



PERBAIKAN PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH KEBUN DI GAMPONG MEUNASAH PAPEUN KABUPATEN ACEH BESAR

IMPROVING HOUSEHOLD AND GARDEN WASTE MANAGEMENT IN MEUNASAH PAPEUN VILLAGE, ACEH BESAR DISTRICT

Hafidh Hasan^{1*}, Sri Haryani², Zainabun², Sri Wahyuni³, Hamny Sofyan³

¹ Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

² Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

³ Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Penulis korespondensi: hafidh.hasan@usk.ac.id

Abstrak

Permasalahan sampah di Kabupaten Aceh Besar telah berlangsung cukup lama yang bermuara dari kurangnya infrastruktur kebersihan dibandingkan dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas warganya. Karenanya jumlah sampah yang tidak tertangani terus meningkat tiap tahun. Gampong Meunasah Papeun (GMP) sebagai salah satu desa dalam Kabupaten Aceh Besar juga menghadapi persoalan sama, di mana fasilitas dan kapasitas unit Pengelola Kebersihan Gampong (PKG) tidak dapat mengejar pertumbuhan sampah warga. Sampah yang tidak tertangani tersebut berakhir di tempat pembuangan liar atau dibakar warga, sehingga mengurangi kenyamanan dan kualitas lingkungan gampong. Dalam program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini dilakukan pendekatan untuk mengurangi sampah warga melalui pendidikan dan pelatihan pemilahan sampah dan pengomposan. Sampah dipilah ke dalam tiga kategori: organik, non-organik, dan residu. Sebagian sampah organik dikomposkan dan sisanya menjadi residu. Sampah non-organik dipilah dalam kelompok yang dapat didaur ulang dan residu. PKM ini dilakukan dengan bekerjasama dengan Bank Sampah USK (BSU) untuk menampung sampah daur ulang. Akhirnya hanya sampah residulah yang akan diambil oleh petugas PKG untuk dibuang ke tempat pembuangan akhir. Dari kegiatan tersebut, warga yang terlibat berhasil mengurangi sampahnya antara sepertiga sampai lebih separuhnya. Keuntungan lainnya adalah tambahan penghasilan dari kegiatan daur ulang yang disetorkan ke BSU.

Kata kunci: daur ulang; non-organik; organik; pengomposan; residu

Abstract

The waste problem in Aceh Besar District has been going on for quite some time now, which root cause can be tracked back to the lack of waste collection and treatment facilities compared to its residents' waste growth. Therefore, the amount of untreated waste continues to increase. Meunasah Papeun Village as one of the villages in Aceh Besar District also faces the same problem, where the facilities and capacity of the Village Waste Management Unit (VWM) cannot keep up with the growth of residents' waste. Untreated waste ends up in illegal dumps or is burned by residents. This has reduced the comfort and quality of the village environment. In this Community Development Program (CDP), an approach was taken to reduce the waste that ended up in landfills through education and training on recycling and composting. The process sorted waste into three categories: organic, non-organic and residual waste. Some organic waste was composted and the rest became residue. Non-organic waste was sorted into recyclable and residual groups. This CDP was carried out in collaboration with Bank Sampah USK (BSU) to collect residents' recyclable waste. The residual was collected by VWM to be sent into the landfill. The residents who participated in these activities were able to cut their waste from a third to more than half. The extra money from recycling that was deposited into BSU was an additional advantage.

Keywords: composting; non-organic; organic; recycling; residue



Article ID 38598 | Submitted 12-05-2024 | Revision 26-05-2024 | Accepted 07-06-2024
Copyright (c) 2024

Pendahuluan

Gampong Meunasah Papeun (GMP) termasuk wilayah dalam Kabupaten Aceh Besar yang mengalami pertumbuhan penduduk sangat pesat. Faktor utama pertumbuhan tersebut adalah urbanisasi yang terlihat dari banyaknya pembangunan perumahan baru di GMP. Beberapa faktor yang mendorong pertumbuhan penduduk adalah lokasi GMP yang berbatasan langsung dengan Banda Aceh dan dekat dengan pusat pendidikan di Darussalam dan pusat perdagangan di Ulee Kareng. Pertumbuhan penduduk ini juga berdampak kepada peningkatan volume sampah rumah tangga. Namun karena secara administrasi berada di bawah Aceh Besar, GMP pun terimbas dengan persoalan sampah yang tidak terangkut dan tertangani yang terjadi sudah cukup lama.

Penanganan sampah di Aceh Besar berada dalam kewenangan Dinas Lingkungan Hidup

(DLH). Namun ada ketimpangan antara jumlah armada pengangkut dan pengolahan sampah dibandingkan dengan jumlah sampah yang dihasilkan warga (Serambi News 2021). Untuk meringankan beban DLH maka disediakan bak-bak sampah (**Gambar 1**) yang disebar dekat pemukiman. Kapasitas bak yang tidak sesuai dengan jumlah penduduk dan waktu penjemputan yang tidak setiap hari menyebabkan sampah melimpah dan warga pun memilih membuang di tempat sampah liar atau membakar sampahnya yang menimbulkan permasalahan kepada terganggunya kenyamanan dan ketenteraman pada masyarakat sekitar. Permasalahan pengelolaan sampah ini bukan hanya monopoli Aceh Besar, banyak wilayah lain di Indonesia yang menghadapi masalah yang serupa (Riswan et al. 2011; Ratya dan Herumurti 2017; Ramon dan Afriyanto 2017).



Gambar 1. Fasilitas bak sampah sementara DLH Aceh Besar tidak mampu menampung sampah warga.

Setiap tahun terjadi peningkatan sampah di Aceh Besar (BPS Aceh 2023), tidak terkecuali di GMP. Berangkat dari kebutuhan untuk mengelola sampah-sampah tersebut, pada tahun 2019 dibentuklah unit Pengelola Kebersihan Gampong (PKG) oleh perangkat gampong di GMP. Bermodalkan dua buah becak roda tiga (VIAR) yang diterima dari program *corporate social responsibility* (CSR) dari Bank Aceh dan Garuda Indonesia. PKG beroperasi melalui swadaya

masyarakat. Becak tersebut digunakan untuk menjemput sampah warga yang dioperasikan oleh dua pelaksana lapangan yang dikoordinir oleh seorang koordinator. Koordinator bertugas merekrut keanggotaan warga untuk menggunakan jasa PKG dan mengumpulkan iuran bulanan. **Tabel 1** menguraikan jangkauan pelayanan dan jumlah pelanggan yang menggunakan jasa PKG. Saat ini hanya sekitar 75% rumah tangga yang dilayani PKG.

Tabel 1. Pembagian pelaksana lapangan serta wilayah tanggung jawab pelayanan dan jumlah pelanggan unit kebersihan di Gampong Meunasah Papeun

Armada	Becak 1	Becak 2
Wilayah Pelanggan	Dusun Puklat dan Dusun Lampaseh	Dusun Lampee dan Ujong Blang
Jumlah Pelanggan	200 Rumah Tangga 50 Ruko Ibadah, Ruko, dll	150 Rumah Tangga 30 Rumah ibadah, Ruko, dll
Frekuensi Pengambilan	2 kali seminggu	2 kali seminggu



Gambar 2. A) Tempat sampah liar di sekitar pemukiman warga B) Pembakaran sampah di tempat sampah liar

Kurangnya pengetahuan di masyarakat menjadi akar permasalahan bagi kebersihan lingkungan menurut (Han et al. 2018). Adanya warga yang membuang sampahnya sembarangan menciptakan tempat-tempat sampah liar. Jika sudah menumpuk sampah kemudian dibakar (lihat **Gambar 2**). Umumnya warga menganggap itu adalah hal yang biasa tanpa pengetahuan bahwa hal tersebut dapat menimbulkan gangguan kenyamanan dan ketenteraman dalam bentuk (Widiarti 2012; Hasibuan 2016):

1. Bau tidak sedap.
2. Gangguan kesehatan.
3. Sampah berserakan oleh angin dan saat hujan mengalirkan air lindi.
4. Berpotensi menimbulkan banjir.
5. Polusi tanah oleh bahan berbahaya dan beracun (B3).

Begitu juga warga tidak mengetahui bahwa tindakan membakar sampah berdampak negatif kepada kesehatan warga. Menurut (Subekti 2010; Hasibuan 2016) berikut adalah berikut dampak negatif dari membakar sampah:

1. Menurunkan kandungan oksigen dalam darah.
2. Partikel debu ukuran 10 μm dari asap akan mengendap di paru-paru.
3. Pembakaran plastik melepaskan dioksin yang dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh, gangguan saraf dan cacat lahir.
4. Beberapa plastik mengandung *phosgene* penyebab penyakit edema paru berupa kesulitan bernapas bahkan sampai gagal jantung.
5. Bahan melamin yang terbakar melepaskan formalin penyebab kanker.
6. Resiko kebakaran.

Apalagi pada saat basah, misalnya karena hujan, pembakaran menjadi tidak sempurna dan menghasilkan banyak gas CO (karbon

monoksida) yang lebih berbahaya dari CO₂ (karbon dioksida). Ada lagi sampah kebun seperti batang dan dahan pohon, apabila dibakar akan mengeluarkan zat benzopyrene yang memiliki kemampuan berinteraksi dengan sel manusia untuk memicu terjadinya mutasi sel yang dapat menjadi kanker (Darmawati 2011; Zhang et al. 2013).

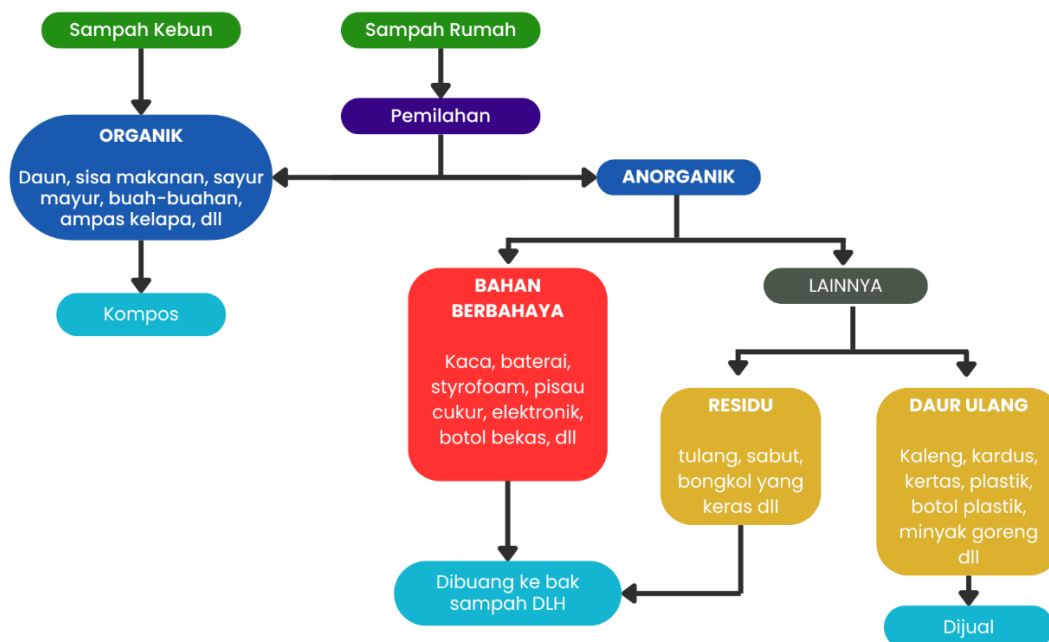
Merujuk kepada Undang-undang Lingkungan Hidup No.23 Tahun 1997, bahwa tanggung jawab terhadap pengelolaan lingkungan dimulai dari warga negara (Presiden RI 1997). Karena itu kesadaran masyarakat adalah faktor utama dan melalui kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini mencoba menggugah kesadaran warga GMP untuk berperan aktif menyelesaikan masalah sampah di Aceh Besar umumnya dan di gampong khususnya. Bentuk partisipasi warga yang terbukti dapat mengurangi produksi sampah di tingkat rumah tangga adalah melalui kegiatan pengomposan dan daur ulang (Anwar et al. 2018; Maharani et al. 2019). Sisa sampah yang tidak dapat dikomposkan dan didaur ulang menjadi residu. Residu inilah yang akan dijemput oleh armada PKG yang jumlahnya lebih sedikit dibandingkan tanpa pemilahan. Untuk menerapkannya kepada warga dilakukan melalui pendidikan dan pelatihan langsung. Untuk daur ulang, PKM ini melibatkan Bank Sampah USK (BSU).

Metode

Kegiatan Sampah merupakan masalah besar yang perlu ditanggulangi dengan benar dan tepat. Setiap tahunnya di Aceh Besar terjadi peningkatan produksi sampah (BPS Aceh 2023) sebagai dampak dari peningkatan aktivitas manusia dan pertumbuhan penduduk. Sementara fasilitas armada dan pengelolaan sampah tidak banyak meningkat (Serambi News 2021). Oleh karenanya, permasalahan ini harus

mengikutsertakan masyarakat menjadi bagian dari solusi. Bentuk keikutsertaan masyarakat dapat diilustrasikan dalam diagram **Gambar 3**, dimana masyarakat berperan memilah sampah

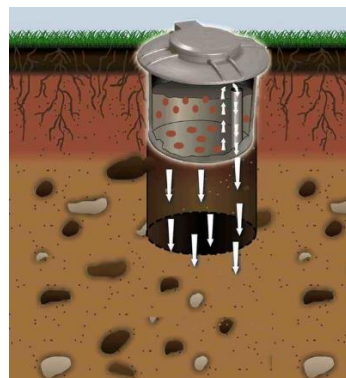
ke dalam dua kategori, yaitu organik dan anorganik. Sampah anorganik selanjutnya dapat dibagi lagi menjadi sampah yang dapat di daur ulang dan bahan berbahaya dan beracun atau B3.



Gambar 3. Diagram proses pengelolaan sampah program PKM, bagian yang di arsir adalah aktivitas pemilahan yang dilakukan warga.

Pelaksanaan ini akan dilakukan dalam skala percontohan yang melibatkan beberapa warga. Warga yang terlibat diberikan peralatan: ember pengomposan, tempat sampah daur ulang dan jerigen untuk minyak jelantah. Bahan organik yang berasal dari sampah dapur dan sisa makanan akan diproses menjadi kompos. Sistem pengomposan menggunakan ember yang diberi lubang di bagian bawahnya dan ditanamkan sebagian ke dalam tanah seperti diilustrasikan oleh **Gambar 4**. Ember ini ditanam di pekarangan rumah warga. Sampah kebun dapat disertakan untuk proses pengomposan. Dengan dilubangi maka organisme yang ada di dalam tanah akan masuk ke dalam ember mempercepat proses penguraian. Setiap rumah peserta sekurang-kurangnya memiliki dua ember pengomposan agar aktivitas proses pengomposan tidak terhenti. Kompos yang dihasilkan dapat digunakan untuk berkebun atau dijual sebagai penghasilan tambahan. Kompos yang bermutu dapat dijual sekurang-kurangnya 2 ribu rupiah per kilo. Untuk sampah daur ulang dapat dikumpulkan pada plastik tebal hitam. Sampah-sampah tersebut masih memiliki nilai ekonomi yang dapat dijual jika telah mencukupi beratnya. Sampah daur ulang tersebut dibutuhkan oleh industri tertentu sebagai bahan baku produksi. Harganya berbeda-beda untuk setiap jenis sampah dan fluktuatif sesuai jumlah

permintaan dari industri terkait. Berikut adalah beberapa contoh sampah daur ulang, yaitu: kaleng, kardus, kertas, plastik, botol plastik dan lain-lain. Untuk minyak jelantah dikumpulkan warga dalam jerigen, oleh industri dapat diolah menjadi biodiesel yang memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Sedangkan bahan berbahaya harus diletakkan dalam wadah terbuka yang dapat dilihat oleh petugas armada PKG.



Gambar 4 . Ilustrasi ember pengomposan yang ditanam di pekarangan warga

Untuk menjamin keberhasilan program ini, warga akan diberikan pendidikan dan pelatihan tentang memilah sampah dan cara melakukan pengomposan dalam bentuk praktik langsung.

Program ini penting agar warga memperoleh pemahaman sehingga dapat melaksanakannya dengan mandiri dan dapat mengajarkan ilmunya kepada warga lainnya.

Target Luaran

Sampah organik dan anorganik masih memiliki nilai kemanfaatan jika diperlakukan dengan benar. Kunci utama dari pemanfaatan kembali sampah adalah pemilahan. Dalam pengabdian ini ditargetkan warga untuk dapat melakukan sendiri pemilahan sampah ke dalam tiga kelompok, yaitu: i) sampah organik yang berasal dari sampah kebun dan sampah rumah tangga, ii) sampah anorganik berbahaya yang berasal dari sampah rumah tangga, dan iii) sampah anorganik yang dapat di daur ulang dari sampah rumah tangga. Skala dari pengabdian ini adalah berupa percontohan yang melibatkan beberapa warga yang peduli kepada lingkungan dan mau terlibat sampai berakhirnya program. Warga yang terlibat tersebut akan diberikan penjelasan dalam mengelompokkan sampah sesuai jenisnya.

Untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi dan kebutuhan warga telah dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Survei lapangan melalui pertemuan dan *brainstorming* dengan perangkat gampong, pengurus PKG dan warga untuk menggali kendala dan kebutuhan dalam penanganan sampah.
2. Tim pengabdian menetapkan kendala pengelolaan sampah di GMP, yaitu:
 - a. Peningkatan jumlah sampah tiap tahunnya. Terbatasnya kapasitas bak

sampah dan frekuensi penjemputan sampah oleh DLH Aceh Besar.

- b. Unit PKG hanya melayani sampah rumah tangga.
 - c. Unit PKG tidak melayani sampah kebun.
 - d. Banyaknya warga yang membuang ke tempat sampah liar dan membakarnya.
3. Tim pengabdian menetapkan program pemilahan di level rumah tangga. Sampah dipilah sesuai diagram pada **Gambar 3**.
 4. Melibatkan unit PKG dan perangkat gampong dari awal program.

Program PKM ini melibatkan pengurus PKG sebagai pelaksana kebersihan di GMP, agar memahami proses pemilahan dan selanjutnya mengedukasi warga lainnya.

Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan PKM ini bertujuan menanamkan kesadaran dan tingkat pengetahuan warga dalam mengelola sampah rumah tangga dan kebunnya dengan bijak. Untuk mencapai keberlanjutan program, perangkat gampong dan unit Pengelola Kebersihan Gampong (PKG) dilibatkan dari awal pelaksanaan. Di akhir program telah dilakukan pendidikan dan pelatihan pengelolaan sampah rumah tangga dan kebun, peserta diperkenalkan kepada aktivitas nyata pengelolaan sampah yang baik dan benar. Salah satunya adalah melalui kunjungan ke BSU yang dipimpin oleh ibu Rama Herawati. Kunjungan ini sangat bermanfaat dan mampu meyakinkan peserta melalui menyaksikan langsung kegiatan dan manfaat dari pemilahan sampah (**Gambar 5**).



Gambar 5. a) Ibu Geuchik Meunasah Papeun (pembina PKG) memberikan arahan kepada warga; b) Ibu Rama Herawati pimpinan BSU menjelaskan proses pengomposan; dan c) Geuchik Meunasah Papeun Bapak Hasan Basri memberikan motivasi kepada warga.

Dalam kunjungan tersebut, peserta melihat langsung proses pemilahan sampah ke dalam tiga kategori. Peserta juga ditunjukkan dengan proses pemilahan sampah daur ulang dan memberikan contoh manfaat keekonomiannya yang dapat menjadi pendapatan tambahan. Terakhir adalah sampah residu yang tidak dapat dimanfaatkan lagi. Tahapan-tahapan ini bila dilakukan dapat mengurangi volume sampah

rumah tangga. Sehingga meringankan beban lingkungan dan menghindari dampak buruk dari produksi sampah yang tidak terkendali yang mengancam kehidupan.

Luaran

Seluruh warga dan peserta dari perangkat gampong dan PKG melakukan instalasi minimal dua tempat pengomposan di halaman rumah

masing-masing (**Gambar 6**). Sampah-sampah yang dapat dikompos adalah sampah dapur, sampah kebun, sisa-sisa makanan dan sampah organik lainnya. Peserta mengakui metode pengomposan ini mudah dijalani dan signifikan dalam mengurangi volume sampah residu



Gambar 6. Instalasi ember pengomposan sampah dapur dan kebun di halaman rumah warga.

Peserta juga melakukan pemilahan sampah, antara lain: kertas, karton, kemasan lainnya, plastik, botol sampai dengan minyak jelantah. Program pemilahan ini bekerja sama dengan BSU. Dua manfaat yang diperoleh warga dari proses pemilahan ini adalah: 1) menguangkan atau menukar dengan kompos hasil pilahan, dan 2) mengurangi sampah residu yang berakhir di tempat pembuangan akhir. **Gambar 7** adalah

sampah-sampah daur ulang yang dikumpulkan warga dibawa ke BSU. Kegiatan daur ulang dapat signifikan mengurangi sampah residu sebagai dampak modernisasi yaitu berkurangnya persentase sampah organik dibandingkan nonorganik (Chen et al. 2020). Dari pengakuan peserta, kegiatan pengomposan dan pemilahan sampah ini dapat mengurangi sampah residu rumah tangga sampai lebih dari setengahnya.



Gambar 7. Sampah daur ulang warga yang dibawa ke BSU untuk diuangkan atau ditukar dengan kompos.

Program PKM ini membuktikan dengan pengetahuan maka warga akan memiliki kepedulian terhadap lingkungan. Meskipun kecepatan warga berbeda-beda dalam menyerap dan memahami proses mengurangi sampah, namun semangat kebersamaan dan kelompok membuka kesempatan untuk berdiskusi dan berbagi pengalaman. Diharapkan pengalaman warga yang mengikuti PKM ini dapat memotivasi warga lainnya dan menjadi cerita sukses yang dapat dibagikan ke warga lainnya untuk

mengikuti. Kompos yang nanti dihasilkan warga dapat diaplikasikan ke halaman rumah sebagai pupuk untuk tanaman sayuran maupun tanaman hias. Beberapa manfaat menanam sayuran di pekarangan adalah terhindar dari makanan berpestisida, makanan lebih segar dan bernutrisi, mengurangi pengeluaran rumah tangga, dan penghijauan. **Gambar 8** adalah sayuran yang ditanam di pekarangan BSU menggunakan kompos dari sampah rumah tangga dan sampah kebun.



Gambar 8. Warga melihat langsung pemanfaatan kompos untuk mandiri pangan dari halaman rumah

Kesimpulan

Dalam program PKM ini tim penulis memulai dari mensosialisasikan program kepada perangkat desa GMP dan unit PKG. Tim mendapatkan dukungan penuh dari keduanya dan dibantu dalam merekrut warga untuk mengikuti pelatihan dalam mengelola sampah rumah tangga dan kebun dengan benar. Dari warga yang menjalani program sampai akhir telah merasakan manfaat dari pengomposan dan pemilahan sampah daur ulang dan merasakan bahwa sampah residu di rumah tangga mereka berhasil dikurangi antara 35% sampai dengan 55%. Selain itu warga juga merasakan manfaat lainnya berupa kompos dari sampah organik dan pendapatan tambahan dari sampah daur ulang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Syiah Kuala sebagai pemberi hibah sehingga program ini dapat berjalan. Hibah tersebut dalam skema Pengabdian Kepada Masyarakat Berbasis Produk (PKMBP) sesuai Surat Perjanjian Penugasan No: 476/UN11.2.1/PN.01.01/PNBP/2023.

Daftar Pustaka

- Anwar S, Elagroudy S, Abdel Razik M, Gaber A, Bong CP, Ho WS. 2018. Optimization of solid waste management in rural villages of developing countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20:489-502.
- BPS Aceh, Badan Pusat Statistik. 2023. "Jumlah Timbulan Sampah (M3/Hari)." 2023. <https://aceh.bps.go.id/indicator/155/188/1/jumlah-timbulan-sampah.html>.
- Chen DM, Bodirsky BL, Krueger T, Mishra A, Popp A. 2020. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts.

Environmental Research Letters, 15(7):074021.

- Darmawati E. 2011. Model Distribusi Hasil Pertanian Yang Berdampak Pada Perbaikan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Pangan*, 20(2), 199-208.
- Han Z, Duan Q, Fei Y, Zeng D, Shi G, Li H, Hu M. . 2018. Factors that influence public awareness of domestic waste characteristics and management in rural areas. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 14(3):395-406.
- Hasibuan R. 2016. Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1):42-52.
- Maharani A, Dewilda Y, Darnas Y, Dewata I. 2019. Community-based solid waste management planning in the Administrative Village of Surau Gadang, Padang City. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing*, 314(1):012017.
- Presiden RI. 1997. *Undang Undang No. 23 Tahun 1997 Tentang: Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Ramon A, Afriyanto A. 2017. Karakteristik penanganan sampah rumah tangga di kota Bengkulu. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(1):24-31.
- Ratya H, Herumurti W. 2017. Timbulan dan komposisi sampah rumah tangga di Kecamatan Rungkut Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2):C104-C106.
- Riswan, R., Sunoko, H. R., & Hadiyanto, A. (2011). Pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Daha Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(1), 31-38.
- Serambi News. (2021). *Kepala DLH Aceh Besar: Kebersihan Tanggung Jawab Kita Bersama*. Serambinews.com. <https://aceh.tribunnews.com/2021/05/19/>

- kepala-dlh-aceh-besar-kebersihan-tanggung-jawab-kita-bersama.
- Subekti S. 2010. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga 3R Berbasis Masyarakat. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1):24-30.
- Widiarti IW. 2012. Pengelolaan sampah berbasis “zero waste” skala rumah tangga secara mandiri. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 4(2):101-113.
- Zhang Y, Obrist D, Zielinska B, Gertler A. 2013. Particulate emissions from different types of biomass burning. *Atmospheric Environment*, 72:27-35.