

RANCANG BANGUN ALAT PEMBAKAR SAMPAH RAMAH LINGKUNGAN DALAM PENANGANAN SAMPAH RUMAH TANGGA

Nanang Tawaf^{1*}, Ieke Wulan Ayu²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia

²Pascasarjana Magister Agribisnis, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia

Penulis Korespondensi: tawafnanang@gmail.com

Article Info

Article History

Received: 08 Desember 2024

Revised: 17 Desember 2024

Published: 30 Desember 2024

Keywords

Alat Pembakar Sampah;

Residu;

Rumah Tangga;

Sampah Organik;

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah merancang alat pembakar sampah yang ramah lingkungan dan melakukan pengujian untuk unsur makro, mikro, dan logam berat. Kegiatan dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Desember 2020, dengan tempat penelitian dan pengujian di Perumahan Puri Citra Samawa Blok A.01, Moyo Hilir, Kabupaten Sumbawa. Pengujian sampel residu padat dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Samawa, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Barat. Pengujian kebisingan dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Sumbawa. Kegiatan rancang bangun dilakukan, dengan membuat Rencana Teknik Rinci (RTR) dan uji laboratorium untuk unsur makro, mikro, dan logam berat yang terkandung (pH (H₂O, KCL), EC, N tot, P, K, C, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Al, Na, As dan Hg). Hasil rancangan terdiri dari tungku pembakar, saluran asap, blower, tabung pencampuran, poros penggerak turbin, mesin pompa air, tangki bahan bakar, rangka dudukan mesin, pipa saluran air masuk ke tabung, pipa saluran hisap air ke pompa, turbin, bak penampung air, pipa saluran air keluar dari tabung, pintu masuk sampah pada tungku. Parameter unsur yang memiliki nilai tertinggi pada sampel abu kertas yaitu K Tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia, Cu dan Zn Tersedia. Pada sampel abu sampah organik, unsur tertinggi meliputi Ca Tersedia, dan Mn Tersedia. Pada sampel abu tembakau, meliputi P tersedia, Ca Tersedia, Mn tersedia. Pada sampel abu kayu daun, meliputi P tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia. Pada sampel abu plastik, yaitu K Tersedia, Ca Tersedia, dan Cu Tersedia. Pengolahan residu pembakaran kertas, sampah organik, tembakau, kayu daun dan plastik dapat digunakan lebih lanjut untuk pencampuran bahan bangunan, namun untuk media tanam hanya dapat menggunakan residu pembakaran kertas, sampah organik, tembakau, kayu dan daun.

PENDAHULUAN

Indonesia diperkirakan menghasilkan sampah sekitar 85.000 ton setiap hari, dengan perkiraan kenaikan hingga 150.000 ton dihasilkan per hari pada tahun 2025 (World Bank, 2012). Sampah tidak hanya masalah saat ini, namun juga menjadi masalah di masa mendatang. Permasalahan sampah sangat kompleksitas dan upaya mengurangi dampak dari limbah makanan terus dilakukan (Markard *et al.*, 2012; Martin *et al.*, 2016), sehingga perlu dilakukan pengelolaan secara profesional, termasuk di Propinsi Nusa Tenggara Barat. Data volume sampah di 10 kabupaten/kota di NTB menunjukkan bahwa jumlah sampah 3.388 ton dan belum terkelola mencapai 2.695, 63 ton (83 persen) dari total sampah di NTB (Dinas LHK NTB, 2019). Selain itu masalah biaya operasional yang tinggi dalam pengelolaan sampah, mengakibatkan terbatasnya upaya pemerintah dalam pengelolaan sampah, sehingga harus segera dilakukan upaya pengelolaan yang komprehensif.

Kabupaten Sumbawa merupakan salah satu Kabupaten di Prop. NTB yang telah mengupayakan untuk menangani sampah melalui sarana prasarana pengelolaan sampah, namun mengalami keterbatasan penampungan sehingga menambah beban Tempat Pembuangan Akhir (TPA), dengan jumlah sampah sebesar 63 ton tersebar di 24 kecamatan, dengan jumlah yang dapat dilayani 17, 35 persen, dan 82, 65 persen tidak terlayani (Dinas LHK Kabupaten Sumbawa, 2019). Hartono *et al.* (2019) menjelaskan bahwa hasil identifikasi potensi permasalahan yang berkaitan dengan pengelolaan sampah di wilayah pesisir Desa Labuhan Sumbawa, menunjukkan bahwa peran serta masyarakat masih minim. Masyarakat belum sepenuhnya mendukung pengelolaan sampah, yang terlihat dari perilaku masyarakat dalam membuang sampahnya langsung ke sungai, laut dan pada tempat-tempat yang bukan peruntukannya.

Kegiatan pengurangan sampah bermakna agar seluruh lapisan masyarakat, baik pemerintah, dunia usaha maupun masyarakat luas melaksanakan kegiatan pembatasan timbulan sampah. Kondisi yang ada saat ini, pemilahan dan pengurangan sampah sejak dari sumbernya (rumah tangga) masih kurang memadai, sehingga berbagai gerakan perlu ditingkatkan melalui peranan tokoh masyarakat, Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) ataupun pemerintah. Adanya peralatan penunjang dalam sistem pengelolaan sampah pemukiman atau kota dengan masalah yang komplek, disamping kesadaran masyarakat yang cukup tinggi sangat diperlukan. Hal ini disebabkan oleh salah satu kegiatan praktik penanganan sampah saat ini yang sering dilakukan, adalah dengan cara dibakar diruang terbuka sehingga menghasilkan polusi udara bagi lingkungan. Pembakaran sampah yang tidak menggunakan teknologi tinggi dapat mengakibatkan pada pencemaran dioksin. Senyawa dioksin terbentuk pada pembakaran yang tidak sempurna ($400\text{-}600^{\circ}\text{C}$). Dioksin merupakan jenis gas yang sangat beracun yang dapat memicu pertumbuhan anker dalam sel tubuh manusia. Pengaruh dioksin sangat dipercaya sebagai senyawa beracun, karena dapat menyebabkan kerusakan organ misalnya seperti gangguan hati, jantung, paru-paru, ginjal serta serta mengganggu metabolism yang dapat menyebabkan kerusakan tubuh.

Pada proses pembakaran sampah rumah tangga kuantitas dan konsentrasi residu pembakaran tergantung dari karakteristik sampah, perancangan dan pengoperasian peralatan sistem pembakaran. Residu padat yang dihasilkan pada pembakaran sampah (MSW) mencapai 25-30% massa (Millarth, Roethel dan Kargbo, 2004) yang dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu bottom ash (BA) dan fly ash (FA). Bottom ash sebagian besar terdiri dari bahan anorganik yang tidak mudah terbakar (*non-combustible*). Fly ash merupakan campuran bahan organik dan anorganik yang mempunyai titik didih rendah sehingga pada saat terbakar dapat terikut pada aliran gas buang dalam bentuk *particulate matter* (PM). Residu pembakaran sampah organik rumah tangga selain berupa padatan juga dihasilkan residu cair hasil kondensasi uap air yang terkandung dalam sampah bercampur tar dengan konsentrasi 4.29%. Dampak residu yang ditimbulkan dari pengolahan sampah pada jangka panjang apabila langsung ditimbun adalah terlarutnya kontaminan oleh air (Hjelmar, 1996).

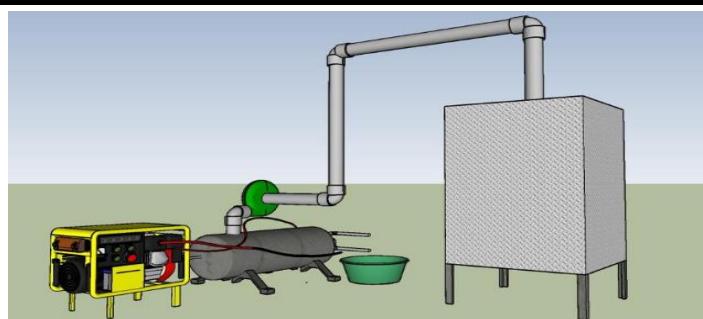
Prinsip utama pemanfaatan atau pengolahan residu adalah mengubah bahan tersebut menjadi stabil sehingga pada kondisi terpapar di atmosfer tidak berbahaya bagi lingkungan. (Quina, Bordado dan Quinta-Ferreira, 2008). Sebagian besar komponen anorganik penyusun utama residu hasil pembakaran adalah Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Cl dan logam berat antara lain Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn, komposisi komponen ini bervariasi tergantung dari jenis sampah yang dibakar (Quina *et al.*, 2007).

Teknologi yang sesuai diterapkan untuk pengolahan abu pembakaran sampah rumah tangga adalah pemanasan dan stabilisasi (s/s) pada pembuatan *concrete* atau tanah liat (lempung) pada pembuatan batu bata. Pemanasan (*solidification / stabilization, s/s*) bertujuan untuk mengikat secara fisika maupun kimia komponen beracun pada limbah menggunakan aditif atau binder. Pada proses pemanasan, biasanya digunakan semen sebagai binder untuk mengikat atau membungkus abu guna mengurangi terlepasnya (*leachability*) kontaminan (Charles *et al.*, 2010). Proses termal dilakukan dengan cara melebur abu pada temperatur 1360°C sampai 1500°C membentuk slag yang mempunyai *leaching value* rendah. Secara teknis sistem ini mudah dilakukan dan ramah lingkungan karena dapat mengurangi tingkat leachability logam berat. Beberapa penelitian terdahulu pemanfaatan abu berdampak positif terhadap lingkungan (Hardjito dan Shen, 2010). Pemanfaatan abu sebagai media tanam dapat dimanfaatkan sebagai unsur-unsur tersedia yang dimanfaatkan oleh pertumbuhan tanaman (Fahrusyah, 2018; Fahrusyah, 2020).

Alat pembakar sampah merupakan salah satu pengembangan alat yang digunakan untuk membatasi timbulan sampah. Pengembangan alat pembakar sampah yang mudah, murah, cepat, serta ramah lingkungan sangat dibutuhkan sebagai upaya mitigasi dari bencana sampah di masa depan dan mewujudkan Pembangunan lingkungan berkelanjutan (sustainable development) dan Kabupaten Sumbawa Zero Waste. Tujuan penelitian ini adalah merancang alat pembakar sampah yang ramah lingkungan, dan melakukan uji laboratorium untuk unsur makro, mikro, dan logam berat yang terkandung (pH (H₂O,KCL), EC, N tot,P,K, C, Ca, Mg, K, Na,Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Al, Na,As dan Hg).

METODE PENELITIAN

Kegiatan rancang bangun alat dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Desember 2020, dengan tempat penelitian dan pengujian di Perumahan Puri Citra Samawa Blok A.01, Moyo Hilir, Kabupaten Sumbawa. Pengujian sampel residu padat dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Samawa, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Barat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Pengujian kebisingan dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Sumbawa. Prosedur kegiatan rancang bangun dilakukan, dengan membuat Rencana Teknik Rinci (RTR (Gambar 2).



Gambar 1 . Desain alat pembakar sampah ramah lingkungan

Alat memiliki tungku pembakar, saluran asap, blower, tabung pencampuran, poros penggerak turbin, mesin pompa air, tangki bahan bakar, rangka dudukan mesin, pipa saluran air masuk ke tabung, pipa saluran hisap air ke pompa, turbin, bak penampung air, pipa saluran air keluar dari tabung, pintu masuk sampah pada tungku, dengan tahapan sebagai berikut:

Tahapan Kegiatan

A. Pembuatan alat

Alat pembakar sampah tanpa asap dibuat dengan material dari besi, pipa, turbin. Kegiatan pembuatan dilakukan dalam beberapa tahap yaitu merancang mesin untuk sirkulasi, melakukan perancangan tungku, ruang penampung asap dan air.

1. Prosedur Pembuatan Alat

Membuat lubang pada plat bagian atas tungku pembakar sebagai corong asap. Membuat lubang pada plat bordes dengan menggunakan mesin gerinda sebesar 3 inch, posisi plat ini dibagian atas tungku pembakar untuk saluran dari ruang bakar menuju pipa saluran sampai tabung pencampuran (Gambar 2).



a. Proses lubang plat untuk corong asap b. Proses pemotongan pipa c. Proses pengelesaan d. Proses pemotongan plat

Gambar 2. Proses Pemotongan Plat

2. Pemotongan Plat

Memotong plat bordes dan pelat eser menggunakan mesin gerinda, penempatan pada posisi sebagai dinding tungku pembakaran. Ukuran plat sebagai dinding 120 cm x 80 cm. dan ukuran alas dan atas tungku pembakar 80 cm x 80 cm. Kemudian pembuatan pintu tungku sebagai corong masuknya sampah dan pintu mengeluarkan residu padat.

3. Pemotongan besi siku

Pemotongan besi siku untuk rangka tungku dan pembuatan pintu tungku serta sebagai penyangga dudukan mesin dan dudukan tabung pencampuran. Ukuran besi siku untuk rangka tungku dengan panjang 150 cm dan 80 cm.

4. Membuat desain tabung pencampuran asap dan air

Membuat desain tabung, dengan terlebih dahulu membuat lubang poros sebesar $\frac{1}{2}$ in dan membuat lubang saluran air keluar dari tabung sebesar $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch. kemudian mendesain pipa 2, 5 inch pada tabung diposisi lubang masuk dari saluran *blower*.

5. Pembuatan ulir

Proses pembuatan ulir pada poros turbin dengan mesin bubut di tempat bengkel bubut (Gambar 3).



Gambar 3. Proses Pembuatan Ulir Poros Turbin

6. Penyambungan rangka

Penyambungan rangka dan dinding tungku menggunakan las listrik jenis SMAW. Penyambungan pipa sesuai dimensi dan desain menggunakan pengelasan sejenis.

7. Membuat penyanga sampah

Membuat penyanga sampah pada posisi didalam tungku pembakar, dengan menggunakan besi beton yang di potong terlebih dahulu sesuai ukuran dan merakitnya dengan menggunakan las listrik (Gambar 4).



Gambar 4. Membuat Penyangga Sampah

8. Pengelasan siku dan pipa besi GI

Pengelasan pada saluran asap menuju tabung pencampuran. Pengelasan siku atau knie pipa GI dengan cara menggunakan las listrik dan pemasangan siku mempunyai tujuan sebagai belokan saluran asap (Gambar 5-7).



Proses pengelasan



Tampak samping



Tungku

Gambar 5. Alat Pembakar Sampah



a. Pengelasan
sambungan pipa



b. Pengaturan
poros turbin



c. Pengecatan alat

Gambar 6. Penyambungan komponen Alat pembakar sampah



Tampak Samping



Tampak Depan

Gambar 7. Rakitan Komponen Alat Pembakar Sampah

B. Tahap Uji laboratorium untuk unsur makro, mikro, dan logam berat yang terkandung (pH (H₂O,KCL), EC, N tot,P,K, C, Ca, Mg, K, Na,Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Al, Na,As dan Hg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Alat Pembakar Sampah Ramah Lingkungan

Spesifikasi alat, sebagai berikut (Gambar 8):

- a. Berat alat pembakaran sampah (Alat Pembakar Sampah Ramah Lingkungan 2) sebesar \pm 368 kg
- b. Daya mesin 5, 8 hp
- c. Putaran mesin 3600 RPM
- d. Merk mesin GX 200 tipe 1 cylinder4 stroke, air cooled
- e. Volume isi tungku pembakaran $1 m^3$
- f. Material tungku pembakaran terbuat dari material baja bordes, baja esser, besi siku, besi pipa GI.
- g. Beban maksimal sampah di ruang pembakaran yaitu \pm 250 kg/m³
- h. Blower 2, 5 inc menggunakan daya listrik 550 watt, Voltase 220 volt
- i. Berat mesin bensin 16 kg, Full capacity 3, 6 liter, Engine oil system capacity 0, 6 liter, Maximum torsi 13, 2 Nm.



Gambar 8. Hasil produk Alat pembakar sampah

Karakteristik Residu Pembakaran Sampah

Sifat kimia merupakan salah satu indikator untuk menentukan tingkat kemampuan dan menunjukkan aktivitas ion yang tidak dilihat secara langsung namun dapat menguji dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Sisa pembakaran (residu) merupakan sisa padatan hasil pembakaran yang terdiri dari *bottom ash* dan *fly ash*. Residu pembakaran sampah organik rumah tangga selain berupa padatan juga dihasilkan residu cair hasil kondensasi uap air. Pengujian alat pembakar sampah ramah lingkungan yang dilakukan terhadap unsur makro, mikro, dan logam berat yang terkandung (pH-H₂O, N-Total, P Tersedia, K Tersedia, Ca Tersedia, Mg Tersedia, Fe Tersedia, Mn Tersedia, Cu Tersedia, Zn Tersedia, Na-Total, Al-Total, Pb-Total, Cd-Total, As, Hg). Analisis abu pembakaran pada beberapa jenis sampah, yaitu: pH-H₂O, N-Total, P Tersedia, K Tersedia, Ca Tersedia, Mg Tersedia, Fe Tersedia, Mn Tersedia, Cu Tersedia, Zn Tersedia, Na-Total, Al-Total, Pb-Total, Cd-Total, As, Hg dengan komposisi komponen bervariasi bertujuan untuk mengetahui parameter kimia setiap abu pembakaran untuk proses pengolahan sampah menjadi produk ramah lingkungan.



Gambar 9. Sampel Abu Hasil Pembakaran

Gambar 9 menunjukkan bahwa hasil analisis penyusun abu pembakaran dari sampah kertas, sampah rumah tangga, tembakau, sampah daun, dan sampah plastik menunjukkan bahwa setiap parameter memiliki nilai yang berbeda, kecuali parameter As dan Cd. Komponen utama penyusun abu hasil pembakaran adalah Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, dan Cl dan beberapa jenis logam berat antara lain Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn (Belevi dan Langmeier, 2000).

Tabel 1. Abu Pembakaran dari Beberapa Jenis Sampah

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian				
			Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV	Sampel V
1	pH-H2O	-	10, 26A	8, 40A	10, 30A	9, 55A	7, 69AA
2	N-Total	%	0, 03S	0, 09S	0, 25S	0, 13R	0, 05SR
3	P Tersedia	Ppm	12, 79S	17, 95T	26, 58ST	51, 99ST	7, 45R
4	K Tersedia	Ppm	59, 84ST	3, 35SR	5, 61SR	42, 59T	56, 79ST
5	Ca Tersedia	Ppm	693, 65ST	687, 17ST	661, 67ST	718, 11ST	635, 34ST
6	Mg Tersedia	Ppm	21, 11S	19, 83S	23, 66T	23, 14T	22, 14S
7	Fe Tersedia	Ppm	6, 77C	1, 57D	11, 11C	79, 32C	77, 97C
8	Mn Tersedia	Ppm	42, 85ST	37, 42ST	86, 95ST	59, 67ST	12, 80T
9	Cu Tersedia	Ppm	15, 16ST	8, 69T	0, 92R	3, 44S	17, 59ST
10	Zn Tersedia	Ppm	52, 72ST	30, 03T	24, 91T	5, 90S	30, 65T
11	Na-Total	%	0, 01SR	0, 00SR	0, 01SR	0, 01SR	0, 01SR
12	Al-Total	%	0, 13	0, 09	0, 11	0, 11	0, 12
13	Pb-Total	%	0, 00BBK	0, 00BBK	0, 00BBK	0, 00BBK	0, 00BBK
				Tidak			
14	Cd-Total	%	29, 70ABK	Terbaca	0, 41BBK	0, 23BBK	0, 07BBK
			Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
15	As	ppm	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
16	Hg	ppm	0, 52DM	0, 41DM	0, 33DM	0, 32DM	0, 32DM

Keterangan:

Sampel 1 : Abu Kertas

Sampel 4 : Abu Kayu dan Daun

Sampel 2 : Abu sampah Organik

Sampel 5 : Abu Plastik

Sampel 3 : Abu Tembakau

A : Alkalitis

T : Tinggi

AA	:	Agak Alkalies	R	:	Rendah
S	:	Sedang	SR	:	Sangat Rendah
ST	:	Sangat Tinggi	C	:	Cukup
M	:	Maksimal	D	:	Defisiensi
DBK	:	Bawah Batas Kritis	ABK	:	Atas Batas Kritis

a. Abu dari Sampah Organik

Pada pengujian menggunakan sampah dari hasil rumah tangga, dan daun, kayu atau ranting pohon sehingga pada sampel abu kertas yaitu K Tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia, Cu dan Zn Tersedia. Pada sampel abu kayu daun, meliputi P tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia.Pada sampel abu sampah organik, unsur tertinggi meliputi. Ca Tersedia, dan Mn Tersedia hal ini dipengaruhi oleh abu dari sampah organik berasal dari makhluk hidup. Berdasarkan jenisnya, sampah organik dapat dibagi menjadi dua, yaitu sampah organik basah dan sampah organik kering.Sampah organik basah ialah sampah yang memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Contoh dari sampah organik basah ialah kulit buah, sisa makanan, dan sisa sayuran. Sementara itu, sampah organik kering adalah bahan organik lain yang kandungan airnya kecil. Contoh sampah organik kering di antaranya kertas, kayu atau ranting pohon, dan dedaunan kering.

b. Abu Tembakau

Setiap jenis tembakau mempunyai kandungan kimia yang berbeda. Abu tembakau kandungan Ca dan K sangat penting untuk dianalisis, dan dari hasil ditunjukkan bahwa sampel abu tembakau, memiliki nilai P tersedia, Ca Tersedia, Mn tersedia yang tinggi hal ini dipengaruhi oleh jenis tanaman tembakau. Pada tembakau virginia FC dibudidayakan dengan pupuk N cukup dan air cukup, sehingga kandungan gula tinggi dan nikotin sedang. Tembakau temanggung dibudidayakan dengan pupuk kandang dan nitrogen tinggi, pangkasawal, kurang air, sehingga nikotin tinggi. Tembakau madura dibudidayakan dengan pupuk N agak rendah, kurang air, pangkasawal, sehingga kadar nikotinnya sedang, gula sedang, tetapi asam organik dan resin tinggi sehingga sangat aromatis. Kandungan nikotin tembakau cerutu rendah. Tembakau lumajang VO ditanam pada tanah berpasir, musim hujan, dosis pupuk N rendah, tidak dipangkas sehingga kadar nikotin rendah.

c. Abu Kayu dan Daun

Abu kayu adalah material (umumnya berupa bubuk) yang tersisa setelah pembakaran kayu. Pada sampel abu kayu daun, memperlihatkan bahwa nilai P tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia sangat tinggi hal ini di sebabkan oleh umumnya, 6-10% massa kayu yang dibakar menghasilkan abu. Komposisi kayu dipengaruhi oleh jenis kayu yang dibakar. Kondisi pembakaran juga mempengaruhi komposisi abu dan jumlah abu yang tersisa; temperatur yang tinggi akan mengurangi jumlah abu yang dihasilkan. Abu kayu mengandung kalsium karbonat sebagai komponen utamanya, mewakili 25-45% massa abu kayu. Kalium terdapat pada jumlah kurang dari 10%, dan fosfat kurang dari 1%. Terdapat juga besi, mangan, seng, tembaga, dan beberapa jenis logam berat. Abu kayu dapat digunakan sebagai pupuk karena mengandung berbagai macam mineral, namun tanpa nitrogen. Keberadaan kalsium karbonat dapat digunakan

untuk menurunkan tingkat keasaman tanah. Kalium hidroksida dapat dibuat dari abu kayu, yang dapat dipakai sebagai bahan pembuat sabun.

d. Abu Plastik

Pemusnahan sampah plastik dengan cara pembakaran (*incineration*), kurang efektif dan beresiko sebab dengan pembakaran munculnya polutan dari emisi gas buang (CO₂, CO, NO_x, dan SO_x) dan beberapa partikulat pencemar lainnya. Namun, pada sampel abu *plastic*, yaitu memiliki K Tersedia, Ca Tersedia, dan Cu Tersedia yang tinggi yang dapat digunakan untuk pengolahan produk bangunan, dengan pengujian lebih lanjut.

Hasil analisis menunjukkan bahwa residu pembakaran kertas, sampah organic, tembakau, kayu daun dan *plastic* dapat digunakan lebih lanjut untuk pencampuran bahan bangunan, namun untuk media tanam hanya dapat menggunakan residu pembakaran kertas, sampah organic, tembakau, kayu daun kertas, sampah organic, tembakau, kayu daun. Penggunaan bahan bangunan yang dibuat dari campuran abu masih memerlukan penelitian lebih lanjut tentang dampak terhadap kesehatan dan lingkungan pada jangka panjang. Sebagai contoh unsur P dan Kalium diuraikan sebagai berikut: Fosfor (P) adalah unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang banyak. Ketersediaan P bagi tanaman menjadi sangat penting karena perannya dalam merangsang pertumbuhan akar terutama pada awal pertumbuhan, pembelahan sel, mempercepat proses pematangan buah, pembentukan bunga, perbaikan kualitas tanaman, dan sebagai pengangkut energi hasil metabolisme dalam tanaman (Erisa *et al.*, 2018).

Ketersediaan P dalam tanah sangat ditentukan oleh bahan induk tanah, masukan bahan organik, pemupukan dan pengapuruan, serta sifat kimia tanah yang lain (Putri, 2019). Kalium (K) berperan dalam proses aktivitas fotosintesis yang tinggi akan meningkatkan asimilat dan enzim akan transfer keseluruh bagian tanaman, antara lain untuk pemanjangan dan pembesaran akar serta batang (Jacob dan Tatipati, 2014).

Kesimpulan

1. Model rancang bangun insinerator dua tahap terdiri dari ruang pembakaran, ruang penampungan asap, pipa filter air, penghisap asap (*blower*) dan cerobong asap.
2. Prinsip kerja alat pembakar sampah tanpa asap merupakan sampah dibakar pada ruang pembakaran kemudian asap pembakaran masuk pada saluran pipa, kemudian diteruskan masuk kedalam tabung berisi air dan di *mixer* dengan turbin. Pencampuran antara asap dan air bersirkulasi kedalam bak penampung air merubah warna air.
3. Alat pembakar sampah ramah lingkungan tahap dua ini dapat membakar sampah \pm 250 kg/m³ atau sesuai dengan volume tungku 1 m³ dalam waktu 45 menit. Hasil luaran adalah residu padat dan cairan.
4. Parameter unsur yang memiliki nilai tertinggi pada sampel abu kertas yaitu K Tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia, Cu dan Zn Tersedia. Pada sampel abu sampah organik, unsur tertinggi meliputi Ca Tersedia, dan Mn Tersedia. Pada sampel abu tembakau, meliputi P tersedia, Ca Tersedia, Mn tersedia. Pada sampel abu kayu daun, meliputi P tersedia, Ca Tersedia, Mn Tersedia. Pada sampel abu plastik, yaitu K Tersedia, Ca Tersedia, dan Cu Tersedia.

5. Pengolahan residu pembakaran kertas, sampah organik, tembakau, kayu daun dan plastik dapat digunakan lebih lanjut untuk pencampuran bahan bangunan, namun untuk media tanam hanya dapat menggunakan residu pembakaran kertas, sampah organik, tembakau, kayu dan daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Belevi, H. dan M.Langmeier. 2000. Factors determining the element behavior in municipal acid waste incinerators 2 laboratory experiments. Enviromental Science & Technology. 34 (12): 2507-2512
- Charles, H., K. Lam, W.M.Alvin, J.P. Barford dan G.McKay. 2010. Use of Incineration MSW Ash: A Review Sustainability. 2. 1943-1968.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Nusa Tenggara Barat. 2021. "Capaian Kinerja Program/Kegiatan TA 2020 dan Rencana kerja TA 2021 & TA 2022." Paparan Presentasi.
- Erisa, D., Munawar.,Zuraida. 2018.Kajian Fraksionasi Fosfor (P) Pada Beberapa Pola Penggunaan Lahan Kering Ultisol di Desa Jalin Jantho Aceh Besar. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 4 (4).
- Fahrusyah, Kusuma, Z., Prasetya, B. 2019. Utilization of Coal Fly Ash and Oil Palm Empty Fruit Bunch Compost to Improve the Uptake of Soil Phosphorus and Yield of Maize Grown on Ultisol. Journal of Ecological Engineering 20 (6), 1-8
- Fahrusyah, Kusuma, Z., Prasetya, B. and Handayanto, E. 2018. Improvement of some chemical properties of an Ultisol of East Kalimantan through an application of combined coal fly ash and oil palm empty fruit bunch. Bioscience Research, 15(3), 1805-1814.
- Hartono, Yadi.,Ayu, I.W., Mardhia, D., Masniadi, R. 2019. Pengelolaan dan Pemanfaatan SampahBerbasis Rumah Tangga pada Masyarakat.Program kerjasama PT. PLN (Persero) UPK Tambora dan LPPM Universitas Samawa. LPPM Universitas Samawa.Sumbawa Besar
- Hjelmar, O. 1996. Waste management in Demark. Waste Manage. 16 (5/6). 389 – 394.
- Jacob, A., Tatipati, A. 2014. Adaptabilitas Jagung Putih Pada Tanah Regosol dan Kambisol yang diberi Kompos Ela Sagu. Buana Sains. 14 (2)
- Markard, J., Raven, R., Truffer, B. 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. Res. Policy: 41(955–967).
- Martin, M., Danielsson, L. Environmental Implications of Dynamic Policies on Food Consumption and Waste Handling in the European Union. Sustainability: 8 (282)
- Millarth, K., F.J.Roethel dan D.M.Kargbo. 2004. Waste-To-Energy Residues- The Search for Beneficial Uses. 12th North American Waste to Energy Conference (NAWTEC 12)
- Putri, H, O., Utami, R, S., Kurniawan, S. 2019. Sifat Kimia Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Ub Forest.Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan. 6 (1) Hal: 1075 - 1081.
- Quina, J.M., J.C.Bordado dan R.M.Quinta-Ferreira. 2008. Review treatment and use of air pollution control residues from MSW incineration. Waste Management. 28: 2097-2121.
- Quina, M.J., R.C.Santos, J.C.M.Bordado dan R.M.Q. Ferreira. 2007. Characterization of air pollution control residues produced in a municipal solid waste incinerator in portugal. J. Hazard. Mater.
- World Bank (2012) What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management.Washington. USA.