjutkan belajar di fasilitas sementara (atau di rumah selama pandemi COVID). Meskipun belum ada kepastian, para pemangku kepentingan mengisyaratkan bahwa proses rekonstruksi mungkin memakan waktu selama 8-10 tahun.

Sebuah laporan dari seorang guru di sebuah sekolah secara akurat merangkum tantangan yang dihadapi, yaitu birokrasi terkait proses pembangunan kembali yang lambat, dan penundaan yang berdampak pada anak-anak:⁷

"Saya stres karena mencoba meminta bantuan untuk membangun kembali sekolah ini. Meski ada kemungkinan mendapatkan dana dari kantor desa, namun belum ada kepastian berapa dan kapan dana tersebut akan kami dapatkan karena masih banyak hal lain yang harus diprioritaskan oleh pemerintah daerah. Sedangkan siswa kami sudah mulai bermasalah kesehatannya karena harus belajar di bawah tenda yang terletak di pinggir jalan yang membuat mereka terkena debu".

- Ibu Pertiwi, guru PAUD Permata Hidayah

Oleh karena itu, analisis ini mengasumsikan proses rekonstruksi akan memakan waktu 8 tahun dengan 'berjalan seperti biasa', meskipun program khusus dengan tambahan biaya manajemen dilakukan untuk mengatasi gesekan dalam membangun kembali sekolah. Dampak dari asumsi ini juga diuji dalam analisis sensitivitas.

3. Plastik Daur Ulang 'Eco-Blocks'

Plastik daur ulang eco-blocks dibuat dengan teknologi yang dikembangkan oleh Block Solutions, perusahaan di Finlandia yang didirikan pada tahun 2017. Eco-blocks adalah bio-komposit yang terbuat dari beberapa bentuk plastik, khususnya polyethylene terephthalate (PET), High-density polyethylene (HDPE) dan Polypropylene (PP). Blok juga dapat juga dibuat dari serat kayu organik seperti akasia, bambu, atau sekam padi.

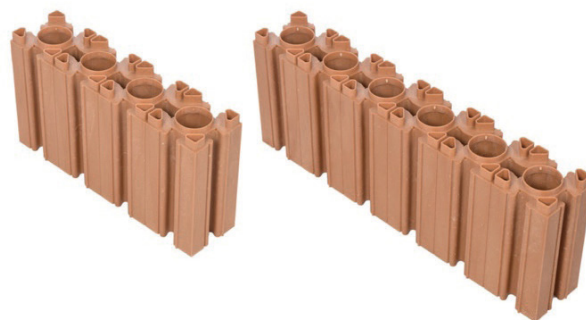
4 Strengthening education after the Lombok earthquake <https://www.inovasi.or.id/en/story/strengthening-education-after-the-lombok-earthquake/>
A Year in Progress: Lombok Post-earthquake Recovery, 5 August 2019, <https://happyheartsindonesia.org/lombok-earthquake/>

5 Strengthening education after the Lombok earthquake <https://www.inovasi.or.id/en/story/strengthening-education-after-the-lombok-earthquake/>

6 Contohnya: A Year in Progress: Lombok Post-earthquake Recovery, 5 August 2019, <https://happyheartsindonesia.org/lombok-earthquake/>

7 sama dengan di atas

Blok ini telah memenuhi standarisasi dan modular sehingga struktur mudah dirakit dan dibongkar (Gambar 2). Ada empat ukuran blok yang berbeda yaitu yang berukuran 100, 200, 400 dan 600mm. Setiap blok memiliki tinggi 200mm dan ketebalan 100mm. Bloknnya ringan, beratnya kira-kira sepersepuluh dari batu bata tradisional. Terakhir, Block Solutions melaporkan bahwa struktur yang terbuat dari blok juga tahan gempa dan air.



Gambar 2: Tampilan dari dekat, plastik daur ulang eco-blocks.
Sumber: Block Solutions

Karena fitur-fitur ini, waktu konstruksi dapat dikurangi secara signifikan. Sebuah video demonstrasi menunjukkan tim yang terdiri dari 5 orang mendirikan bangunan 30 m² yang terbuat dari eco-blocks dalam 2 setengah jam.⁸ Pada Juni 2021, Classroom of Hope dengan dukungan dari pemerintah NTB, membangun sekolah pertama di dunia menggunakan teknologi eco-blocks ini di desa Taman Sari. Pondasi, dinding dan atap dibangun dalam 5 hari, dengan masing-masing ruang kelas membutuhkan 5 jam untuk membangun. Intervensi yang dipertimbangkan dalam laporan ini adalah program khusus untuk membangun kembali 200 lebih banyak sekolah menggunakan teknologi eco-blocks. Timelapse pembangunan sekolah dapat dilihat di <https://classroomofhope.org/eco-block-schools/>



Gambar 3 : Sekolah pertama menggunakan Eco-Block dibangun di Taman Sari, Lombok

4 Analisis manfaat-biaya

4.1 Parameter umum

Angka-angka dalam laporan ini didasarkan pada nilai USD tahun 2020, tahun terakhir di mana sebagian besar data tersedia. Intervensi diasumsikan dimulai pada tahun 2021, dengan perencanaan satu tahun sebelum konstruksi dimulai dengan jangka waktu empat tahun. Skenario kontrafaktual mengasumsikan bahwa konstruksi juga dimulai pada tahun 2022, tetapi dengan jangka waktu delapan tahun. Angka mengenai jumlah sekolah yang membutuhkan pembangunan kembali tidak tersedia untuk umum, meskipun demikian seperti yang dijelaskan di atas, perkiraan konservatif dan dapat diterima adalah 200 sekolah. Kurs nilai tukar yang digunakan dalam laporan ini adalah 1 USD sama dengan 14.500 IDR.

Perkiraan Produk Bruto Provinsi (PBP) per kapita untuk provinsi dan kota di Nusa Tenggara Barat diunduh dari situs BPS-Statistics Indonesia (Badan Pusat Statistik). Khusus daerah-daerah di Lombok kemudian diekstraksi untuk mengidentifikasi Produk Bruto Lombok per kapita yaitu sebesar USD 1.398. Ini menempatkan pulau tersebut pada kira-kira sepertiga produk bruto per kapita dari rata-rata seluruh negara. Penghitungan deret waktu dari angka-angka

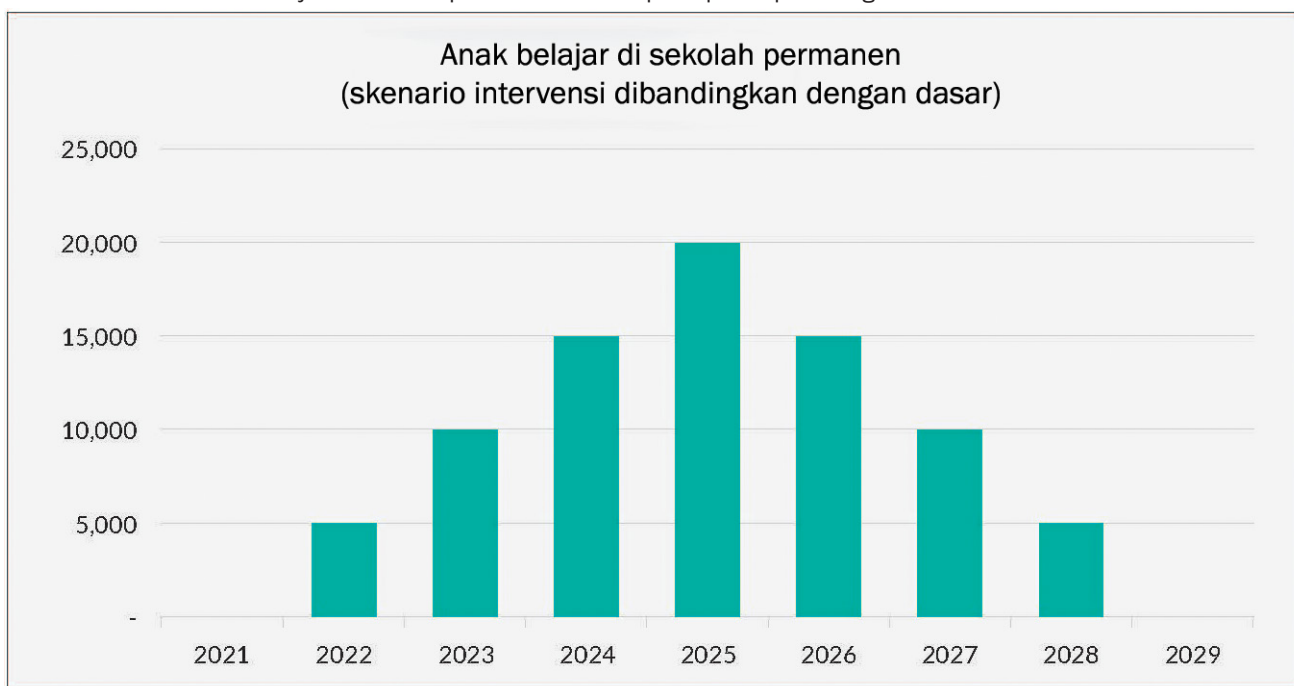
⁸ Block solutions, easy and fun. <https://www.youtube.com/watch?v=CQ3B9iOwyMg>

produk bruto per kapita di masa mendatang diperkirakan dengan menerapkan proyeksi tingkat pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita dari basis data Shared Socioeconomic Pathways International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), skenario menengah untuk Indonesia (Riahi *et al.* 2017). Asumsinya, produk bruto per kapita Lombok akan tumbuh sejalan dengan PDB per kapita nasional. Aliran produk bruto per kapita ini adalah asumsi tingkat pendapatan pekerja biasa di Lombok dan digunakan untuk menghitung manfaat pendidikan dari pembelajaran di sekolah non-sementara. Mengutip Robinson *et al.*, (2019) kami mengadopsi tarif diskonto yang setara dengan 2x tingkat pertumbuhan per kapita pendapatan jangka pendek dan hasilnya adalah 10%.

4.2 Skenario Kasus Dasar: Dampak pendidikan saja

Skenario kasus dasar hanya mempertimbangkan dampak pendidikan dari pembangunan kembali yang dipercepat. Sebagaimana dibahas di atas, skenario intervensi mengasumsikan 200 sekolah dibangun kembali dalam 4 tahun (50 sekolah per tahun), sedangkan kontrafaktualnya adalah 200 sekolah dalam 8 tahun (25 sekolah per tahun). Setiap sekolah diasumsikan rata-rata menampung 200 anak. Gambar di bawah ini menunjukkan jumlah anak yang mendapat manfaat dari sekolah permanen dengan upaya percepatan pembangunan kembali dibandingkan dengan yang tidak. Jumlah tersebut meningkat 5.000 anak per tahun, terus bertambah hingga tahun 2025 ketika kesenjangan antara intervensi dan situasi kontrafaktual yang terbesar yaitu 100 sekolah (lihat Gambar 4). Jumlah ini berkurang karena semakin banyak sekolah yang dibangun dalam skenario kontrafaktual, sampai dengan tahun 2029 ketika tidak ada lagi manfaat tambahan.

Gambar 4: Anak-anak belajar di sekolah permanen karena percepatan pembangunan kembali



Biaya

Ada dua macam biaya yang terkait dengan program pembangunan kembali yang dipercepat. Yang pertama adalah biaya tambahan manajemen dan sumber daya program untuk memastikan sekolah-sekolah tersebut direncanakan, dibangun kembali, dan mendapatkan pendanaan. Biaya manajemen dan administrasi tambahan ditetapkan sebesar USD 1.500.000 yang tersebar selama 5 tahun (yaitu 300.000 per tahun), sekitar 9% dari total biaya konstruksi dalam program empat tahun, nilai yang mencerminkan biaya manajemen proyek yang umum pada proyek konstruksi Bank Dunia. Mohon diperhatikan bahwa 9% ini merupakan tambahan biaya manajemen dan program yang biasanya terkait pembangunan sekolah. Dengan kata lain, dalam percepatan pembangunan kembali intensitasnya sumber daya manajemen dan administratifnya diasumsikan dua kali lipat dibandingkan biasanya. Biaya USD 1.500.000 ini akan cukup untuk menutupi setidaknya satu manajer proyek ahli dengan standar pasar internasional beserta staf pendukung selama 5 tahun. Nilai saat ini dari biaya ini adalah USD 1.251.000 dengan memperhitungkan tarif diskonto 10%.

Biaya lainnya adalah nilai waktu investasi yang terkait dengan memajukan jadwal konstruksi dua tahun. Biaya sekolah yang tipikal dengan 6 ruang kelas yang mampu menampung 200 siswa diperkirakan mencapai USD 84.000 (komunikasi pribadi, Classroom of Hope). Selama masa intervensi akan dibelanjakan USD 4.200.000 untuk membangun sekolah-sekolah selama empat tahun, dibandingkan dengan USD 2.100.000 selama delapan tahun menurut kontrafaktual. Selisih nilai kini bersih (Net Present Value, NPV) dari dua jangka waktu ini menunjukkan nilai waktu dari biaya percepatan sama dengan USD 2.110.000. Oleh karena itu, total biaya intervensi adalah sebesar USD 3.361.000 dengan tarif diskonto 10%.

Manfaat

Lingkungan sekolah sangat penting untuk pembelajaran. Tinjauan terbaru oleh Barrett *et al.*, (2019) mencatat bahwa karakteristik seperti pencahayaan yang tepat, aliran udara dan temperatur, ditambah fitur desain yang mengoptimalkan potensi pembelajaran mempengaruhi hasil pendidikan. Yang terpenting dalam konteks ini, tinjauan tersebut juga mencatat pentingnya bangunan yang aman untuk memastikan anak dan guru bekerja secara optimal di sekolah. Tinjauan tersebut mengutip berbagai literatur, sebagian besar dari negara maju, yang memperkuat pendapat yang umum bahwa lingkungan sekolah secara fisik berdampak pada pembelajaran. Sebagai contoh, Earthman (2004) menunjukkan bahwa anak-anak di AS di gedung-gedung yang buruk memiliki peringkat 5 hingga 10 poin persentil lebih rendah dalam tes standar dibandingkan dengan anak-anak di gedung-gedung yang lebih baik.

Untuk negara berpenghasilan rendah dan menengah, bukti yang menunjukkan pentingnya lingkungan belajar yang lebih baik untuk hasil pendidikan yang lebih baik. Dalam analisis program pengembangan, pembangunan, dan peningkatan sekolah di Burkina Faso, para peneliti mencatat bahwa memiliki sekolah berkualitas lebih tinggi meningkatkan nilai ujian anak-anak dalam matematika dan bahasa masing-masing sebesar 0,34 dan 0,29 standar deviasi nilai ujian (Levy *et al.*, 2019), dampak tersebut bertahan sampai tujuh tahun kemudian (Kazianga *et al.*, 2019). Di Nigeria, sekolah yang dilengkapi dengan fasilitas toilet (termasuk toilet laki-laki dan perempuan yang terpisah), taman bermain, dan sumber air minum meningkatkan tingkat pembelajaran matematika sebesar 0,13 standar deviasi, dibandingkan dengan sekolah biasa yang sebagian besar tidak memiliki fasilitas ini (Bagby *et al.*, 2016). Di Malawi, Mulera, Ndala dan Nyirongo, (2017) mencatat korelasi positif antara pembangunan gedung sekolah secara permanen dan nilai ujian siswa, sementara penelitian pendukung menunjukkan belajar di luar ruangan mengurangi nilai ujian sebesar 0,093 standar deviasi dan mengurangi retensi kelas sebesar 4 poin persentase (Bank Dunia, 2010; Dunga, 2013).

Untuk Indonesia, informasi yang terbaru dan sejauh yang kami ketahui, satu-satunya bukti pentingnya infrastruktur untuk pembelajaran berasal dari studi sekolah madrasah di enam provinsi (Sawamoto dan Marshall, 2020).⁹ Studi tersebut mencatat bahwa dampak peningkatan indeks infrastruktur sebesar 1 standar deviasi¹⁰ dikaitkan dengan peningkatan skor tes komposit sebesar 0,09 standar deviasi (Sawamoto dan Marshall, 2020, Tabel 7 model lengkap). Indeks infrastruktur memperhitungkan karakteristik seperti keberadaan toilet dan fasilitas cuci tangan, ruangan permanen, perpustakaan pojok, listrik, koneksi internet dan banyak lagi.

Karena tidak adanya studi yang menilai dampak perpindahan dari struktur sementara ke struktur yang lebih permanen di Lombok, untuk analisis ini kami mengadopsi ukuran efek yang sama dengan Sawamoto dan Marshall (2020) yaitu peningkatan 1 standar deviasi dalam hal infrastruktur untuk 0,09 standar deviasi dalam peningkatan nilai tes. Untuk menempatkan hal ini ke dalam konteks, di keseluruhan sampel mereka, perbedaan antara sekolah terburuk dan terbaik dalam hal infrastruktur adalah 1,5 standar deviasi. Mengingat fakta bahwa banyaknya fasilitas belajar sementara di Lombok hampir tidak memenuhi syarat sebagai sekolah (misalnya tenda dan masjid), asumsi ini kelihatannya bisa diterima. Efek peningkatan nilai tes sebesar 0,09 standar deviasi (s.d.) juga merupakan batas bawah dari efek yang dicatat dalam konteks negara-negara Afrika yang disebut di atas menunjukkan bahwa asumsi tersebut tidaklah berlebihan.

Untuk mengkonversi peningkatan pembelajaran ini menjadi nilai yang dimonetisasi, kami mengadopsi metodologi yang dijelaskan dalam Evans dan Yuan, (2019). Khususnya, efek sebesar 0,09 s.d. dikonversikan menjadi tahun sekolah yang setara, dengan asumsi bahwa peningkatan skor tes 1 standar deviasi dicapai dalam 5,75 tahun. Ini menyiratkan bahwa berada di dalam sekolah sementara dan bukannya sekolah permanen, mengakibatkan kerugian belajar yang setara dengan 0,5 tahun sekolah normal.

⁹ Hasil studi yang sering dirujuk dari Duflo (2004) mengkaji dampak pembangunan sekolah terhadap hasil pendidikan di Indonesia. Tetapi studi tersebut didasarkan pada program pengembangan sekolah besar-besaran pada tahun 1970-an di mana kontrafaktual yang relevan adalah ketiadaan sekolah. Hal ini bukan pembandingan yang layak untuk situasi di Lombok saat ini.

¹⁰ Dari seluruh sampel, perbedaan antara sekolah terburuk dan terbaik dari sisi infrastruktur adalah 1,5 standar deviasi.

Sejumlah penelitian dalam berbagai konteks mencatat tingkat pengembalian sekitar 10% per tahun pendidikan di Indonesia (lihat Yubilianto, 2020 untuk gambaran umum) sangat sedikit penelitian yang menggunakan metode diskonto penuh untuk menguji dampak investasi pendidikan dari perspektif individu. Makalah ini mencoba menganalisis kembali ke pendidikan yang lebih tinggi di Indonesia melalui metoda diskonto penuh (*full discounting method*) yang sebagian besar menggunakan Indonesia Family Life Survey wave 5 (IFLS-5). Dampak dari intervensi tersebut, yaitu untuk menghindari penurunan sebesar 5% dalam hal pendapatan masa depan. Kami berasumsi bahwa bahwa tipikal anak yang mendapat manfaat dari intervensi adalah yang berusia 8 tahun, dan dia akan mulai bekerja pada usia 15 hingga usia 60 tahun. Ini adalah asumsi konservatif karena anak yang lebih dewasa hampir mencapai usia kerja dan oleh karena itu akan memiliki nilai pendapatan bersih saat ini yang lebih tinggi (karena nilai diskonto yang lebih kecil). Nilai 5% saat ini merupakan kehilangan pendapatan yang bisa dihindari adalah manfaat dari intervensi, dan rata-rata sekitar USD 915 per anak bila diterapkan pada deret waktu dari produk bruto per kapita yang dijelaskan dalam Bagian 4.1. Untuk satu sekolah dengan 200 anak, ini berarti produktivitas masa depan yang hilang sekitar USD 180.000 per sekolah untuk setiap tahun anak-anak belajar di lingkungan yang kurang optimal.

Total manfaat produktivitas dari intervensi ini diperkirakan mencapai USD 50.150.000. Manfaatnya 14,9 kali ukuran biaya dan oleh karena itu BCR menjadi 14,9

4.3 Analisis Sensitivitas pada Hasil Kasus Dasar

Bagian ini melaporkan hasil analisis sensitivitas tambahan pada hasil kasus dasar.

Analisis sensitivitas 1: Mengubah skenario dasar

Dalam analisis sensitivitas yang pertama, asumsi bahwa sekolah pada akhirnya akan dibangun kembali dikesampingkan. Sebaliknya, diasumsikan bahwa sekolah tidak akan pernah dibangun kembali (atau tidak dibangun kembali dalam dua puluh tahun ke depan), dan anak-anak akan terus belajar di fasilitas sementara. Meskipun hal ini tidak mungkin, namun tetap berguna untuk menilai hasil berdasarkan skenario ekstrem seperti itu. Efek dari perubahan asumsi ini adalah meningkatkan penambahan biaya dan manfaat.

Di sisi biaya, total biaya tambahan sama dengan biaya manajemen (yang tidak berubah) dan biaya penuh membangun sekolah, bukan dari perbedaan nilai saat ini dari memajukan jadwal pembangunan sekolah. Total biaya ini adalah sebesar USD 14.564,000 dengan tarif diskonto 10%. Biaya ini sedikit dibesarkan karena menggantikan struktur sementara tidak ikut diperhitungkan. Jika ya, maka biaya tambahan akan lebih rendah.

Untuk manfaat, ini berarti lebih banyak anak akan mengalami lingkungan belajar yang lebih baik, 40.000 per tahun secara terus-menerus. Dalam hal ini, total manfaat sangat besar, diperkirakan mencapai USD 301.368,000, dengan asumsi masa pakai bangunan sekolah selama 20 tahun. Hal ini juga mungkin perkiraan yang terlalu rendah karena kemungkinan anak-anak akan berhenti bersekolah, terutama di daerah terpencil. Dalam kasus seperti itu, kerugian pendidikan yang dapat dihindari adalah satu tahun penuh, bukan 0,5 tahun. Dalam skenario ekstrim ini, BCR intervensi lebih tinggi yaitu pada angka 21.

Analisis sensitivitas 2: Mengubah parameter

Dalam analisis sensitivitas kedua, skenario dasar dan intervensi awal dipertahankan. Namun, parameter model diubah. Tabel di bawah ini mendokumentasikan parameter yang diuji.

Tabel 1: Parameter yang diuji di bawah analisis sensitivitas satu arah

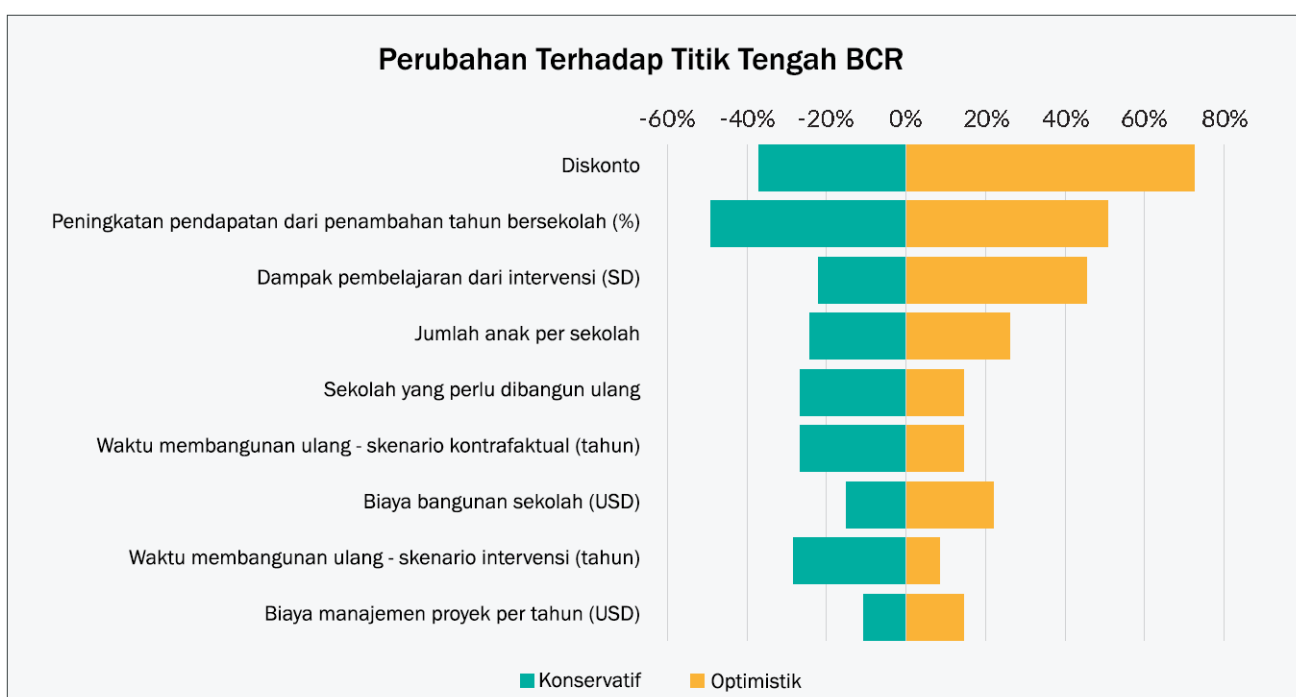
	Konservatif	Dasar	Optimistik
Sekolah yang perlu dibangun ulang	100	200	300
Waktu membangun ulang - skenario kontrafaktual (tahun)	6	8	10
Waktu membangun ulang - skenario intervensi (tahun)	6	4	3
Jumlah anak per sekolah	150	200	250
Dampak pembelajaran dari intervensi (SD)	0,07	0,09	0,13

	Konservatif	Dasar	Optimistik
Peningkatan pendapatan dari penambahan tahun bersekolah (%)	5%	10%	15%
Biaya manajemen proyek per tahun (USD)	400.000	300.000	200.000
Biaya bangunan sekolah (USD)	18.000	14.000	10.000
Diskonto	8%	10%	12%

Catatan: Parameter konservatif menurunkan BCR, parameter optimis meningkatkan BCR.

Hasil analisis sensitivitas satu arah disajikan pada Gambar 5. Hasil paling sensitif terhadap parameter yang mempengaruhi nilai sekarang dari perolehan pembelajaran yang terkait dengan intervensi. Ini adalah tarif diskonto, peningkatan pendapatan dari sekolah tambahan dan dampak pembelajaran dari lingkungan yang lebih baik. Untuk dua parameter ini, sisi atas lebih besar daripada sisi negatifnya yang menunjukkan bahwa hasilnya mungkin berada di sisi konservatif. BCR relatif stabil untuk parameter yang tersisa dengan penyimpangan yang hanya mengubah hasil +/- 10-20%.

Gambar 5: Analisis sensitivitas satu arah



4.4 Skenario tambahan dengan penghematan biaya dan manfaat lingkungan

Di bagian ini disajikan skenario tambahan dengan penghematan biaya dan manfaat lingkungan. Ini dilaporkan secara terpisah karena dasar bukti untuk manfaat ini tidak ditetapkan dengan kuat seperti manfaat pendidikan dari lingkungan belajar yang lebih baik. Kedua keuntungan tersebut didasarkan pada keberadaan pabrik daur ulang khusus plastik milik swasta di Lombok yang saat ini investasinya sedang diminati. Biaya pro-rata pabrik, ditambah pengeluaran operasional dan margin keuntungan perusahaan swasta, dimasukkan ke dalam harga eceran blok dan menjadi biaya sekolah. Di bagian berikut ini akan menjadi lebih jelas bahwa manfaat tambahan ini hanya sedikit meningkatkan BCR.

Mengenai penghematan biaya, Block Solutions menunjukkan bahwa ruang kelas dapat dibangun dengan biaya lebih rendah daripada menggunakan batu bata dan campuran semen tradisional. Perkiraan menunjukkan bahwa sekolah biasa dengan enam ruang kelas dapat dibangun dengan biaya sebesar USD 60.000 ketimbang USD 84.000 – memberikan penghematan biaya sebesar USD 24.000 per bangunan. Tersebar selama periode konstruksi empat tahun, hal ini memberikan tambahan manfaat sebesar USD 3.804.000 pada tingkat diskonto 10%.

Manfaat lingkungan dari daur ulang plastik dinilai dari biaya yang dapat dihindari dari jalur-jalur penggunaan plastik yang lain. Merujuk ke kategorisasi yang dijabarkan dalam National Plastic Action Plan Partnership (World Economic Forum, 2020), jalur-jalur lain tersebut adalah i) dikumpulkan dan dikirim ke tempat pembuangan semi-formal yang ditunjuk iii) dibakar di rumah tangga iv) dibuang secara tidak benar, berakhir sebagai polusi di darat dan v) dibuang secara tidak benar, berakhir sebagai pencemaran di saluran air termasuk lautan. Analisis menunjukkan bahwa mendaur ulang satu ton plastik akan menghemat biaya kesehatan, ekonomi dan lingkungan yang setara dengan USD 190 hingga 360 per ton. Lampiran A memberikan rincian lebih lanjut tentang metodologi yang digunakan untuk memperkirakan angka ini. Setiap sekolah yang dibangun akan menggunakan 12 ton plastik daur ulang atau 600 ton plastik selama empat tahun. Pada nilai tengah kisaran sebesar USD 275, manfaat tambahannya adalah sebesar USD 523.000 dengan tingkat diskonto 10%.

Penghematan biaya dan manfaat lingkungan secara bersama-sama menambah sekitar USD 4.327.000 pada total manfaat, meningkatkan manfaat bruto menjadi USD 54.477.000 dan BCR menjadi 16,2.

5. Kesimpulan dan Penelitian Masa Depan

Laporan ini melakukan analisis manfaat-biaya untuk membangun kembali 200 sekolah yang hancur akibat gempa Lombok tahun 2018. Ringkasan biaya dan manfaat disajikan pada Tabel 2. Biaya intervensi tidak terlalu besar, diperkirakan mencapai USD 3.361.000. Bila difokuskan hanya pada manfaat pendidikan, BCR adalah 14,9. Bila memperhitungkan penghematan biaya dan manfaat plastik daur ulang meningkatkan BCR menjadi 16,2.

Tabel 2: Ringkasan Biaya dan Manfaat

Kategori	Nilai (USD)
BIAYA	
Manajemen Program	1,250,960
Nilai waktu dari percepatan pembiayaan	2,110,090
TOTAL BIAYA	3,361,049
MANFAAT	
Peningkatan pembelajaran yang berakibat meningkatnya produktivitas dan penghasilan setelah dewasa (dasar)	50,150,162
Penghematan biaya (skenario tambahan)	3,803,839
Daur ulang plastik (skenario tambahan)	522,928
TOTAL MANFAAT (skenario dasar + tambahan)	54,476,928

Catatan: Biaya dan manfaat yang dilaporkan adalah untuk program pembangunan sekolah 4 tahun menggunakan blok plastik daur ulang, dibandingkan dengan program 8 tahun. Angka dilaporkan dalam USD 2020 dan mencerminkan tingkat diskonto 10%.

Implikasi kebijakan utama dari laporan ini adalah bahwa pemerintah NTB dan Indonesia perlu mempertimbangkan untuk membangun kembali sekolah-sekolah yang hancur sesegera mungkin. BCR yang didapat cukup besar yaitu 15 rupiah untuk setiap rupiah yang dibelanjakan. Ini adalah pengembalian investasi yang sangat baik. Manfaat tambahan dalam hal penghematan biaya juga cukup besar. Bahkan, penghematan biaya, jika berhasil dilakukan, akan melebihi seluruh biaya program itu sendiri. Manfaat mendaur ulang plastik menghasilkan nilai USD 522.928 untuk keseluruhan program. Kedua manfaat ini akan meningkatkan BCR menjadi 16,2.

Meskipun manfaat dari limbah plastik daur ulang relatif kecil dalam laporan ini, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan pengembalian investasi dari penambahan dan program pengurangan sampah plastik yang dapat lebih terarah. Indonesia telah berjanji untuk menghilangkan polusi plastik pada tahun 2040, dan World Economic Forum (2020) memperkirakan bahwa investasi modal sebesar USD 18,4 miliar dan antara USD 0,5 dan 1,1 miliar lebih sebagai biaya operasional tahunan diperlukan untuk mencapai tujuan ini. Apakah investasi besar ini sepadan dengan biayanya? Sebagai titik awal, menarik untuk dicatat bahwa pada tahun 2040, pengurangan polusi plastik akan berkurang sekitar 6 juta ton per tahun. Menerapkan angka tahun 2020 untuk pulau Lombok untuk manfaat menghindari satu ton plastik yaitu sebesar USD 190 hingga USD 360, yang menunjukkan manfaat antara USD 1,1 miliar dan USD 2,2 miliar pada tahun 2040. Hal ini dibandingkan dengan pengeluaran operasional tambahan

sebesar USD 1,1 miliar pada tahun 2040. Oleh karena itu, tampaknya manfaat tahunan dari menghindari plastik akan memenuhi atau melebihi biaya operasional, meskipun jika hanya menggunakan angka manfaat dari tahun 2020 untuk pulau Lombok. Angka yang setara untuk seluruh Indonesia pada tahun 2040 hampir pasti akan menghasilkan manfaat yang lebih tinggi karena negara secara keseluruhan akan lebih kaya dan bersedia membayar lebih untuk peningkatan kesehatan dan lingkungan yang lebih bersih. Perhitungan untuk mendapatkan besaran manfaat yang lebih akurat masih tersisa untuk penelitian di masa yang akan datang.

Lampiran A

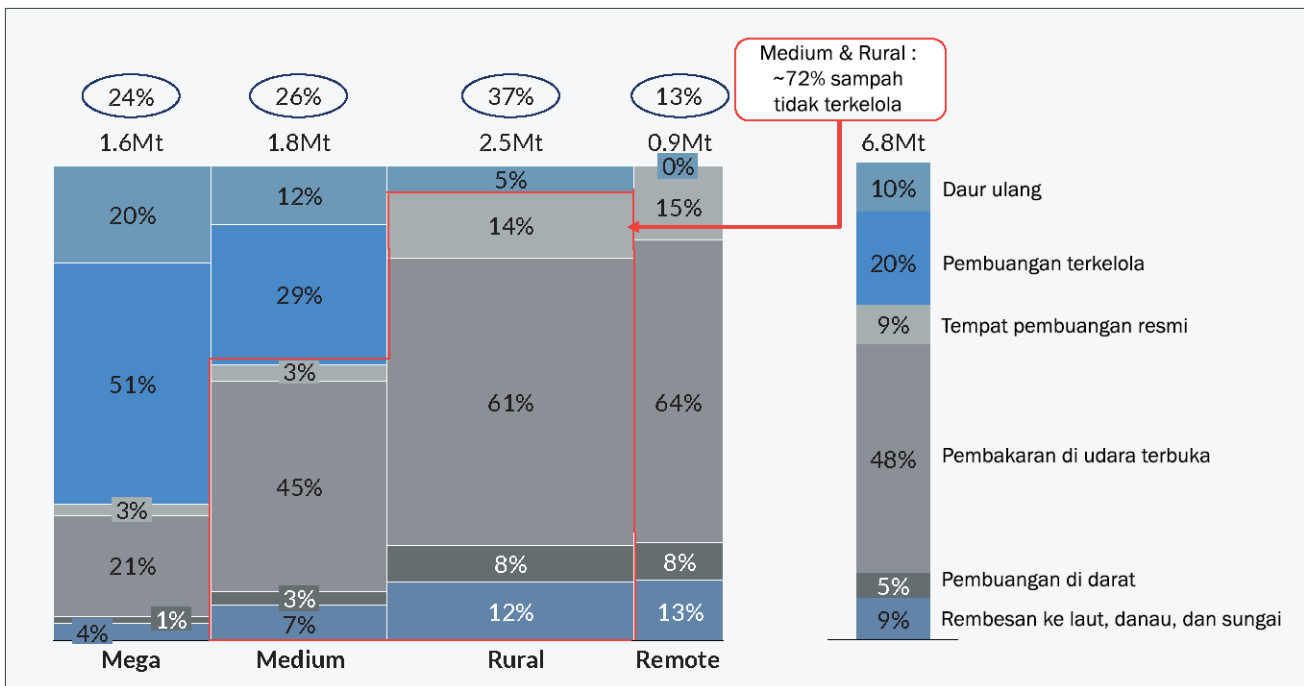
Kerangka kerja untuk menilai manfaat peningkatan daur ulang plastik

Brad Wong

Bjorn Larsen berkontribusi pada bagian tentang pembakaran plastik

National Plastic Action Partnership (NPAP), sebuah inisiatif antara Pemerintah Indonesia dan World Economic Forum, mencatat bahwa 6,8 juta ton sampah plastik dihasilkan setiap tahun di Indonesia, angka yang terus bertambah sebesar 5% setiap tahun (World Economic Forum, 2020). NPAP mengidentifikasi enam jalur sampah plastik yang berbeda yaitu daur ulang, pembuangan yang terkelola, tempat pembuangan resmi, pembakaran terbuka, pembuangan di darat dan tercecer ke saluran air. Di seluruh Indonesia hanya 30% sampah didaur ulang atau dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA). Sisanya akhirnya dibuang dengan cara yang mengakibatkan dampak eksternal yang negatif terhadap lingkungan, sementara hampir setengah dari sampah plastik dibakar di udara terbuka. Seperti ditunjukkan di bawah ini, nilai rata-rata ini mengaburkan perbedaan substansial di empat pola dasar geografis di Indonesia, yang oleh NPAP diberi nama 'Mega', 'Medium', 'Rural' dan 'Remote'. Menurut NPAP, Lombok adalah campuran dari pola dasar rural dan remote. Dapat dicatat bahwa pada pola dasar rural dan remote, diasumsikan tidak ada pembuangan yang dikelola untuk tempat pembuangan sampah bersih, dengan sampah yang berakhir di tempat pembuangan semi formal dengan tingkat limpasan yang lebih tinggi (disebut tempat pembuangan resmi oleh NPAP). Ini adalah karakterisasi yang tepat untuk Lombok karena TPA terbesar, Kebon Kongok, sudah mencapai batas kapasitas dengan tantangan yang signifikan terkait dengan limpasan limbah cair dan padat.

Gambar 6: Sampah Plastik di Indonesia



Sumber: National Plastic Action Partnership, World Economic Forum (2020)

Untuk Lombok, perincian berikut diasumsikan untuk keseluruhan jalur plastik secara luas mengikuti pola dasar 'rural' dan juga mencatat bahwa data spesifik Lombok menunjukkan sekitar 20% sampah dikumpulkan dan berakhir di TPA (KPMG, 2019; Abdullah, Hidayat dan Sholehah , 2020):

- Daur ulang – 5%
- Pembuangan yang dikelola – 0%
- Tempat pembuangan resmi – 20%
- Pembakaran terbuka – 55%
- Pembuangan di darat – 8%
- Rembesan ke saluran air – 12%

Kutipan di bawah ini menguraikan metodologi untuk memperkirakan urutan besarnya biaya sosial, ekonomi dan lingkungan dari jalur plastik ini untuk pulau Lombok. Manfaat dari peningkatan daur ulang hanyalah untuk menghindari biaya ini. Asumsinya adalah bahwa plastik yang didaur ulang dengan cara yang dilakukan Block Solutions akan memasuki jalur plastik ini secara proporsional dengan bagian saat ini dari setiap jalur non-daur ulang. Ini mungkin bukan asumsi yang realistis dalam jangka pendek, di mana Block Solutions kemungkinan akan mengambil plastik terutama dari sistem daur ulang plastik lokal yang mulai muncul namun berkembang di bank sampah. Namun demikian, dalam jangka menengah dan panjang, jika ada peningkatan permintaan bahan bangunan murah yang disediakan oleh Block Solutions, maka perlu untuk meningkatkan tingkat daur ulang plastik di pulau itu.

Perkiraan biaya rata-rata tertimbang sampah plastik non-daur ulang di Lombok adalah USD 190 hingga USD 360.

Tabel 3: Ringkasan dampak terhadap tingkat kesejahteraan dari berbagai jalur sampah plastik

Jalur	Biaya sampah plastik per ton	Persentase plastik (% dari keseluruhan plastik non-daur ulang)	Pendekatan perkiraan
Dikumpulkan dan dikirimkan ke tempat pembuangan yang tidak bersih (pembuangan resmi)	<ul style="list-style-type: none"> USD 30 - 60 untuk pengelolaan sampah USD 3 - 10 untuk operasional tempat pembuangan USD 20 - 50 untuk hilangnya nilai lahan 	21%	<ul style="list-style-type: none"> Estimates of waste management from World Economic Forum, (2020). Estimates of landfill operations cost from Kaza et al., (2018) and KPMG, (2019) Estimates of landfill loss assume 6.7% reduction in land value for each 100m distance from landfill site, USD 25-50 per m2 land values
Dibakar di udara terbuka	<ul style="list-style-type: none"> USD 30 - 50 untuk rumah tangga pengguna bahan bakar padat (28% dari populasi) USD 400 - 680 untuk rumah tangga yang menggunakan bahan bakar bersih (72% dari populasi) USD 280 - 500 	58%	Diperkirakan dari dampak terhadap kesehatan yang diakibatkan menghisap PM2.5 dari pembakaran plastik
Dibuang di darat	USD 60 - 150	8%	Triangulasi berdasarkan dari hilangnya nilai lahan dan biaya lingkungan dari saluran air
Rembesan ke saluran air	USD 60 - 290	13%	Biaya diambil dari Deloitte (2019) yang memperhitungkan hilangnya pendapatan pariwisata, akuakultur, dan perikanan, ditambah biaya pembersihan
TOTAL	USD 190 - 360	100%	Rata-rata tertimbang

Catatan : Semua angka dalam USD th 2020

Angka-angka ini dapat digunakan sebagai biaya perkiraan biaya untuk plastik bagi pulau Lombok setiap tahun. Untuk melakukan ini, diperlukan angka perkiraan sampah plastik yang dihasilkan di Lombok setiap tahun. Setiap orang di Lombok menghasilkan 0,7 kg sampah plastik setiap tahun (KPMG, 2019). Diseluruh Indonesia, sebesar 13,1% sampah adalah plastik (Bank Dunia, 2018). Diterapkan pada 3,76 juta orang di Lombok, ini berarti timbunan sampah plastik tahunan sebesar 126.000 ton di mana sekitar 120.000 ton tidak didaur ulang. Oleh karena itu, total biaya kesejahteraan plastik non-daur ulang di Lombok adalah sebesar USD 23.000.000 hingga 43.000.000 setara dengan 0,4% hingga 0,8% dari produk bruto Lombok saat ini.

Penting untuk dicatat bahwa dasar bukti untuk dampak ini tidak lengkap dan tidak tepat. Masih banyak yang harus dipelajari misalnya, tentang dampak pembakaran plastik terhadap kesehatan manusia dan polusi plastik di lautan dan daratan. Yang lebih tidak pasti adalah biaya yang dimonetisasi dari dampak ini. Karena sifat ketidakpastian ini, **angka tersebut dibulatkan ke USD 10 terdekat untuk menghindari ketepatan yang palsu** (kecuali untuk biaya operasi TPA).

Daur Ulang

Daur ulang adalah referensi yang digunakan untuk menilai semua jalur plastik lainnya, sehingga tidak termasuk dalam dampak kesejahteraan.

Dikumpulkan dan dikirim ke tempat pembuangan semi formal (Biaya per ton pengumpulan = USD 30 hingga 60; Biaya per ton untuk operasi TPA = USD 3 hingga USD 10; Biaya per ton untuk pembongkaran TPA = USD 20 hingga 50).

Lombok memiliki sistem pengelolaan sampah yang tidak lengkap dan minim sumber daya. Sampah dikumpulkan di tempat pengumpulan sementara tingkat desa sebelum diangkut ke salah satu tempat pembuangan sampah di pulau itu. KPMG, (2019) mencatat bahwa hanya 200.000 dari 900.000 ton sampah yang dihasilkan berakhir di salah satu dari empat tempat pembuangan sampah di Lombok, menunjukkan bahwa hanya 22% sampah dikumpulkan secara resmi. Pengelolaan sampah di daerah perkotaan lebih baik, dengan pengumpulan sampah di Mataram diperkirakan sebesar 60% (Macquarie Group, 2020). Seperti disebutkan di atas, TPA di Lombok tidak dianggap bersih karena rembesan limbah yang cukup besar ke lingkungan. Meskipun sebagian plastik, terutama plastik berkualitas tinggi, dikumpulkan ke bank sampah, masih banyak plastik lainnya yang masuk ke sistem pengelolaan sampah ini. Menaikkan tingkat daur ulang akan mengurangi biaya pengelolaan sampah dan TPA.

World Economic Forum, (2020) mengindikasikan bahwa pada tahun 2017 biaya pengelolaan limbah padat untuk plastik dan non plastik di Indonesia adalah sebesar USD 0,5 sampai 1,0 miliar setiap tahun. Komponen biaya yang timbul dari limbah plastik ini adalah 30%, atau USD 0,15 0,3 miliar. Studi tersebut mencatat bahwa pada tahun yang sama 29% dari seluruh sampah plastik di Indonesia memerlukan pengumpulan (20% pada pembuangan yang dikelola dan 9% pada tempat pembuangan resmi) dengan angka 1.972.000 ton. Dengan membagi biaya pengumpulan dengan jumlah ton menghasilkan biaya per ton untuk pengelolaan plastik yaitu antara USD 76 dan 152 untuk Indonesia. Lombok memiliki PDB per kapita sekitar 37% dari rata-rata Indonesia. Ini berarti bahwa biaya, terutama untuk tenaga kerja, cenderung lebih rendah di Lombok. Oleh karena itu, kami menskalakan biaya tingkat negara sebesar 37% dengan memperhitungkan biaya yang lebih rendah. Ini menunjukkan biaya pengumpulan per ton plastik sebesar USD 30 hingga 60 untuk Lombok. Angka ini konsisten dengan kisaran USD 30 hingga USD 75 yang dilaporkan untuk negara berpenghasilan menengah ke bawah¹¹ dalam Kaza et al., (2018).

Biaya pengelolaan TPA diambil dari Kaza et al. (2018) dan menunjukkan angka kisaran sebesar USD 3 hingga USD 10 untuk negara berkembang. Hal ini sejalan dengan USD 3 yang dilaporkan dalam KPMG, (2019) yang merupakan perkiraan untuk khusus Lombok saja.

Tempat pembuangan sampah menurunkan nilai tanah di sekitarnya, karena banyaknya ketidaknyamanan seperti bau, lindi/rembesan kimia, dan hama. Dengan mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan sampah, melakukan daur ulang mengurangi kebutuhan untuk membuka tempat pembuangan tambahan. Untuk memperkirakan biaya ini, kami menilai pengurangan nilai tanah yang terkait dengan pengadaan TPA baru dengan spesifikasi yang sama dengan lokasi di Kebon Kongkok yaitu seluas 5,4 hektar dan kapasitas 951.860 m³ (Abdullah, Hidayat dan Sholehah, 2020). Sebuah analisis dari lokasi TPA yang berbeda di Jatibarang, Jawa Barat, mencatat bahwa nilai tanah meningkat sebesar 6,7% untuk setiap penambahan jarak 100m dari TPA (Dedi et al. tidak ada tanggal). Dengan asumsi nilai tanah berkisar antara USD 10 sampai 20 per m² di pedesaan di Lombok, informasi di atas dapat digunakan untuk memperkirakan kehilangan nilai tanah yang terkait dengan TPA. Biaya berdasarkan jarak dari TPA digambarkan seperti di berikut ini. Meskipun biaya per m² yang tertinggi adalah yang paling dekat ke lokasi TPA, namun luasan yang terkena dampak lebih sedikit. Semakin jauh jarak dari TPA berarti mengurangi biaya ketidaknyamanan per m² secara linier tetapi luas tanah yang terkena dampak meningkat secara kuadrat seiring bertambahnya jarak yang digambarkan dengan bentuk parabola di berikut ini. Kisaran biaya keseluruhan adalah USD 25 juta hingga USD 52 juta tergantung pada asumsi nilai tanah.

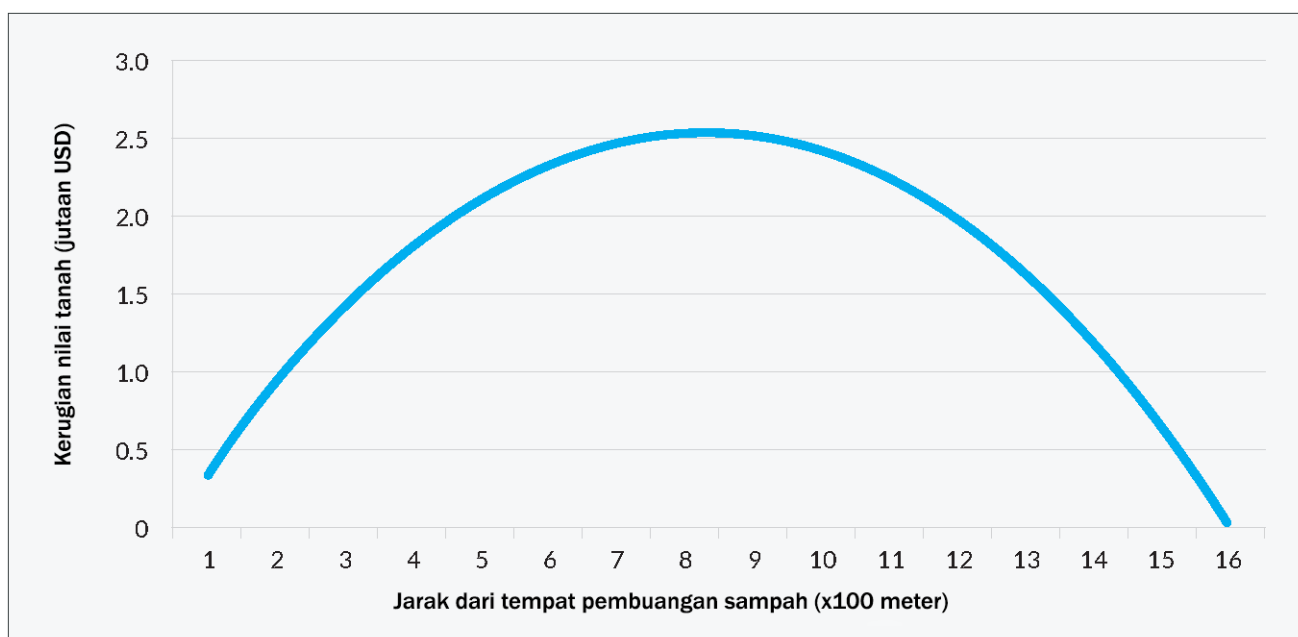
Dengan kapasitas 951.860 m³ dan kepadatan rata-rata plastik 0,9 g / cm³, TPA berukuran seluas Kebon Kongkok dapat menampung 1.057.000 ton plastik. Oleh karena itu, biaya per ton plastik yang masuk ke TPA adalah USD 20 hingga USD 50 (hingga USD 10 terdekat).

¹¹ Meskipun Indonesia dapat dikategorikan negara dengan pendapatan menengah-atas, Lombok dikategorikan berpendapatan rendah-menengah bila diandaikan sebagai negara tersendiri.

Pembakaran sampah di udara terbuka (Biaya per ton = USD 30 - 50 bila menggunakan bahan bakar solid; USD 400-800 menggunakan bahan bakar bersih)

Gangguan kesehatan akibat pembakaran sampah plastik bergantung pada seberapa banyak emisi udara dari pembakaran yang terhirup oleh penduduk sekitar. Indikator yang disebut intake fractions (iF) sering diterapkan untuk memperkirakan kerusakan kesehatan dari emisi udara. Apte et al (2012) menyajikan intake fractions untuk penyebaran emisi permukaan tanah di kota-kota di seluruh dunia dengan populasi lebih dari 100 ribu. Intake fractions bervariasi mulai kurang dari 10 bagian per juta (parts per million, ppm) di banyak kota kecil dengan sirkulasi udara yang baik hingga 260 ppm di Dhaka, Bangladesh. Untuk polusi partikulat (particulate matter, PM), ini berarti penduduk menghirup sebanyak 10-260 gram PM per ton emisi PM.

Gambar 7: Kehilangan nilai lahan berdasarkan jarak ke TPA dengan asumsi nilai lahan USD 20 per m².



Sumber: Perkiraan penulis

Di Indonesia angka intake fractions berkisar antara 10-30 ppm di banyak kota sekunder hingga 90 ppm di Jakarta dan 200 ppm di Pekanbaru (Apte et al, 2012). Ukuran intake fractions sangat tergantung pada kepadatan penduduk dan sirkulasi udara atau ventilasi. Intake fractions sebesar 20 ppm diterapkan untuk daerah perkotaan Lombok dan intake fractions sebesar 10 ppm di daerah pedesaan karena kepadatan penduduk pedesaan yang relatif tinggi.

Emisi dari pembakaran sampah plastik mengandung berbagai polutan termasuk PM, dan terutama PM_{2.5}, merupakan polutan yang dampaknya terhadap kesehatan sudah banyak dibuktikan. Hubungan antara paparan PM_{2.5} dan andilnya dalam enam gangguan kesehatan (penyakit jantung, stroke, Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK), kanker paru-paru, infeksi saluran pernapasan bawah (lower respiratory infections, LRI), dan diabetes tipe II) dari GBD 2019 diterapkan dalam laporan ini (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020). Hal ini mungkin menghasilkan perkiraan konservatif untuk gangguan kesehatan dari pembakaran sampah plastik karena emisi dari plastik juga mencakup banyak polutan beracun lainnya (Verma et al, 2016).

Kerusakan kesehatan akibat PM_{2.5} tidak hanya tergantung pada besaran intake fractions, tetapi juga pada total paparan PM_{2.5} dari semua sumber. Ini karena fungsi respons kesehatan terhadap paparan PM_{2.5} di GBD berbentuk cekung/concave, yaitu, bertambahnya efek kesehatan lebih kecil pada tingkat paparan yang lebih tinggi daripada pada tingkat paparan yang lebih rendah (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020). Ini berarti bahwa rumah tangga yang menggunakan bahan bakar padat untuk memasak dan keperluan rumah tangga (sehingga menghadapi tingkat paparan PM_{2.5} yang tinggi) akan mengalami lebih sedikit efek kesehatan tambahan akibat terpapar emisi PM_{2.5} yang berasal dari pembakaran plastik dibandingkan rumah tangga yang tidak menggunakan bahan bakar padat.

Oleh karena itu, berdasarkan perbedaan besaran intake fractions dan total tingkat paparan PM2.5, kerusakan kesehatan per ton pembakaran plastik diperkirakan untuk empat situasi yang berbeda, yaitu dua situasi di perkotaan dan dua di pedesaan (Tabel 3). PM2.5 di udara sekitar ditetapkan pada 20 µg/m³ di daerah perkotaan dan 15 µg / m³ di daerah pedesaan.¹² Total paparan untuk rumah tangga yang menggunakan bahan bakar padat untuk memasak ditetapkan pada 150 µg/m³.

Tabel 4: Pengaturan populasi untuk estimasi kerusakan kesehatan akibat pembakaran sampah plastik

Situasi tempat pembakaran plastik	Rumah tangga pengguna bahan bakar padat	intake fraction	Total paparan PM2.5
Perkotaan	Tidak	20	20
Perkotaan	Ya	20	150
Pedesaan	Tidak	10	15
Pedesaan	Ya	10	150

Biaya gangguan kesehatan berkisar antara USD400 - 680 per ton plastik yang dibakar di pedesaan dan perkotaan di rumah tangga yang tidak menggunakan bahan bakar padat untuk memasak (Tabel 6). Hal ini terjadi pada sebagian besar rumah tangga di perkotaan dan dua pertiga rumah tangga di pedesaan di Nusa Tenggara Barat (Tabel 5). Perbedaan biaya kerusakan kesehatan antara daerah pedesaan dan perkotaan terutama karena intake fractions yang lebih rendah di daerah pedesaan.

Tabel 5: Persentase rumah tangga pengguna bahan bakar padat untuk memasak di NTB dan Indonesia

Menggunakan bahan bakar padat?	Nusa Tenggara Barat			Indonesia		
	Perkotaan	Pedesaan	Total	Perkotaan	Pedesaan	Total
Ya	18,9	34,7	28,5	7,6	38,0	23,1
Tidak	81,1	65,3	71,5	92,4	62,0	76,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Sumber: Survei Demografi dan Kesehatan 2017 (Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional, dkk. 2018). Di tingkat Indonesia, penggunaan semua jenis bahan bakar padat (batubara, lignit, arang, kayu, jerami/semak/rumput dan tanaman pertanian) dilaporkan. Di tingkat Nusa Tenggara Barat, hanya penggunaan kayu yang dilaporkan dalam data.

Biaya kerusakan kesehatan berkisar antara USD 30-50 per ton plastik yang dibakar di daerah pedesaan dan perkotaan di mana rumah tangga menggunakan bahan bakar padat untuk memasak (Tabel 6). Perbedaan biaya kerusakan kesehatan antara daerah pedesaan dan perkotaan terutama disebabkan oleh rendahnya intake fractions di daerah pedesaan.

Perbedaan yang besar dalam hal biaya gangguan kesehatan antara daerah yang menggunakan bahan bakar padat dan tidak disebabkan oleh kecekungan dan mendatarnya fungsi antara paparan - akibat kesehatan dari PM2.5, yaitu rumah tangga yang menggunakan bahan bakar padat mengalami penambahan gangguan yang lebih kecil akibat emisi PM2.5 yang berasal dari pembakaran plastik dibandingkan rumah tangga yang tidak menggunakan bahan bakar padat.

Di beberapa daerah di perkotaan dan pedesaan, sebagian rumah tangga yang menggunakan dan sebagian rumah tangga lainnya yang tidak menggunakan bahan bakar padat untuk memasak. Oleh karena itu, rata-rata total tingkat paparan di area ini akan berada di antara tingkat paparan udara sekitar pada angka 15-20 µg/m³ dan pada angka 150 µg/m³ di rumah tangga yang menggunakan bahan bakar padat. Oleh karena itu, biaya kerusakan kesehatan juga akan berada di antara yang rendah dan tinggi yang disajikan pada Tabel 6.

12 GBD 2019 menggunakan nilai pembobotan PM2.5 sebesar 19.4 µg/m³ untuk populasi perkotaan dan pedesaan secara nasional.

Tabel 6: Biaya kerusakan kesehatan dari pembakaran sampah plastik secara terbuka

Situasi tempat pembakaran plastik	Rumah tangga pengguna bahan bakar padat?	Biaya gangguan kesehatan (US\$ per ton plastik)
Perkotaan	Tidak	680
Perkotaan	Ya	50
Pedesaan	Tidak	400
Pedesaan	Ya	30

Catatan: Kerusakan kesehatan diperkirakan berdasarkan koefisien emisi PM2.5 dari 20 kg/ton plastik, seperti yang diperkirakan oleh Yan et al (2016)

Biaya kerusakan kesehatan per ton plastik yang dibakar (C_p) adalah:

$$C_p = I_p / I_T * C_T$$

dimana I_p adalah PM2.5 yang terhirup dari satu ton plastik yang dibakar (g/ton); I_T adalah PM2.5 yang terhirup per 1 µg/m³ paparan PM2.5 tahunan (g/tahun); dan C_T adalah biaya kerusakan kesehatan per 1 µg/m³ paparan PM2.5 tahunan (US\$/tahun). Paparan PM2.5 dapat berupa konsentrasi udara luar di lingkungan sekitar atau konsentrasi polusi udara rumah tangga.

Kita juga mengetahui:

$$I_T = A * Q * P_T$$

di mana A adalah peningkatan paparan PM2.5 tahunan (dalam hal ini: 1 µg/m³); Q laju pernapasan (365 hari * 14,5 m³/hari/ orang)¹³; dan P_T adalah populasi yang terpapar PM2.5. Selanjutnya,

$$C_T = V_D * D_T = V_D * P_T * b_T * PAF$$

di mana V_D adalah biaya satu kematian atau nilai dari menghindari satu kematian (yaitu, nilai kehidupan secara statistik (value of statistical life, VSL)); D_T adalah kematian tahunan yang terkait dengan peningkatan 1 µg/m³ paparan PM2.5 tahunan; b_T adalah basis tingkat kematian dalam populasi (dengan demikian $P_T * b_T$ adalah basis kematian tahunan), dan PAF adalah fraksi yang disebabkan populasi dari basis kematian tahunan yang terkait dengan peningkatan 1 µg/m³ paparan PM2.5 tahunan.

Biaya kerusakan kesehatan per ton plastik yang dibakar adalah:

$$C_p = V_D * I_p * b_T * PAF / (1 * Q)$$

dengan C_p dihitung untuk setiap jenis efek kesehatan yang terkait dengan paparan PM2.5, yaitu, menggunakan enam efek kesehatan utama dari GBD 2019. V_D dihitung dari data Bank Dunia (2016) sebesar USD 343.505 untuk Indonesia pada tahun 2019. b_T berasal dari data GBD tahun 2019 untuk Nusa Tenggara Barat.

Lebih lanjut lagi, PM2.5 yang terhirup dari satu ton plastik yang dibakar (g/ton) adalah:

$$I_p = iF * e * 1000$$

di mana iF adalah apa yang disebut intake fractions (ppm) dan e adalah koefisien emisi (kg/ton plastik).

PAF dihitung berdasarkan risiko relatif (relative risks, RRs) dari enam efek kesehatan utama akibat paparan PM2.5 yang disediakan oleh GBD 2019. PAF dan biaya kerusakan kesehatan dihitung untuk masing-masing dari empat pengaturan dan untuk perubahan tambahan total paparan PM2.5 disajikan pada Tabel 4.

Pembuangan di darat (Biaya per ton = USD 60 hingga USD 150)

Hanya ada sedikit bukti mengenai dampak pembuangan plastik di darat di luar tempat pembuangan resmi. Untuk merepresentasikan biaya pembuangan di darat, digunakan rata-rata nilai rendah dan tinggi untuk kehilangan nilai tanah yang terkait dengan TPA (USD 60 hingga 120) dan biaya lingkungan dari kebocoran ke dalam air (USD 60 hingga USD 290). Dasar pemikirannya adalah pembuangan di darat menghasilkan kombinasi kehilangan nilai lahan dan kehilangan ekosistem. Meskipun ini merupakan hal yang paling tidak tepat diperkirakan di antara semua jalur lain, dampak yang dihasilkannya memiliki nilai terkecil dari sisi % sampah plastik, sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil.

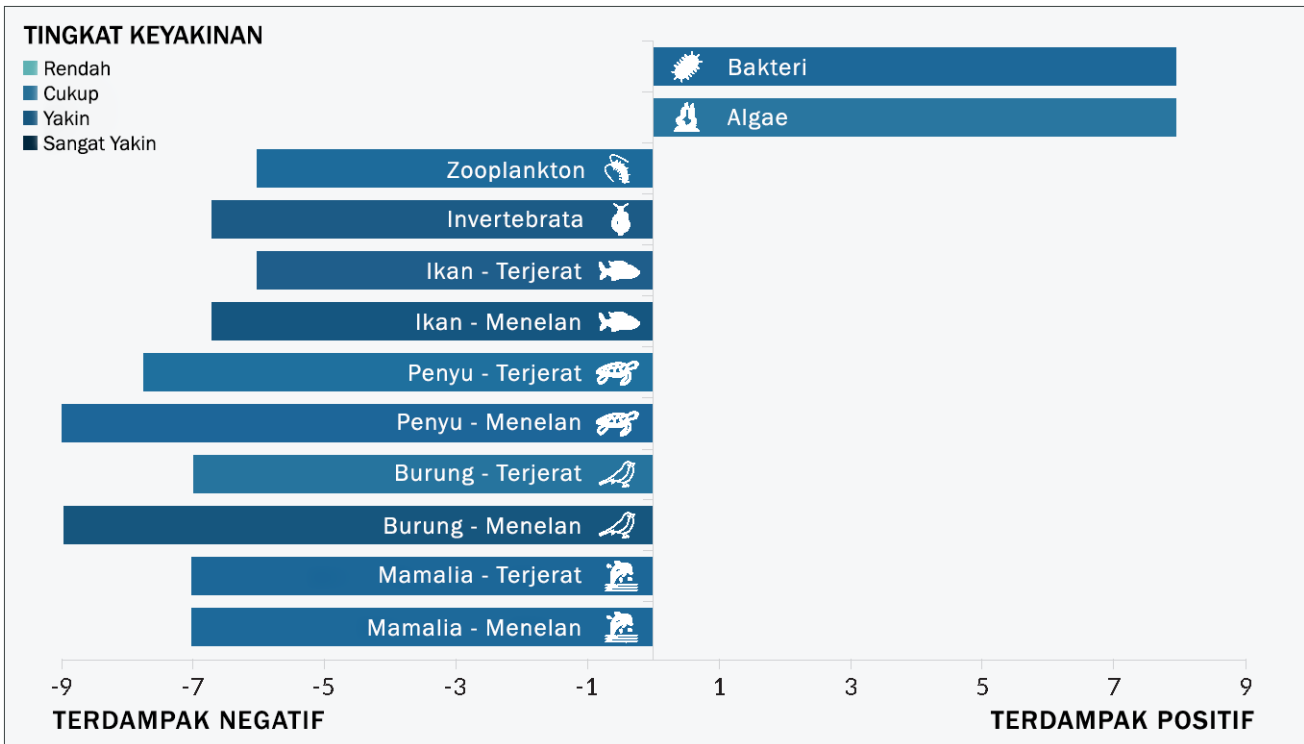
13 Ini adalah nilai yang umumnya diterapkan untuk laju pernafasan dalam populasi (lihat Apte et al. 2012)

Kebocoran ke saluran air (Biaya per ton = USD 60 hingga USD 290)

Plastik yang berakhir sebagai polusi di saluran air menghasilkan biaya ekologi, sosial, dan ekonomi yang cukup besar (Macquarie Group, 2020). Polusi plastik membayakan hewan laut (Galloway, Cole dan Lewis, 2017). Ulasan oleh Beaumont et al. (2019) menunjukkan bahwa hampir semua hewan laut, kecuali bakteri dan ganggang, mengalami dampak berulang yang tidak dapat diperbaiki, dan berakibat luas dari polusi plastik baik melalui konsumsi maupun terjat. Pencemaran plastik mengurangi nilai jasa ekosistem berbasis air, mempengaruhi kuantitas dan kualitas makanan sumber hewani (Sussarellu et al., 2016; Galloway, Cole dan Lewis, 2017), hewan dan lingkungan yang bernilai budaya (Beaumont et al. ., 2019), mata pencaharian nelayan kecil dan perikanan rakyat (Phelan et al., 2020) dan daya tarik pariwisata (Ballance, 2000; Jang et al., 2014).

Seperti yang dijelaskan dalam Beaumont et al. (2019), pengetahuan saat ini tentang dampak kesejahteraan dari polusi plastik laut sangat terbatas. Terkait hal itu, hanya ada beberapa perkiraan biaya yang diakibatkan polusi plastik. Beaumont dkk. (2019) memperkirakan penurunan 1-5% dalam nilai jasa ekosistem laut, dengan biaya global per ton polusi plastik dalam kisaran USD 3.300 hingga 33.000 (angka tahun 2007) berdasarkan data tahun 2011. Angka ini didasarkan pada perkiraan agregat layanan ekosistem global di lautan terbuka yang disajikan dalam Costanza et al., (2014) dibagi dengan perkiraan stok polusi laut pada tahun 2011. Menyesuaikan dengan konteks saat ini berdasarkan rasio PDB per kapita (paritas daya beli, purchasing power parity, PPP) untuk Lombok terhadap dunia, kisaran setara untuk Lombok adalah sebesar USD 1.020 hingga USD 10.190 dalam angka saat ini.

Deloitte, (2019) adalah studi yang lainnya yang memperkirakan biaya ekonomi pencemaran plastik terhadap sungai. Berfokus pada kehilangan pendapatan untuk pariwisata dan perikanan, serta biaya pembersihan, studi ini mengidentifikasi biaya sebesar USD 6 hingga 19 miliar untuk 87 negara pesisir. Data dari *dashboard* per-negara¹⁴ yang menyertai studi ini mencatat biaya sebesar USD 200 juta hingga USD 900 juta per tahun untuk Indonesia. Nurhati dan Cordova, (2020) mensurvei beberapa penelitian dan mencatat angka perkiraan tengah sebesar 520.000 ton plastik yang masuk ke lautan dari sungai-sungai di Indonesia pada tahun 2019. Biaya tahunan adalah fungsi dari stok plastik di lautan di sekitar Indonesia dan bukan alirannya. Namun, tidak jelas partikel apa dari plastik di lautan yang akan berdampak pada tiga item biaya yang disebutkan dalam laporan Deloitte. Beberapa plastik yang masuk ke laut terdegradasi menjadi mikroplastik, sebagian berada di sekitar pantai dan beberapa terbawa ke laut dalam. Agaknya



Sumber : Beaumont et al. (2019) nilai -9 berarti berdampak mematikan atau hampir mematikan dan berskala global, berulang, dan tidak dapat dikembalikan seperti asalnya.

14 <https://theoceancleanup.com/the-price-tag-of-plastic-pollution/>

hanya plastik yang tidak terdegradasi di dekat pantai yang mempengaruhi biaya yang disebutkan dalam Laporan Deloitte, secara khusus mencatat bahwa untuk Indonesia 90% dari biaya yang timbul adalah untuk pembersihan. Lebreton, Egger and Slat, (2019) mencatat bahwa mungkin 50 juta ton dari 130 juta ton plastik dunia yang telah memasuki perairan sejak 1950 tetap sebagai makro-plastik di garis pantai dengan usia antara 0-15 tahun. Ini menunjukkan bahwa sekitar 3,1 juta ton plastik di dekat garis pantai yang mengakibatkan atas sebagian besar biaya. Dalam kasus Lombok ini ditunjukkan biaya per ton plastik sebesar USD 60 hingga USD 290, dua kali lipat lebih kecil dari perkiraan dari Beaumont et al. (2019).

Terakhir, UNEP, (2014) memperkirakan biaya sampah plastik yang masuk ke perairan dunia mencapai USD 13 miliar. Angka ini menjelaskan berbagai bahaya termasuk emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi, hilangnya pendapatan untuk perikanan, budidaya dan pariwisata, dampak pada kehidupan laut dan lindi kimia di dalam air. Mengingat bahwa angka ini mendekati nilai tengah dalam laporan Deloitte, penilaian yang didapatkan untuk Lombok akan menjadi sekitar USD 180 per ton.

Mengingat beberapa ketidakpastian tersebut, laporan ini mengadopsi angka yang dilaporkan dalam Deloitte (2019) dan UNEP (2014), dan bukannya nilai yang jauh lebih tinggi dari Beaumont et al. (2019).

Referensi

- Abdullah, T., Hidayat, N. R. and Sholehah, H. (2020) 'The Potential of Methane Gas as an Alternative Energy Source in Kebon Kongok Landfill', *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(3), pp. 334–343. doi: 10.14710/presipitasi.v17i3.334-343.
- Apte, J., Bombrun, E., Marshall, J., and Nazaroff, W. (2012). Global Intraurban Intake Fractions for Primary Air Pollutants from Vehicles and Other Distributed Sources. *Environ. Sci. Technol.*, 46: 3415–23.
- Bagby, E. et al. (2016) 'Niger IMAGINE Long-Term Evaluation', p. 172.
- Ballance, A., Ryan, P. G. and Turpie J. K. (2000) 'How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa', *South African Journal of Science*, 96(5), pp. 210–213. doi: 10.10520/AJA00382353_8975.
- Barrett, P. et al. (2019) *The Impact of School Infrastructure on Learning: A Synthesis of the Evidence*. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-1378-8.
- Beaumont, N. J. et al. (2019) 'Global ecological, social and economic impacts of marine plastic', *Marine Pollution Bulletin*, 142, pp. 189–195. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.03.022.
- Costanza, R. et al. (2014) 'Changes in the global value of ecosystem services', *Global Environmental Change*, 26, pp. 152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
- Deloitte (2019) *The price tag of plastic pollution An economic assessment of river plastic*. Netherlands.
- Duflo, E. (2004) 'The medium run effects of educational expansion: evidence from a large school construction program in Indonesia', *Journal of Development Economics*, 74(1), pp. 163–197. doi: 10.1016/j.jdeveco.2003.12.008.
- Dunga, S. H. (2013) 'An Analysis of the Determinants of Education Quality in Malawi: Pupil Reading Scores', *Mediterranean Journal of Social Sciences*. doi: 10.5901/mjss.2013.v4n4p337.
- Evans, D. K. and Yuan, F. (2019) *Equivalent Years of Schooling: A Metric to Communicate Learning Gains in Concrete Terms*. World Bank, Washington, DC. doi: 10.1596/1813-9450-8752.
- Galloway, T. S., Cole, M. and Lewis, C. (2017) 'Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem', *Nature Ecology & Evolution*, 1(5), pp. 1–8. doi: 10.1038/s41559-017-0116.
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 396: 1223–49.
- HEI. (2020). State of Global Air 2020. Health Effects Institute. Boston MA. www.stateofglobalair.org
- Jang, Y. C. et al. (2014) 'Estimation of lost tourism revenue in Geoje Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea', *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), pp. 49–54. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.02.021.
- Kaza, S. et al. (2018) *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648 -1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
- Kazianga, H. et al. (2019) *The Medium-Term Impacts of Girl-Friendly Schools: Seven-Year Evidence from School Construction in Burkina Faso*. w26006. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, p. w26006. doi: 10.3386/w26006.
- KPMG (2019) *Lombok: Prefeasibility studies on RE solutions*. Report for the Embassy of Denmark, Jakarta.

- Lebreton, L., Egger, M. and Slat, B. (2019) 'A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean', *Scientific Reports*, 9(1), p. 12922. doi: 10.1038/s41598-019-49413-5.
- Levy, D. et al. (2019) *Impact Evaluation of Burkina Faso's BRIGT Program*. Washington DC: Mathematica.
- Macquarie Group (2020) *Financing waste infrastructure in Indonesia*. City of London, p. 103.
- Mulera, D. M. W. J., Ndala, K. K. and Nyirongo, R. (2017) 'Analysis of factors affecting pupil performance in Malawi's primary schools based on SACMEQ survey results', *International Journal of Educational Development*, 54, pp. 59–68. doi: 10.1016/j.ijedudev.2017.04.001.
- National Population and Family Planning Board (BKKBN), Statistics Indonesia (BPS), Ministry of Health (Kemenkes), and ICF. 2018. *Indonesia Demographic and Health Survey 2017*. Jakarta, Indonesia: BKKBN, BPS, Kemenkes, and ICF.
- Nurhati, I. S. and Cordova, M. R. (2020) 'Marine plastic debris in Indonesia: Baseline estimates (2010-2019) and monitoring strategy (2021-2025)', *Marine Research in Indonesia*, 45(2). doi: 10.14203/mri.v45i2.581.
- Phelan, A. (Any) et al. (2020) 'Ocean plastic crisis—Mental models of plastic pollution from remote Indonesian coastal communities', *PLOS ONE*, 15(7), p. e0236149. doi: 10.1371/journal.pone.0236149.
- Robinson, L. A. et al. (2019) *Reference Case Guidelines for Benefit-Cost Analysis in Global Health and Development*, p. 126. Available at: <https://cdn1.sph.harvard.edu/wp-content/uploads/sites/2447/2019/05/BCA-Guidelines-May-2019.pdf>.
- Sawamoto, A. and Marshall, J. H. (2020) *Infrastructure, Learning Complements, and Student Learning: Working Together for a Brighter Future*. Washington DC: World Bank.
- Sussarellu, R. et al. (2016) 'Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(9), pp. 2430–2435. doi: 10.1073/pnas.1519019113.
- UNEP (2014) *Valuing Plastic: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry*. United Nations Environment Program.
- Verma, R., Vinoda, K.S., Papireddy, M., and Gowda, A.N.S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35: 701 – 708.
- World Bank (2010) *The Education System in Malawi*. Edited by M. Brossard, D. Coury, and M. Mambo. The World Bank. doi: 10.1596/978-0-8213-8198-4.
- World Bank. (2016). Methodology for valuing the health impacts of air pollution: Discussion of challenges and proposed solutions. Prepared by Urvashi, N. and Sall, C. World Bank. Washington DC. USA.
- World Bank (2018) *Indonesia Marine Debris Hotspot Rapid Assessment*. World Bank.
- World Economic Forum (2020) *Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan National Plastic Action Partnership*. Geneva.
- Yan, F., Zhu, F., Wang, Q., and Xiong, Y. 2016. Preliminary study of PM2.5 formation during municipal solid waste incineration. *Procedia Environmental Sciences*, 31: 475 – 481.
- Yubilianto (2020) 'Return to education and financial value of investment in higher education in Indonesia', *Journal of Economic Structures*, 9(1), p. 17. doi: 10.1186/s40008-020-00193-6.

