

## **Pengelolaan Bank Sampah dan Implementasi Pembakaran Minim Asap di Desa Mandah, Lampung Selatan**

**Muhammad Ifan Saputra<sup>1</sup>, Nadia Julian Putri<sup>2</sup>, Daffa Alizar Dzaky<sup>3</sup>, Muhammad Diaz Afif Athallah Saputra<sup>4</sup>, Wina Ayu Costarica<sup>5</sup>, Patricia Setio Naully<sup>6</sup>, Yogi Asrian Nugraha<sup>7</sup>**

*<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Universitas Lampung, Indonesia*

*Received : 16 April 2026, Revised : 22 April 2026, Published : 28 April 2026*

### **Corresponding Author**

**Nama Penulis:** Nadia Julian Putri

**E-mail:** [nadiajulian@eng.unila.ac.id](mailto:nadiajulian@eng.unila.ac.id)

### **Abstrak**

Permasalahan sampah rumah tangga di tingkat desa masih menjadi tantangan akibat rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah dan mengelola sampah secara tepat, serta kebiasaan pembakaran terbuka yang memicu polusi udara. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui program ini bertujuan untuk membangun sistem pengelolaan sampah melalui integrasi Bank Sampah dan implementasi alat pembakaran minim asap di Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Metode yang digunakan adalah pendekatan partisipatif melalui tiga tahapan yaitu persiapan berupa penyediaan fasilitas pemilahan dan pembakaran sampah, tahap pelaksanaan yaitu sosialisai edukatif dan demonstrasi langsung, serta evaluasi kualitatif deskriptif. Hasil kegiatan yaitu terbangunnya fasilitas bak pemilahan sampah dan satu unit alat pembakaran minim asap. Hasil luaran secara non-fisik, terjadi pemahaman dan perilaku masyarakat yang signifikan, diantaranya masyarakat mulai memilah sampah anorganik yang bernilai ekonomis untuk ditabung di bank sampah, dan masyarakat mulai menyadari bahaya emisi gas buang sehingga penggunaan alat pembakaran minim asap diperuntukkan untuk pemusnahan sampah residu. Sinergi kedua kegiatan ini terbukti efektif dalam menekan volume sampah, menciptakan sirkulasi ekonomi, serta menjaga kesehatan lingkungan.

**Kata kunci** – bank sampah, desa mandah, pengelolaan sampah terpadu, pembakaran minim asap, pemberdayaan masyarakat

### **Abstract**

Household waste management at the village level remains a significant challenge due to the lack of public awareness in properly sorting and managing waste, compounded by the prevalent practice of open burning that triggers air pollution. This community service program aims to establish an integrated waste management system by combining the establishment of a Waste Bank and the implementation of a smokeless incinerator in Mandah Village, Natar District, South Lampung Regency. The method employed a participatory approach comprising three main stages : preparation, which involved providing waste sorting and incineration facilities; implementation, conducted through educational outreach and direct demonstrations ; and a descriptive qualitative evaluation. The physical outcomes of this program included the construction of waste sorting bins and the provision of one smokeless incinerator unit. In terms of non-physical outcomes, there was a significant transformation in community understanding and behavior. Residents began sorting economically valuable inorganic waste to be deposited in the waste bank and developed an awareness of the hazards of toxic gas emissions, understanding that the smokeless incinerator is strictly intended for the disposal of residual waste. The synergy of these two initiatives has proven effective in reducing waste volume, stimulating a circular economy, and

preserving environmental health.

**Keywords** - waste bank, mandah village, integrated waste management, smokeless incinerator, community empowerment

**How To Cite** : Saputra, M. I., Putri, N. J., Dzaky, D. A., Saputra, M. D. A. A., Costarica, W. A., Naully, P. S., & Nugraha, Y. A. (2026). *Pengelolaan Bank Sampah dan Implementasi Pembakaran Minim Asap di Desa Mandah, Lampung Selatan*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 4(2), 503 - 509. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v4i2.4295>

**Copyright** ©2026 Muhammad Ifan Saputra, Nadia Julian Putri, Daffa Alizar Dzaky, Muhammad Diaz Afif Athallah Saputra, Wina Ayu Costarica, Patricia Setio Naully, Yogi Asrian Nugraha

## PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi tantangan utama dalam pembangunan berkelanjutan di Indonesia, khususnya pada wilayah pedesaan yang belum memiliki sistem pengelolaan sampah terpadu. Peningkatan jumlah penduduk serta aktivitas konsumsi masyarakat menyebabkan timbunan sampah rumah tangga terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023), komposisi sampah nasional didominasi oleh sampah organik dan plastik yang sebagian besar belum terkelola secara optimal. Akibat dari penanganan sampah yang kurang baik khususnya pada limbah plastik akan menyebabkan masalah lingkungan seperti pencemaran air, tanah, serta menjadi sumber emisi gas rumah kaca yang dapat memperparah terjadinya perubahan iklim (Nada et al., 2020; Rasyid & Hasibuan, n.d.) Kondisi tersebut diperparah oleh rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah sejak dari sumbernya, hal tersebut pada akhirnya menimbulkan masalah bau tidak sedap dan potensi gangguan kesehatan lingkungan (Miftahul Khoir et al., 2025).

Salah satu pendekatan strategis dalam pengelolaan sampah berbasis masyarakat adalah melalui pembentukan bank sampah. Bank sampah merupakan sistem pengelolaan kolektif yang mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan pemilahan, sekaligus memberikan nilai ekonomi (Asteria & Heruman, 2016). Program pengabdian yang sudah dilaksanakan sebelumnya membuktikan bahwa bank sampah menjadi salah satu solusi yang berpotensi besar sebagai *social enterprise* yang dapat meningkatkan taraf perekonomian warga (Halid et al., 2022), terutama hal ini didukung juga dengan pelatihan inovasi produk daur ulang kreatif (Dwicahyani et al., 2022; Komalasari et al., 2024). Implementasi ini terbukti mampu meningkatkan kesadaran lingkungan, mengurangi volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (Widyasari & Tohani, 2020). Meskipun berdampak positif, daya serap bank sampah terhadap total produksi sampah harian warga masih terbatas (Auliani, 2020), sehingga tetap menyisakan sampah sisa (residu) yang harus dikelola agar tidak ada penumpukan sampah.

Di sisi lain, praktik pembakaran sampah secara terbuka (*open burning*) masih banyak dilakukan masyarakat desa sebagai solusi instan untuk memusnahkan sisa sampah tersebut. Namun, pembakaran terbuka menghasilkan emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida yang berdampak buruk terhadap kualitas udara dan kesehatan pernapasan (Wiedinmyer et al., 2014). Untuk menyiasati hal tersebut, diperlukan inovasi teknologi sederhana seperti alat pembakaran minim asap yang dirancang untuk mengurangi emisi serta meningkatkan efisiensi proses pembakaran (Tawaf & Ayu, 2024). Implementasi teknologi ini telah terbukti efektif menghasilkan pembakaran dengan panas tinggi yang lebih efisien (Amelia et al., 2024; Fahmi Yahya & Agustya Ningrum, 2023). Bahkan teknologi ini mampu mengurangi produksi asap hingga 70% serta mempercepat proses reduksi sampah secara signifikan (Anggraini et al., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, program Kuliah Kerja Nyata (KKN) One Action Product di Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan mengintegrasikan pendirian bank sampah dan pembuatan alat pembakaran minim asap sebagai upaya pengelolaan sampah terpadu berbasis masyarakat. Sinergi dari kedua program ini dirancang agar saling melengkapi, dan program ini

diharapkan dapat menjadi solusi aplikatif dalam menekan volume sampah, meningkatkan kesadaran lingkungan, serta menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan di tingkat desa.

## METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan oleh tim Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung di Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2026. Sasaran dalam kegiatan ini adalah masyarakat umum Desa Mandah, perangkat desa, serta tokoh perwakilan warga yang diundang dalam kegiatan peresmian dan sosialisasi program.

Metode pelaksanaan kegiatan ini dirancang secara partisipatif dan terstruktur, dimana metode ini terbagi ke dalam tiga tahapan utama, diantaranya:

### 1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, tim melaksanakan observasi dan koordinasi intensif dengan perangkat desa guna menentukan lokasi fasilitas Bank Sampah dan lokasi pelaksanaan peresmian. Selain itu, tahap ini juga mencakup pengadaan sarana fisik pendukung, seperti penyediaan tempat penyimpanan sampah terpilah. Pada tahap ini juga dilakukan perancangan dan perakitan alat pembakaran minim asap yang memanfaatkan material bata ringan (*Hebel*) dengan sistem pembakaran tertutup (*closed-system burning*) untuk menekan emisi gas buang.

### 2. Tahap Pelaksanaan

Implementasi program direalisasikan dengan kegiatan peresmian Bank Sampah yang diintegrasikan dengan kegiatan sosialisasi dan edukasi masyarakat. Materi sosialisasi mencakup penjelasan mengenai mekanisme kerja Bank Sampah, tata cara pemilahan sampah rumah tangga, serta sistem administrasi berupa pencatatan dan penimbangan sampah. Untuk memastikan transfer teknologi berjalan optimal, kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi atau praktik langsung pengoperasian alat pembakaran minim asap. Kegiatan ini dilakukan agar masyarakat mampu memahami standar operasional prosedur (SOP) penggunaan alat secara aman, efektif, dan aplikatif.

### 3. Tahap Evaluasi

Evaluasi capaian program diukur melalui pendekatan kualitatif. Pengumpulan data evaluasi dilakukan melalui observasi partisipatif untuk melihat tingkat keterlibatan masyarakat selama acara, dokumentasi kegiatan, serta sesi diskusi interaktif untuk mengukur pemahaman masyarakat terhadap materi yang disampaikan. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara kualitatif deskriptif, dan dilakukan analisis untuk mengevaluasi efektivitas pelaksanaan program. Evaluasi ini melihat respons dan antusiasme masyarakat terhadap inovasi yang diperkenalkan, serta dapat merumuskan potensi keberlanjutan program secara mandiri oleh desa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1.

Proses Pembuatan Bak Pemilahan Sampah

Pelaksanaan program di Desa Mandah, Lampung Selatan menghasilkan luaran fisik dan non-fisik yang terintegrasi. Luaran fisik, tim telah mendirikan fasilitas pendukung berupa bak pemilahan sampah yang dapat dilihat pada gambar 1 dan satu unit alat pembakaran minim asap yang dapat dilihat pada gambar 2. Luaran secara non-fisik, terjadi transformasi pemahaman warga terkait sistem pengelolaan sampah terpadu melalui kegiatan sosialisasi yang dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 2.**  
Alat Pembakaran Minim Asap



**Gambar 3.**  
Sosialisasi Program dan Edukasi Pemilahan Sampah

Langkah awal dalam integrasi program ini adalah edukasi dan pendirian fasilitas Bank Sampah untuk masyarakat Desa Mandah. Evaluasi kualitatif dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi masyarakat sebelum dan sesudah program diimplementasikan yang disajikan pada tabel 1.

**Tabel 1.**

Perbandingan Kondisi Partisipasi Warga pada Bank Sampah

No	Aspek	Kondisi Sebelum Program	Kondisi Setelah Program (Capaian)
1	Pemahaman Bank Sampah	Masyarakat belum mengetahui konsep, manajemen, dan manfaat Bank Sampah.	Masyarakat memahami konsep, memahami alur penyeteran, penimbangan, dan pencatatan saldo sampah.
2	Perilaku pemilahan	Sampah rumah tangga dibuang bercampur dalam satu wadah.	Sebagian masyarakat mulai memilah sampah anorganis di bak pemilahan sampah yang telah disediakan.

3	Persepsi nilai ekonomi	Sampah hanya dianggap sebagai limbah buangan yang tidak berharga.	Tumbuh kesadaran dari masyarakat bahwa sampah anorganik memiliki nilai jual ekonomi.
---	------------------------	---	--

Berdasarkan capaian pada tabel 1, pendirian Bank Sampah di Desa Mandah terbukti mampu mengubah perilaku masyarakat dalam memandang limbah rumah tangga. Kondisi di awal, dimana ketiadaan sistem yang belum terorganisir membuat masyarakat terbiasa membuang dan membakar semua sampah sekaligus tanpa ada pemilahan terlebih dahulu. Namun, pasca sosialisasi dan penyediaan bak pemilahan sampah, terjadi pergeseran paradigma oleh masyarakat dan mulai memandang sampah anorganik sebagai sumber daya yang memiliki nilai jual.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Asteria & Heruman, 2016) yang menyatakan bahwa Bank Sampah merupakan instrumen pemberdayaan efektif untuk mengubah perilaku masyarakat dari pola kumpul-angkut-buang, berubah menjadi pola pemilahan sejak dari sumbernya. Edukasi berbasis demonstrasi terbukti mempercepat literasi masyarakat mengenai skema ekonomi sirkular. Motivasi ekonomi yang tumbuh menjadi daya tarik utama yang berhasil menarik partisipatif aktif warga untuk meyetorkan sampah secara berkala.

Meskipun Bank Sampah berhasil mereduksi volume sampah anorganik, permasalahan sampah residu yang tidak dapat didaur ulang tetap memerlukan solusi teknis. Perubahan pemahaman dan praktik masyarakat terkait penanganan sampah residu dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.**

Perbandingan kondisi Pengelolaan Sampah Residu pada Program Pembakaran Minim Asap

No	Aspek	Kondisi Sebelum Program	Kondisi Setelah Program (Capaian)
1	Praktik Pembakaran Sampah	Pembakaran dilakukan secara terbuka di pekarangan dan menghasilkan asap tebal.	Pembakaran mulai dialihkan menggunakan alat minim asap dengan sistem tertutup.
2	Pemahaman emisi gas buang	Kurang memahami dampak buruk asap terhadap kesehatan.	Masyarakat menyadari bahaya pembakaran sampah secara terbuka dan pentingnya mengurangi polusi udara.
3	Pengelolaan sampah residu	Semua jenis sampah dibakar tanpa dipilah terlebih dahulu.	Pembakaran dibatasi hanya sampah residu yang dibakar.
4	Keterampilan teknis	Tidak mengenal teknologi pembakaran sampah yang efisien.	Masyarakat mampu mengoperasikan alat pembakaran minim asap sesuai standar keamanan.

Tabel 2 menunjukkan bahwa sebelum adanya pengelolaan sampah yang efisien, masyarakat Desa Mandah terbiasa membakar semua jenis sampah tanpa melakukan pemilahan terlebih dahulu, dimana hal ini bersesiko menghasilkan emisi gas beracun. Melalui implementasi alat pembakaran minim asap ini menjadi alternatif bagi masyarakat untuk pemusnahan residu yang lebih ramah lingkungan. Pengenalan teknologi ini efektif dalam meningkatkan kesadaran warga mengenai bahaya emisi karbon monoksida akibat pembakaran konvensional (Wiedinmyer et al., 2014). Berdasarkan hasil penerapan teknologi pembakaran minim asap, alat dengan sistem tertutup ini mampu menekan produksi asap secara signifikan dan mempercepat proses reduksi sampah melalui pemusatan suhu pembakaran.

Secara keseluruhan kegiatan ini berhasil menanamkan prinsip bahwa pembakaran minim asap diposisikan sebagai langkah akhir. Masyarakat memahami bahwa alat tersebut tidak menggantikan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), melainkan menjadi solusi terbaik bagi sampah residu yang tidak dapat didaur ulang. Sinergi dari kedua program ini menciptakan ekosistem pengelolaan sampah terpadu yang aplikatif di tingkat pedesaan

## KESIMPULAN

### Kesimpulan :

Program One Action Product berupa pendirian Bank Sampah dan pembuatan alat pembakaran minim asap di Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan telah terlaksana dengan baik melalui kegiatan peresmian dan sosialisasi kepada masyarakat. Kegiatan ini memberikan peningkatan pemahaman warga mengenai pentingnya pemilahan sampah, mekanisme kerja bank sampah, serta dampak negatif pembakaran sampah secara terbuka terhadap lingkungan dan kesehatan.

Pendirian Bank Sampah menjadi langkah awal dalam membangun sistem pengelolaan sampah yang lebih terorganisir dan berbasis partisipasi masyarakat. Masyarakat mulai memahami bahwa sampah anorganik memiliki nilai ekonomis apabila dikelola dengan baik. Sementara itu, pengenalan alat pembakaran minim asap memberikan alternatif solusi yang lebih ramah lingkungan untuk menangani sampah residu yang tidak dapat didaur ulang.

Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan sosialisasi dan demonstrasi langsung efektif dalam meningkatkan kesadaran serta mendorong perubahan perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah. Keberlanjutan program sangat bergantung pada konsistensi operasional bank sampah, dukungan perangkat desa, serta komitmen masyarakat dalam menerapkan praktik pengelolaan sampah yang telah diperkenalkan.

### Saran :

Berdasarkan hasil pelaksanaan program, disarankan agar Pemerintah Desa Mandah dapat memberikan dukungan lanjutan melalui regulasi desa dan alokasi dana untuk pemeliharaan fasilitas serta penambahan unit alat pembakaran minim asap agar menjangkau area yang lebih luas. Selain itu, pengurus Bank Sampah perlu menjaga konsistensi operasional dan terus mendampingi warga agar kebiasaan memilah sampah dari rumah tetap berjalan secara mandiri. Untuk penyempurnaan pada program pengabdian selanjutnya, diharapkan ada integrasi kegiatan pengelolaan sampah organik, misalnya melalui pelatihan pembuatan pupuk kompos, sehingga sistem pengelolaan sampah terpadu di Desa Mandah dapat mencakup seluruh jenis limbah dan berjalan semakin komprehensif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Allah SWT yang senantiasa kami panjatkan karena hanya dengan rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan pengabdian ini. Kami juga banyak mendapatkan dukungan dari berbagai pihak yang telah menyumbangkan pikiran, waktu, tenaga, dan sebagainya. Oleh karena itu, pada kesempatan yang baik ini kami mengucapkan terima kasih kepada: Universitas Lampung, BP KKN Universitas Lampung, Kepala Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung, Masyarakat Desa Mandah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung serta Seluruh Rekan – Rekan KKN Universitas Lampung Periode I Tahun 2026 Desa Mandah yaitu Irmalia Anggraini, Taufiq Mardatila Abriyansyah, Carissa Deffa Hartomo, Anas Tassya Belinda, Syalisa Farahdiba Aufa Rafiqi, Fakhria Yosa Adinda, Euis Sephira Caesar, Iqbal Jangkung Kesuma, Martdiana Richa Nurmayanti, Ariel Naufal Syah, serta Muhammad Faiz Hafidz.

## DAFTAR PUSTAKA

- Putri, E. A. P., Suryadi, N. F. N., Al Cameel, M. T., & Fitri, S. A. (2024). Optimalisasi Pengelolaan Sampah Dengan Alat Pembakaran Minim Asap Di RW 007 Desa Waluya. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 5(2), 1-9. <https://proceedings.uinsgd.ac.id/index.php/proceedings/article/view/4624>
- Anggraini, A., Bariroh, R., Syaifullah, A. Y., Fauzi, F. A., Putri, N. A., Elysia, M. N., & Adriano, F. (2025). Implementasi Smokeless Burning Sebagai Alternatif Pengelolaan Sampah Minim Asap Di Desa

- Tengger Kidul Kecamatan Pagu Kediri. *RENATA: Jurnal Pengabdian Masyarakat Kita Semua*, 3(3). <https://doi.org/10.61124/1.renata.238>.
- Asteria, D., & Heruman, H. (2016). Bank sampah sebagai alternatif strategi pengelolaan sampah berbasis masyarakat di Tasikmalaya. *Jurnal manusia dan lingkungan*, 23(1), 8. <https://doi.org/10.22146/jml.18783>
- Auliani, R. (2020). Peran Bank Sampah Induk dalam Pengelolaan Sampah Kota Medan. *Jurnal Abdidas*, 1(5), 330–338. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v1i5.80>.
- Dwicahyani, A. R., Radityaningrum, A. D., Novianarenti, E., & Ningsih, E. (2022). Peningkatan pengelolaan bank sampah melalui program pengabdian kepada masyarakat di bank sampah wilayah Simojawar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Aplikasi Teknologi*, 1(1), 22-29. <https://doi.org/10.31284/j.adipati.2022.v1i1.2555>
- Yahya, M. F., & Ningrum, D. A. (2023). Inovasi alat pembakaran sampah tanpa asap metode rocket stove. <https://doi.org/10.51804/ajpm.v5i2.16395>
- Halid, A., Yulianto, K., & Saleh, M. (2022). Strategi Pengelolaan Bank Sampah di NTB. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 8. <https://doi.org/10.53625/jirk.v1i8.1187>
- Nurmasari, N., Komalasari, E., Muliando, B., Nurman, N., & Amrillah, M. F. (2024). Pelatihan inovasi bank sampah plastik untuk peningkatan pendapatan ekonomi masyarakat di bank sampah puan sari mandiri. *Jurnal ADAM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 35-40. <https://doi.org/10.37081/adam.v3i1.1714>.
- Khoir, U. M., Wahyuni, A. T., Putri, A. D., Vembry, A., Kartikaningsih, H., Salsabila, S. P., ... & Muhammad, D. W. (2025, May). Pengelolaan sampah anorganik melalui alat pembakar sampah alternatif untuk mewujudkan lingkungan sehat. In *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat* (Vol. 8, No. 1).
- Nada, E., Alkhajar, S., & Luthfia, R. (2020). Daur Ulang Sampah Plastik Sebagai Mitigasi Perubahan Iklim. *Penamas Adi Buana*, 4(1), 61–64. <https://doi.org/10.36456/penamas.vol4.no1.a2524>
- Hasibuan, M. R. R. (2023). *Manfaat Daur Ulang Sampah Organik Dan Anorganik Untuk Kesehatan Lingkungan*. DOI:10.31219/osf.io/yb42t
- Tawaf, N., & Ayu, W. (2024). Rancang Bangun Alat Pembakar Sampah Ramah Lingkungan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Riset Kajian Teknologi & Lingkungan*, 7(2), 269–279. <http://e-journalppmunsa.ac.id/index.php/jrktl>
- Widyasari, R., & Tohani, E. (2020). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengelolaan Sampah Di Bank Sampah Dhuawar Sejahtera, Dusun Kroco, Sendangsari, Pengasih, Kulon Progo. *Journal of Society and Continuing Education*, 1, 22–31.
- Wiedinmyer, C., Yokelson, R. J., & Gullett, B. K. (2014). Global emissions of trace gases, particulate matter, and hazardous air pollutants from open burning of domestic waste. *Environmental Science and Technology*, 48(16), 9523–9530. <https://doi.org/10.1021/es502250z>.