

MENGOPTIMALKAN EFISIENSI MESIN PELEMBUT SEBAGAI PENGOLAH AWAL PROSES DAUR ULANG SAMPAH RUMAH TANGGA BERKAPASITAS 3 m³ PER JAM

Sutriyono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus II, Jl. Karanglo Km.2 Malang

ABSTRAK

Hambatan utama dari proses daur ulang sampah rumah tangga, terletak pada pengolahan awal yang meliputi pemisahan dan penghancuran, agar sampah tereduksi menjadi butiran butiran kecil yang homogen. Mesin pelembut, dirancang sebagai pengolah awal yang dapat untuk mereduksi ukuran sampah menjadi potongan-potongan kecil yang homogen. Masalahnya : Bagaimana mengoptimalkan efisiensi mesin pelembut sampah agar berhasil guna sebagai pengolah awal. Efisiensi mesin pelembut diukur dari perbandingan antara volume sampah yang diumpan dengan volume potongan yang dihasilkan tiap jam. Percobaannya dilakukan dua tahap yaitu tahap rancang bangun yang terdiri dari mesin pencacah, pemilah dan pelembut dan uji coba kinerja mesin dengan urutan proses sesuai fungsinya sebagai pengolah awal. Pada percobaan tahap satu bertujuan untuk mengetahui keseimbangan masing masing mesin tanpa beban, dengan variasi putaran rendah, menengah dan maksimal. Di ulang 10 kali dengan waktu 3 jam. Percobaan tahap dua dilakukan untuk mengetahui perbandingan besarnya volume sampah yang diumpan dengan volume keluaran, dengan variasi volume sampah dan ukuran butiran sampah yang dihasilkan dari satu kesatuan proses pengolahan awal. Percobaan tahap satu menunjukkan hasil bahwa keseimbangan pemasangan mesin stabil dan kuat. Karena pada proses uji coba tanpa beban tidak terjadi gangguan dan berdasarkan catatan data pengamatan yang meliputi putaran, daya, dan torsi sesuai dengan karakter masing masing mesin. Percobaan tahap dua, hasil yang didapatkan bahwa mesin pencacah dan pelembut efisiensinya lebih besar jika potongan butiran sampah lebih kasar. Rata-rata efisiensi 80% sampai dengan 86 %, dan untuk mesin pemilah mampu memisahkan 55% sampah organik, 27 % campuran dan 18 % anorganik. Kesimpulan hasil percobaan dari mesin pelembut, bahwa efisiensi mesin lebih baik jika kisi kisi pemotong yang digunakan lebih kasar ukurannya, karena perbandingan volume umpan dan keluaran prosentasenya lebih besar pada putaran menengah 1800 rpm

Kata kunci : Mengoptimalkan efisiensi mesin pengolah awal sampah

PENDAHULUAN

Latar Belakang Permasalahan

Sampah rumah tangga merupakan limbah padat yang sering menjadi permasalahan di lingkungan karena mengganggu kesehatan dan kenyamanan, jika kurang ditangani keberadaannya. Proses perlakuan untuk mengatasi sampah masih terbatas pada penampungan dan pembuangan yang

dilakukan oleh Dinas Kebersihan setempat. Namun belum di upayakan lebih seksama untuk memproses kembali (daur ulang) sampah rumah tangga agar lebih bermanfaat guna mengurangi dampak lingkungan dan untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan sosial di masyarakat.

Hambatan yang utama untuk keperluan daur ulang, terletak pada proses pengolahan awal, yang meliputi pemilahan dan penghancuran sampah, agar terbagi antara sampah organik, anorganik serta mereduksi ukuran dan volumenya menjadi potongan kecil yang homogen.

Mencermati permasalahan sampah rumah tangga yang makin hari makin bertambah volumenya, karena seiring dengan jumlah pertambahan penduduk maka diperlukan upaya untuk rekayasa mesin pelembut sampah rumah tangga, yang dapat di fungsikan sebagai pengolah awal untuk proses daur ulang

Berkaitan dengan permasalahan pengolahan awal dari proses daur ulang sampah rumah tangga, dikonsentrasikan pada mesin pelembut yang dirancang bangun dengan kapasitas 3 m³ perjam . Sehingga masalahnya dirumuskan sebagai berikut :

"Bagaimana mengoptimalkan efisiensi mesin pelembut sampah agar dapat berhasil guna sebagai pengolah awal "

Tujuan uji coba poses mesin pelembut yang dirancang bangun yaitu untuk menentukan efisiensi yang diperoleh dari perbandingan antara volume sampah yang diumpam dengan volume sampah keluaran berukuran potongan-potongan kecil. Efisiensi optimal diperlukan agar kesatuan rangkaian yang terdiri dari mesin pencacah, pemilah dan pelembut berfungsi untuk pengolahan awal sampah rumah tangga.

1. Diperoleh rancangan konstruksi mesin pencacah, pemilah dan pelembut, yang mampu berfungsi

sebagai pengolahan awal sampah rumah tangga yang hemat energi, efisien, ekonomis dan ekologis.

2. Mesin pelembut yang di fungsikan sebagai pengolahan awal, menjadi alternatif untuk memproses daur ulang sampah rumah tangga agar permasalahan sampah dapat tereduksi.

RANCANGAN PERCOBAAN UJI EFFISIENSI MESIN PELEMBUT

Tahapan Percobaan

Pelaksanaan uji efisien mesin pelembut yang difungsikan sebagai pengolahan awal sampah rumah tangga dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap percobaan keseimbangan mesin dari hasil rancang bangun tanpa beban dan uji efisiensi produk mesin pelembut sebagai pengolahan awal.

Uraianya sebagai berikut :

- Tahap uji keseimbangan, bertujuan untuk mengukur kerja mesin pencacah, pemilah dan pelembut agar didapatkan keseimbangan putaran, dan kekuatan konstruksi dari masing-masing mesin.
- Tahap uji efisiensi produk, bertujuan untuk mengetahui optimalisasi produk, dengan variasi putaran dan ukuran kisi kisi pemotong pada stator, agar diperoleh nilai produktivitas dari mesin yang difungsikan sebagai pengolahan awal..

Alat dan Tempat Percobaan

1. Mesin pencacah : Type JC-5025-VB-D
2. Mesin pemilah : Type SW-250125-EL
3. Mesin pelembut : Type HM-430-35-VE

Tempat percobaan di Work Shop Produksi Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang.

Mesin Pengolah Sampah

Mesin pengolah sampah dirancang dan dibuat khusus sebagai pelembut sampah agar hasilnya dapat diproses sebagai bahan baku untuk dibuat kompos atau biogas. Sampah yang sudah diproses hasilnya berbentuk butiran atau potongan kecil yang lebih homogen, baik ukuran maupun jenisnya. Sehingga dirancang 3 (tiga) mesin yang fungsinya berbeda-beda, antara mesin satu dengan yang lain.

1. Mesin Pencacah

Mesin yang berfungsi untuk mencacah sampah campuran menjadi serpihan atau potongan-potongan kasar yang dilakukan oleh putaran pembawa atau rotor. Sampah yang berputar bersama putaran rotor akan terpotong-potong karena adanya pisau pemotong yang disusun pada stator atau rumah mesin.

2. Mesin Pemilah

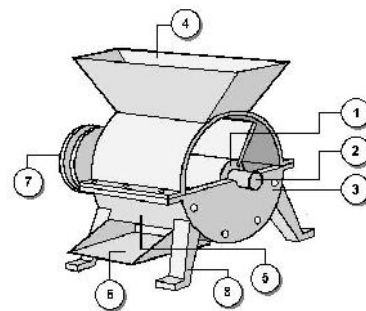
Dirancang untuk memilah sampah yang sudah dicacah menjadi 3 bagian yaitu berat, sedang, dan ringan. Pemilahan ini dilakukan oleh kecepatan dan tekanan udara yang dihasilkan dari putaran *blower* (kipas). Kerja mesin ini didasarkan pada perpaduan tinggi jatuh dan kecepatan atau tekanan udara.

3. Mesin Pelembut

Bertujuan untuk melembutkan potongan-potongan sampah organik dari hasil pemilahan. Perputaran rotor pada

poros pemutar akan membawa sampah untuk diraut pada pisau pemotong yang dipasang menjadi satu kesatuan dengan penyaring potongan sampah. Hasil potongan-potongan sampah berbentuk potongan-potongan sampah yang lembut dan ragam.

Bentuk Rancangan Mesin Pencacah



Gambar 1. Mesin Pencacah Sampah

Keterangan Gambar:

1. Rotor Pembawa Sampah
2. Poros Pemutar
3. Rumah Sebagai Pendukung Rotor
4. Corong Pemasukan Sampah
5. Tempat Pisau dan Pengeluaran
6. Corong Pengeluaran sampah
7. Pully Pemutar
8. Kaki Penyangga

Setelah dirancang didapatkan ukuran-ukuran utama sebagai berikut:

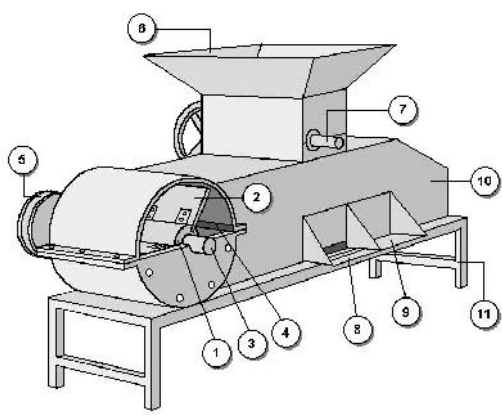
1. Diameter rotor Pembawa Sampah $(D_r) = 20 \text{ cm}$
2. Panjang Pembawa $(l_s) = 10 \text{ cm}$
3. Panjang Rotor $(L_r) = 48 \text{ cm}$
4. Diameter Poros $(d_p) = 10 \text{ cm}$
5. Tebal Plat Rumah Rotor $(t_r) = 10 \text{ mm}$
6. Putaran Rotor $(n_r) = 1000 \text{ rpm}$
7. Daya yang diperlukan $(N_p) = 4,5 \text{ pk}$
8. Kapasitas $(V_p) = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$
9. Lebar kisi saringan $(K_s) = 2 \text{ cm}$
10. Luas kisi saringan $(A_s) = 600 \text{ cm}^2$

Kerja mesin pencacah sampah dijelaskan sebagai berikut: putaran rotor dihasilkan oleh putaran motor diesel yang dihubungkan melalui putaran pully. Kemudian diteruskan melalui putaran poros ke rotor pembawa untuk mendapatkan putaran yang stabil.

Sampah dari rumah tangga dimasukkan melalui corong pemasukan, masuk ke rotor pembawa. Putaran sampah yang cepat kemudian terkupas oleh pisau pemotong yang dipasang di kisi-kisi saringan. Karena proses putaran yang terus menerus, sehingga sampah yang sudah terpotong dan yang mempunyai ukuran sesuai secara otomatis terdorong keluar melalui corong pengeluaran, dan mempunyai ukuran yang seragam ($1 \frac{1}{4}$ cm).

Potongan-potongan sampah dari rumah tangga masih berupa campuran antara jenis daun-daunan dan kertas, sehingga untuk mendapatkan jenis sampah yang seragam, organik atau Anorganik diproses ke dalam mesin pemilah.

Bentuk Rancangan Mesin Pemilah Sampah



Gambar 2. Mesin Pemilah Sampah

Keterangan :

1. Rotor pemutar kipas
2. Daun kipas 4 buah
3. Poros dan bantalan penyangga
4. Saluran udara pengatur tekanan
5. Pully penggerak
6. Corong pemasukan potongan-potongan sampah
7. Penggerak untuk mengatur sampah jatuh
8. Saluran pengeluaran sampah berat
9. Saluran pengeluaran sampah sedang
10. Saluran pengeluaran sampah ringan
11. Kerangka penahan mesin

Data Ukuran Mesin Pemilah:

1. Diameter poros rotor (d_r)= 20 cm
2. Jumlah kipas (n_k) = 4 buah
3. Lebar kipas (l_k) = 40 cm
4. Panjang kipas (p_k) = 45 cm
5. Lebar corong (A_l) = 900 cm²
6. Panjang corong (p_l) = 165 cm
7. Volume corong pemasukan (V_m) = 0,125 m³
8. Putaran poros rotor (n_r) = 5000 rpm
9. Daya poros rotor (N_r) = 2 pk
10. Putaran motor penggerak (n_s) = 1000 rpm
11. Lebar saluran pengeluaran (l_p) = 30 cm

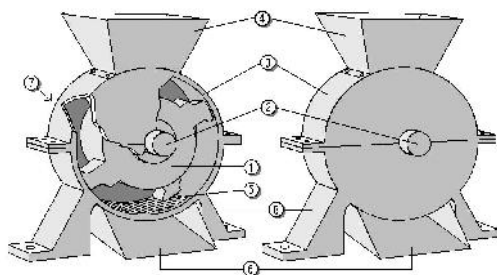
Cara kerja mesin pemilah sampah, diuraikan sebagai berikut; putaran kipas pada rotor dipindahkan dari pully dengan putaran antara 3000 $\frac{1}{4}$ 5000 rpm, sehingga udara yang melalui saluran pengatur akan melewati corong yang sudah dibentuk untuk mendapatkan efek tekanan dan kecepatan berdasarkan besarnya putaran rotor.

Sampah yang dimasukkan melalui corong pemasukan, berupa sampah yang

sudah berupa potongan-potongan, kemudian dengan digerakkan oleh penggerak sampah jatuh terurai. Karena perbedaan berat jenisnya, kecepatan dan tekanan udara dari kipas akan berpengaruh uraian sampah berat, sedang, dan ringan. Sampah berat terdiri dari jenis daun-daunan, rumput atau senyawa organik. Sampah sedang terdiri dari campuran senyawa organik (dan kering) dari jenis kertas pembungkus dan jenis-jenis yang lebih ringan akan terbawa lebih jauh seperti halnya kertas, plastik(tas pembungkus) dan jenis lain yang lebih ringan.

2. Panjang pembawa sampah
(L_s) = 5 cm
3. Panjang rotor (l_r) = 40 cm
4. Diameter Poros (d_f) = 18 cm
5. Tebal plat rumah rotor
(t_r) = 10 mm
6. Putaran motor max
(n_r) = 300 rpm
7. Daya yang diperlukan
(N_p) = 4 – 5 pk
8. Kapasitas produksi
(V_p) = 3,5 m³/jam
9. Lebar kisi-kisi saringan
(K_s) = 0,5 cm
10. Luas kisi-kisi saringan
(A_s) = 700 cm²

Bentuk Rancangan Mesin Pelembut



Gambar 3. Mesin Pelembut Sampah

Keterangan Gambar:

1. Rotor pembawa sampah
2. Poros pemutar
3. Rumah penutup dan pendukung rotor
4. Corong pemasukan sampah
5. Tempat sampah dan pengeluaran
6. Corong pengeluaran sampah lembut
7. Pully pemutar
8. Kerangka penyangga

Data-data Mesin Pelembut Sampah:

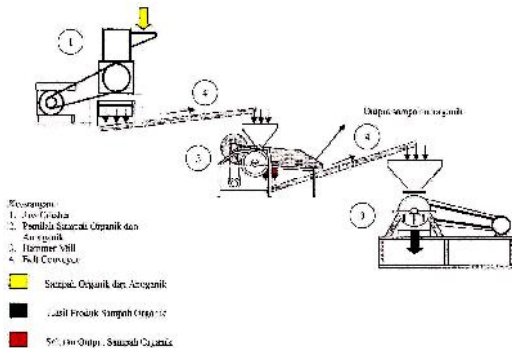
1. Diameter rotor pembawa sampah
(D_r) = 30 cm

Fungsi mesin pelembut untuk menghasilkan sampah organik dengan potongan-potongan yang lebih halus atau kecil ± 0,5 cm. Hasil potongan sampah tersebut dapat ditentukan berdasarkan lebar kisi-kisi saringan yang diputar oleh rotor pembawa dan terpotong oleh adanya pisau pemotong yang ditempatkan di kisi-kisi sarangan.

Hasil Percobaan Mesin-Mesin Pengolah sampah

Mesin-mesin pengolah sampah yang dimaksudkan meliputi mesin pencacah, pemilah dan pelembut. Percobaan mesin-mesin tersebut dilaksanakan dalam kesatuan proses yang berkelanjutan dan terdiri dari tiga tahapan. Tahapan prosesnya meliputi pencacahan, pemilahan, dan pelembutan. Penataan

urutan proses dan tata letak mesin diskemakan seperti gambar berikut



Gambar 4. Proses Pengolahan Sampah Rumah Tangga Sesuai Tata Letak Mesin

Kerja mesin dan produknya dijelaskan menurut fungsinya yaitu:

Tahap I : Tahap Pencacahan

Sampah dari rumah tangga diproses dalam mesin pencacah agar terpotong menjadi ukuran yang lebih ragam dengan ukuran 5 – 4 cm. Kapasitas produksi mesin 2 - 2,5 m³/jam, sampah yang sudah tercacah jenis dan komposisinya bercampur antara basah dan kering atau organik dan anorganik. Selain sampah menjadi potongan-potongan, volume sampah akan tereduksi sehingga volume sampah rumah tangga yang dicacah akan menyusut atau tereduksi menjadi dua per tiganya atau 75% volume semula.

Tahap II : Tahap Pemilahan

Hasil dari mesin pencacah dengan komposisi campuran dan berupa

potongan-potongan selanjutnya diproses di mesin pemilah agar terpisah antara sampah yang berbeda berat jenisnya. Karena perbedaan berat jenis dan hembusan udara dari blower, secara otomatis potongan sampah akan terpisah berdasarkan berat jenisnya. Potongan-potongan sampah yang berbeda berat jenisnya akan terpisah melalui saluran keluar yang atur jaraknya berdasarkan perbandingan ketinggian jatuh dan kecepatan hembusan blower.

Tahap III : Tahap Pelembutan

Sampah organik yang didapat dari hasil pemilahan selanjutnya diproses dalam mesin pelembut yang berfungsi untuk memperkecil atau mereduksi potongan-potongan sampah. Sampah organik yang dihasilkan dari mesin pelembut berkisar antara 0,5 cm sampai 0,25 cm, sehingga volume sampah yang dilembutkan tereduksi 5 - 4 atau 80% dari volume awal.

Proses yang bertahap dan berkelanjutan pengolahan sampah rumah tangga akan dapat memberikan keuntungan yaitu untuk mereduksi volume sampah dan menghasilkan bahan baku untuk pembuatan kompos dan bahan bakar biogas. Sampah rumah tangga dengan senyawa organik sebesar 70% s/d

75,6% menjadi bahan yang berhasil guna jika diberdayakan kembali untuk kebutuhan sehari-hari, sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi, kebersihan lingkungan, dan memberdayakan tenaga kerja.

2.1. Hasil Percobaan Efisiensi Produksi Mesin-Mesin Pengolah Sampah

Hasil Percobaan efisiensi produksi mesin untuk masing-masing sebagai berikut:

1. Nama Mesin: Mesin Pencacah Sampah

Type Mesin : JC-5025-VB-D

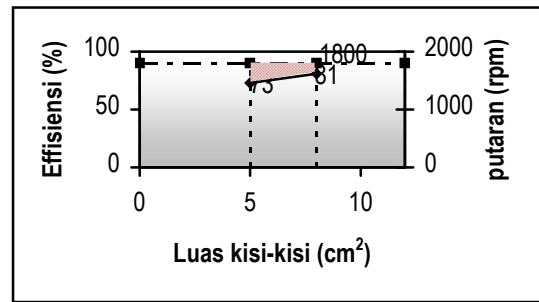
Putaran : 1800 rpm

Daya : 5 Hp

Jumlah percobaan : 30 kali

- Ukuran luas kisi-kisi : 5 cm²
 Kapasitas Volume In : 3,5 m³/jam
 Kapasitas Volume Out : 2,48 m³/jam
 Efisiensi Produksi : 73%
 Jumlah percobaan : 30 kali
- Ukuran luas kisi-kisi : 8 cm²
 Kapasitas Volume In : 3,5 m³/jam
 Kapasitas Volume Out : 2,71 m³/jam
 Efisiensi Produksi : 81%

Perbandingan efisiensi produksi dengan perbedaan luas kisi-kisi:



Gambar 5. Grafik Efisiensi Mesin Pencacah

Dari grafik efisiensi mesin pencacah dapat ditentukan angka reduksi volume yang berbanding terbalik dengan efisiensi produksi. Makin besar penyusutan volume menjadi Makin kecil efisiensi produksinya, dan makin kecil penyusutan volume menjadi makin besar efisiensi produksi mesin.

2. Hasil percobaan efisiensi produksi mesin pemilah

Nama : Mesin Pemilah Sampah

Type Mesin: SW-250125-EL

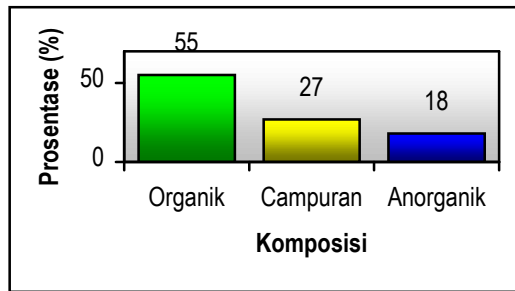
Putaran : 3000 rpm

Daya : 2 Hp

Jumlah percobaan : 30 kali

Rata-rata prosentase Pemilahnya:

1. Komposisi Organik : 55%
2. Komposisi Campuran : 27%
3. Komposisi Anorganik : 18%



Gambar 6. Grafik Pemilahan Komposisi oleh Mesin Pemilah

Dari hasil pemilahan komposisi sampah oleh mesin pemilah, prosentase komposisi organik menunjukkan prosentase terbesar sehingga efisiensi produksi pemilahnya menjadi masih memberikan hasil yang signifikan untuk dapat diproses lebih lanjut.

3. Hasil Percobaan efisiensi produksi mesin untuk masing-masing sebagai berikut:

Nama Mesin :

Mesin Pelembut Sampah Organik

Type Mesin : HM-430-35-VE

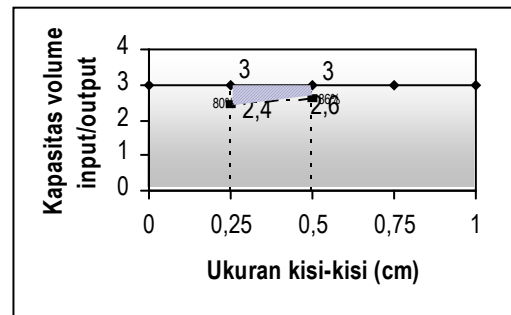
Putaran : 2500 rpm

Daya : 5 Hp

Jumlah percobaan : 30 kali

- Ukuran luas kisi-kisi : $0,0625 \text{ cm}^2$
 Kapasitas Volume In : $3 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Kapasitas Volume Out : $2,4 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Efisiensi Produksi : 80%
- Ukuran luas kisi-kisi : $0,25 \text{ cm}^2$
 Kapasitas Volume In : $3 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Kapasitas Volume Out : $2,6 \text{ m}^3/\text{jam}$

Efisiensi Produksi : 86%



Gambar 7. Grafik Efisiensi Produksi Mesin Pelembut Sampah Organik

Hasil dari mesin ini berupa potongan-potongan sampah organik yang lebih halus dan ukurannya rata-rata sebesar 0,25 cm. Efisiensi produksi diukur berdasarkan perbandingan antara volume input dan volume output. Makin besar perbandingannya makin kecil efisiensinya, dan makin kecil perbandingannya makin besar efisiensinya.

Mesin pelembut tersebut sangat berpengaruh untuk pengolahan awal sampah organik jika digunakan sebagai bahan baku kompos dan biogas. Karena potongan-potongan sampah yang lembut makin mudah untuk berkembangbiaknya mikroorganisme.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Komposisi sampah rumah tangga yang terdiri dari sampah organik (73%-75%), sampah anorganik (18%-19%) dan lain-lain (6%-8%). Komposisi sampah sebagian besar terdiri dari senyawa-senyawa organik, sehingga sifatnya

mudah membusuk dan mudah terurai oleh mikroorganisme, mudah terdegradasi, mudah berkembangnya cacing tanah sehingga sampah organik mengandung nutrisi yang subur untuk berkembangnya humus tanah. Adanya unsur karbon, hidrogen dan oksigen yang terkandung dalam senyawa organik merupakan potensi sebagai bahan baku untuk diolah menjadi kompos dan biogas. Sampah rumah tangga yang tadinya merupakan bahan tidak berharga sumber pencemaran lingkungan, ternyata dengan teknologi tepat guna dapat diubah fungsi menjadi bahan baku melalui proses produksi sehingga berubah fungsi menjadi sumber daya yang berpengaruh terhadap kesejahteraan sosial dan ekonomi bagi masyarakat apabila diolah lebih lanjut.

2. Secara umum sistem pemanfaatan sampah setelah dipisah menurut komposisinya kemudian dihancurkan atau dilembutkan, dapat mengoptimalkan pengolahan selanjutnya. Pembuatan kompos dan biogas dengan bahan baku sampah optimasinya ditentukan oleh bentuk sampahnya, sehingga semakin lembut

bahan baku makin maksimal terbentuknya kompos dan biogas.

3. Proses penghancuran dan pelembutan sampah sebagai bahan baku kompos dan biogas dapat dipercepat prosesnya dengan mesin pencacah dan pelembut sebagai alat utama untuk memproses sampah organik sebagai bahan baku kompos dan biogas. Sehingga mesin pencacah type JC-5025-VB-D, mesin pemilah type SW-250125-EL dan mesin pelembut sampah type HM-430-35-VE merupakan alat mesin utama untuk memproses sampah rumah tangga menjadi bahan baku kompos dan biogas. Keunggulan alat mesin utama ini dapat dioperasikan berpindah-pindah (*mobile*), sehingga mesin yang mendatangi sampah dan bukan sampah yang mendatangi mesin sehingga biaya operasional pengolahan sampah dapat menjadi lebih murah. Penggunaan lahan untuk pembuangan sampah menjadi efektif, transportasi untuk pengangkutan sampah dapat dikurangi, sehingga permasalahan transportasi, pencemaran lingkungan, penumpukan sampah di tempat pembuangan sementara atau tempat pembuangan akhir dapat diatasi.

Saran

1. Instalasi pengolahan sampah terpadu (IPST) merupakan cara penanggulangan sampah rumah tangga yang makin hari makin menimbulkan permasalahan kebersihan dan kesehatan lingkungan.
2. Penanggulangan sampah dapat dilakukan dengan *reduction* (pengurangan), *reuse* (penggunaan kembali), dan *recycling* (mendaur ulang). Khusus untuk sampah rumah tangga, penanggulangan yang paling tepat adalah dengan mereduksi volume sampah dan mendaur ulangnya.
3. Pengolahan sampah menjadi bahan baku kompos dan biogas memerlukan penanganan yang lebih mengarah pada bahan-bahan yang mudah dan cepat membusuk, sehingga dampak lingkungan dapat dieliminasi.
4. Sampah yang menimbulkan permasalahan kenyamanan estetika dan kesehatan, kehidupan, ternyata masih memberikan sumber potensi ekonomi dan lapangan pekerjaan untuk bagian masyarakat tertentu. Sehingga pengolahan terpadu dan padat karya perlu dikembangkan.
5. Menggunakan teknologi yang tepat guna, seperti mesin penghancur dan pemilah sampah merupakan solusi yang sesuai dengan kehidupan masyarakat yang mengandalkan kehidupannya dari mengais sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achsin Uatmi Choliq, 2004, Pemanfaatan Sampah Organik untuk Petamanan dan Peternakan, Litbang DEPTAN, Jakarta.
- Chonggrak Polpasert, 1989, Organic Waste Recycling, John Wiley & Sons, New York.
- Clara dkk., 2004, Pengolahan Sampah Terpadu, Salah Satu Upaya Mengatasi Sampah Di Perkotaan, PPS, IPB Bogor.
- Gumbira Sa'id, 1987, Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi, Melton Putra, Jakarta.
- Herry Agoes Hermadi, 2001, Alternatif Penanganan Populasi Limbah Domestik di Kodya Surabaya, Universitas Airlangga, Surabaya.
- L. Murbandono, H.S., 2003, Membuat Kompos, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Michael H. Walizet, Arif Sukadi Sadiman, 1990, Metode dan Analisis Penelitian, Erlangga, Jakarta.

Murtadho, E. Gumbira Said, 1988,
Penanganan dan Pemanfaatan
Limbah Padat, Jakarta.

Rudy C.T., 2004, Pengelolaan Sampah
Terpadu Sebagai Salah Satu
Upaya Problem Sampah di
Perkotaan, IPB Bogor.

Soewedo, 1983, Pemanfaatan Sampah
Organik, Jakarta.