

---

**STUDI TIMBULAN, KOMPOSISI DAN KARAKTERISTIK DALAM  
PERENCANAAN TEKNIK OPERASIONAL PENGELOLAAN SAMPAH DI  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**Elisabeth Priscila\*), Dwi Siwi Handayani\*\*), Ganjar Samudro\*\*)**  
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
[email: lisa.priscila2511@gmail.com](mailto:lisa.priscila2511@gmail.com)

**Abstrak**

Universitas Diponegoro telah membangun TPST (Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu) untuk mengatasi masalah limbah padat. Namun, cukup sulit untuk melakukan penelitian secara spesifik dengan wilayah kampus Tembalang yang cukup luas yaitu 135 Ha (Sudomo, 2012). Untuk itu, perlu dilakukan perencanaan secara spesifik yang dapat mewakili keseluruhan fakultas Undip. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) merupakan salah satu fakultas yang berada di Universitas Diponegoro kawasan kampus Tembalang. FPIK terdiri dari 2 jurusan, yaitu Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan yang memiliki laboratorium untuk menunjang proses pembelajaran. Sampah yang dihasilkan oleh laboratorium tersebut berupa ikan dan/atau biota laut. Bila tidak ditangani dengan baik, maka akan menimbulkan bau tidak sedap. Berdasarkan jenis kegiatan, sumber sampah FPIK dibagi menjadi 2 area yaitu perkuliahan-perkantoran dan taman-jalan. Tujuan dari perencanaan ini adalah merencanakan sistem pengelolaan sampah di FPIK yang paling tepat dengan mengkaji timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah. Metode pengukuran timbulan dan komposisi sampah menggunakan SNI 19-3964-1994. Hasil studi menunjukkan bahwa timbulan sampah rata-rata yang dihasilkan perkuliahan-perkantoran adalah 38,35 kg/hari atau 433,68 l/hari dengan komposisi volume sampah dominan adalah sisa makanan 34,96%, plastik 34,02%, serta kertas dan karton 29,20%. Sedangkan pada area taman-jalan dihasilkan 17,96 kg/hari atau 252,92 l/hari dengan komposisi volume sampah dominan adalah daun 97,32%, plastik 0,63%, sisa makanan 0,62%. Pada perencanaan ini, karakteristik sampah yang diuji antara lain densitas, kadar air, kadar abu, nilai kalor, kadar C dan kadar N. Perencanaan hasil studi akan menjadi dasar dalam perencanaan pewardahan, pengumpulan, pemindahan, dan rekomendasi pengolahan sampah pada tahun 2016 hingga 2035 yang mengacu pada SNI 19-2454-2002 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 Tahun 2013 sehingga tidak membuang sampah ke lahan kosong milik Undip lagi. Keseluruhan perencanaan pada tahun perencanaan membutuhkan total biaya sebesar Rp 7.849.272.035,00.

**Kata Kunci:** sampah, teknik operasional, pengelolaan sampah, FPIK Undip.

**Abstract**

*[Studi of Generation, Composition, and Characteristic in Waste Management Design at Faculty of Fisheries and Marine Science Diponegoro University]. Diponegoro University has bulid an Integrated Waste Management to overcome solid waste problem. However, it is quite difficult to do research specifically because of the broad campus area which is 135 Ha (Sudomo, 2012). There for, the planning needs to be done specifically to represent the entire faculty Undip. Faculty of Fisheries and Marine Sciences (FMM) is one of the faculty at Diponegoro University campus area Tembalang. FFM consists of two departments, the Department of Fisheries and Marine Sciences which has a laboratory to support the learning process. Waste generated by the laboratory in the form of fish and / or marine life. If not handled properly, it will cause odor. Based on the type of activity, solid waste in FFM are obtained from two areas which is academic-administrative buildings and garden-street areas. The planning goals is to examine the generation, composition, characteristics of the waste and the planned operational and technical aspects of waste management costs in FFM. Methods of measuring pileup and compotition of the waste is using SNI 19-3964-1994. The results showed that the average solid waste generated academic-administrative buildings was 38.35 kg/day or 433.68*

*l/day with the composition of the waste weight is 52.34% dominant from leftovers, plastik 21.58%, paper and cardboard 20,9%. In the other hand, garden-street areas produced 17,96 kg/day atau 252,92 l/day with the composition of the waste weight dominant are foliage 79,36%, others 6,48% and leftovers 6,14%. The characteristics of waste tested include density, moisture content, ash content, calorific value, levels of C and N content of the study results will be the basis for planning the lugs, collecting and moving sistem and waste management recommendations in 2016 to 2035 reffering to SNI 19-2454-2002 and Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 Tahun 2013 so FPIK not throw the solid waste into the vacant land belonging to Undip again. The overall planning requires Rp 7.849.272.035,00 to cover the all solid waste management in FFM.*

**Keywords:** Solid waste, technique operasional, waste management, Faculty of Fisheries and Marine Sciences (FFM) Diponegoro University

## PENDAHULUAN

Menurut Undang-Undang RI No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah dalam Poonia, *et al.* (2012) merupakan bagian tak terpisahkan dari pengelolaan lingkungan. Namun, pada kenyataannya manajemen sampah tidak pernah dianggap serius oleh pihak masyarakat maupun pihak berwenang padahal sampah yang menumpuk mengganggu kesehatan, lingkungan dan kesejahteraan.

Berdasarkan ranking UI Greenmatric 2014, Universitas Diponegoro berhasil meraih peringkat 5 Nasional dan 91 dunia ([www.undip.ac.id](http://www.undip.ac.id)). Prestasi ini dinilai berdasarkan beberapa kriteria yang salah satunya adalah "Waste". Undip dianggap telah melakukan

pengelolaan sampah namun, pada kenyataannya pengelolaan sampah yang telah dilaksanakan saat ini masih belum efektif. Untuk memecahkan masalah manajemen sampah, Universitas Diponegoro telah merancang pembangunan TPST (Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu). Perencanaan TPST harus didahului dengan perencanaan pengelolaan sampah yang spesifik di sumber sampah. Universitas Diponegoro yang memiliki total luas lahan lebih dari 200 Ha, dengan luas lahan Kampus Undip Tembalang yaitu 135 Ha (Sudomo,2012). Dengan luas lahan kampus demikian, maka cukup sulit untuk melakukan perencanaan tentang pengelolaan sampah secara spesifik. Untuk itu, perlu dilakukan perencanaan secara spesifik yang dapat mewakili keseluruhan fakultas Undip.

FPIK memiliki 2 Jurusan, yaitu Jurusan Perikanan dan Jurusan Ilmu Kelautan. Jurusan Perikanan terbagi menjadi 4 program studi, yaitu Program Studi Budidaya Perairan (BDP),

Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP), Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan (PSP), dan Teknologi Hasil Perikanan (THP). Sedangkan, pada Jurusan Ilmu Kelautan terbagi menjadi 2 (dua) program studi, yaitu Program Studi Ilmu Kelautan dan Oseanografi. Program studi tersebut memiliki laboratorium untuk menunjang proses pembelajaran. Sampah yang dihasilkan oleh laboratorium tersebut mayoritas berupa ikan dan/atau biota laut. Bila sampah tersebut tidak dilakukan pengelolaan dengan baik, maka akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Berdasarkan survei yang sudah dilakukan, pengelolaan sampah pada FPIK diantaranya adalah sistem pewadahan yang belum dibedakan berdasarkan jenisnya. Namun, sistem pemindahan sampah telah dilakukan setiap hari oleh petugas kebersihan ke lahan kosong milik Undip di belakang Perumahan Permata Hijau untuk dilakukan pembakaran.

Tchobanoglous, *et al.* (1993) menyatakan bahwa dalam mendukung suatu perencanaan sistem pengelolaan limbah padat, khususnya untuk pengoptimalan sistem manajemen persampahan, diperlukan informasi dasar karena timbulan, karakteristik dan komposisi sampah yang dihasilkan berbeda tergantung dari sumbernya secara

spesifik. Selain itu, menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012), dalam perencanaan pengelolaan sampah terdapat 5 (lima) aspek yang berpengaruh yaitu aspek *teknik operasional*, aspek pembiayaan, aspek kelembagaan, aspek peraturan dan aspek peran serta masyarakat. Namun, karena terbatasnya waktu, maka perancangan ini dibatasi hanya pada aspek yang paling mendasar untuk dilakukan pertama kali yaitu teknik operasional. Teknik operasional pengelolaan persampahan menurut SNI-19-2454-2002 terdiri dari timbulan sampah, pemilahan, pewadahan dan pengolahan sampah di sumber, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, hingga pembuangan akhir. Perencanaan teknik operasional persampahan sangat penting dilakukan guna memiliki manajemen persampahan yang baik.

Berdasarkan pertimbangan di atas, dilakukan perencanaan untuk menentukan timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah di FPIK Universitas Diponegoro, sehingga dapat direncanakan sistem pengelolaan sampah yang paling tepat, meliputi pewadahan, pengumpulan, dan pemindahan sampah ke TPST (Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu) serta pembiayaan yang meliputi biaya investasi, reinvestasi serta operasional dan

pemeliharaan dalam melaksanakan perencanaan tersebut.

## METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan sistem pengelolaan sampah yang dilakukan di Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro meliputi 3 tahap: (1) persiapan (2) pengumpulan data, (3) analisis data dan perencanaan.

### 1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal sebelum dimulainya pengumpulan data dan perencanaan yang dimulai dari tahap administrasi, survei pendahuluan, penentuan metode sampling, persiapan peralatan.

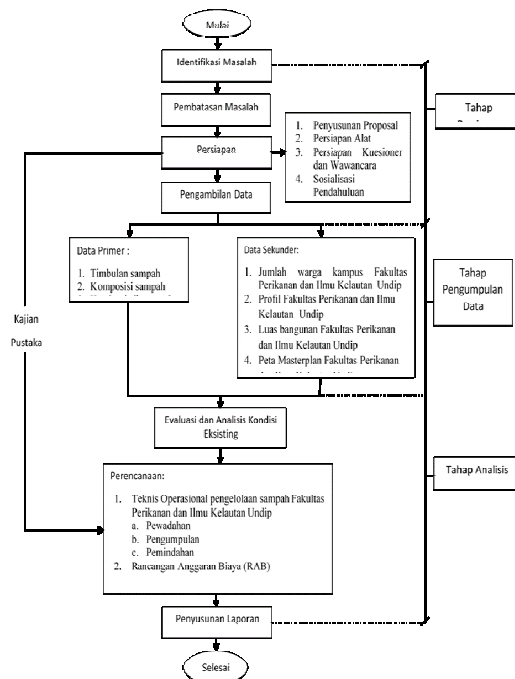
### 2. Pengumpulan Data

Pada teknik pengumpulan data dilakukan pengumpulan data dan informasi yang diperlukan untuk menunjang analisis. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer yang dibutuhkan untuk perencanaan yaitu timbulan, komposisi, karakteristik dan sumber sampah. Jumlah timbulan dan komposisi menggunakan metode SNI 19-3964-1994. Dari sampel sampah yang ada dilakukan uji karakteristik sampah yaitu densitas, kadar air, kadar abu, nilai kalori, kadar C, dan kadar N sampah. Data sekunder yang diperlukan adalah *master plan* dan data eksisting pengelolaan sampah, jumlah warga kampus, profil FPIK Undip.

### 3. Analisis Data dan Perencanaan

Data yang telah dikumpulkan dianalisis. Data dianalisis dengan rumus atau aturan-aturan yang ada sesuai dengan pendekatan perencanaan. Data yang telah dianalisis dijadikan dasar dalam perencanaan aspek teknik operasional dan biaya selama 20 tahun kedepan. Pedoman yang digunakan dalam perencanaan antara lain SNI 19-2454-2002, SNI 3242:2008, Peraturan Pemerintah No.81 Tahun 2012, Peraturan dan Lampiran I dan II Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013, Materi Bidang Sampah (Ditjen Cipta Karya, Direktorat PLP)

Secara lebih rinci, diagram alir perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



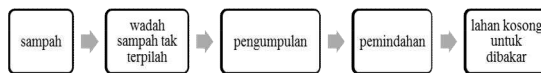
**Gambar 1. Diagram Diagram Alir Metodologi Perencanaan**

## GAMBARAN UMUM

Kampus FPIK terletak di kawasan kampus Universitas Diponegoro Tembalang, dengan luas kampus sebesar 25.424 m<sup>2</sup> dan total luas bangunan 10.221

m<sup>2</sup> memiliki 9 gedung untuk kegiatan perkuliahan-perkantoran. Warga kampus FPIK terbagi menjadi 2, yaitu mahasiswa dan dosen/karyawan. Kampus FPIK terpusat di kampus Undip Tembalang, untuk semua program studi S1. Total warga kampus FPIK pada tahun 2015 adalah 3722 jiwa.

Saat ini teknik operasional pengelolaan sampah di FPIK belum sesuai dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan belum terkoordinasi dengan baik dengan pengelolaan sampah di Undip. Berikut ini adalah diagram teknik operasional pengelolaan sampah eksisting kampus FPIK Undip.



**Gambar 2. Diagram Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Eksisting**

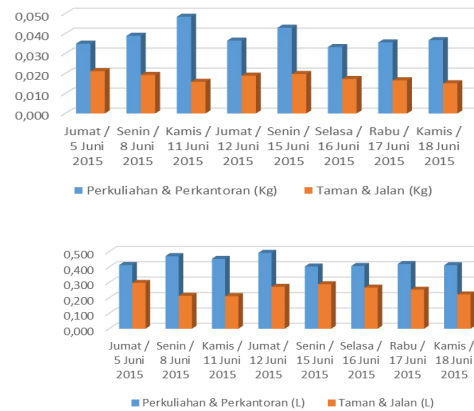
## ANALISIS DAN PERENCANAAN

### A. Analisis Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah

#### 1. Timbulan Sampah

Pengukuran timbulan dan komposisi sampah dilakukan pada 2 sumber sampah yaitu Kegiatan Perkuliahan-Perkantoran dan Taman-Jalan. Pengukuran timbulan sampah dilakukan dengan metode sensus yaitu mengukur volume dan berat timbulan seluruh sampah yang dihasilkan fakultas dalam satu hari. Pengukuran tidak menggunakan metode sampling karena kondisi penempatan tempat sampah yang berbeda-beda pada setiap gedung sehingga tidak dapat mewakili contoh timbulan sampah setiap gedung di fakultas. Pengukuran timbulan sampah dilakukan selama 8 hari berturut-turut selama aktif

kuliah. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.



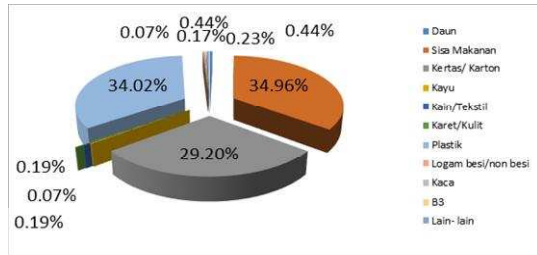
**Gambar 3. Grafik Timbulan Sampah FPIK**

Dari tabel dan grafik di atas dapat dilihat bahwa timbulan yang dihasilkan baik berat maupun volume yang dihasilkan perkuliahan-perkantoran lebih besar dibandingkan dengan taman-jalan. Menurut Anne (2011), faktor yang mempengaruhi fluktuasi timbulan sampah di kampus antara lain jumlah populasi penghasil sampah dan jumlah kegiatan (durasi kegiatan) yang berpotensi menghasilkan sampah.

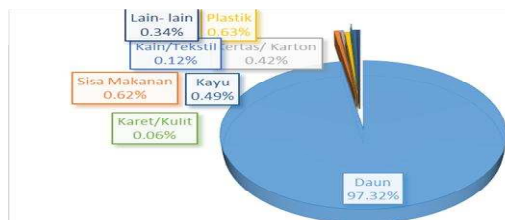
#### 2. Komposisi Sampah

Komposisi sampah berdasarkan SNI 19-3964-1994 dan ditambahkan jenis sampah B3. Berdasarkan pengukuran volume, komposisi terbanyak pada perkuliahan-perkantoran yaitu sampah sisa makanan sebesar 34,96%, plastic 34,02%, kertas 29,20% sedangkan sisanya kurang dari 1%. Sedangkan pada sampah taman-jalan 97,32% merupakan sampah daun, sedangkan sisanya hanya 1%. Selama sensus, tidak terdapat sampah logam, kaca, dan B3 pada sampah taman-jalan. Berikut ini komposisi berat sampah yang

dihasilkan area perkuliahan-perkantoran dan taman-jalan.



**Gambar 4. Diagram Komposisi Volume Sampah Perkuliahan-Perkantoran**



**Gambar 4. Diagram Komposisi Volume Sampah Taman-Jalan**

### 3. Karakteristik Sampah

#### a. Densitas Sampah

Densitas sampah merupakan perbandingan berat dengan volume sampah. Sampah perkuliahan-perkantoran FPIK memiliki nilai densitas rata-rata 88,704 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan sampah taman-jalan 71,508 kg/m<sup>3</sup>.

#### b. Kadar Air Sampah

Kadar air sampah digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan frekuensi pengumpulan sampah karena dengan mengetahui komposisi sampah yang terdapat dalam sampah, maka dapat ditentukan frekuensi pengumpulan sampah sehingga dapat terhindar dari adanya bau busuk dan pembusukan pada wadah sampah. Kadar air sampah perkuliahan-perkantoran yaitu 31,75%, sedangkan taman-jalan 18,34%. Kelembaban merupakan faktor utama dalam proses metabolisme mikroba. Kisaran optimum untuk metabolisme mikroba berkisar antara 40-60% sehingga sampah

perkuliahan-perkantoran maupun taman-jalan keduanya kurang cocok digunakan untuk pengomposan. Jika ingin dilakukan pengomposan, maka sampah yang ada dapat diberi air dengan jumlah tertentu agar dapat optimal digunakan sebagai kompos.

#### c. Kadar Abu Sampah

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah bagian yang tidak terbakar setelah terjadinya pembakaran sempurna. Hasil analisis kadar abu sampah perkuliahan-perkantoran yaitu 3,54%, sedangkan pada taman-jalan yaitu 10,37%.

#### d. Kadar Kalori Sampah

Analisis nilai kalor dilakukan untuk mengetahui nilai kalori yang terkandung dalam setiap sumber sampah. Nilai kalori adalah nilai yang menyatakan jumlah panas yang terkandung dalam dalam setiap sumber sampah bila digunakan sebagai bahan bakar. Selain itu, nilai kalor juga diperlukan dalam proses pengolahan sampah terutama pengolahan secara thermal (insenerasi) dan briket bioarang. Hasil pengujian kadar kalori sampah perkuliahan-perkantoran yaitu 3544,79 kal/gr, sedangkan pada taman-jalan yaitu 3544,79 kal/gr. Nilai kalori sampah taman-jalan lebih besar dibandingkan dengan sampah perkuliahan-perkantoran karena terstruktur sampah yang dihasilkan taman-jalan lebih kering. Sampah perkuliahan-perkantoran menghasilkan sampah yang cenderung basah diakibatkan banyaknya sisa makanan yang dihasilkan. Sampah taman-jalan menghasilkan sampah yang cenderung kering diakibatkan banyaknya daun-daun kering yang dihasilkan dari penyapuan taman dan jalan.

#### e. Kadar Carbon dan Nitrogen

Karbon merupakan komponen utama penyusun bahan organik sebagai sumber energi, terdapat dalam bahan organik yang akan dikomposkan seperti jerami, batang tebu, sampah kota, daun-daunan, dll (Damanhuri, 2010). Rata-rata kadar karbon yang dimiliki oleh sampah perkuliahan-perkantoran yaitu 28,34% sedangkan pada taman-jalan sebesar 32,25%.

Nitrogen (N) merupakan komponen utama yang berasal dari protein, misalnya dalam kotoran hewan, dan dibutuhkan dalam pembentukan sel bakteri (Damanhuri, 2010). Rata-rata kadar nitrogen (N) yang terdapat pada sampah perkuliahan-perkantoran yaitu 1,18% sedangkan pada taman-jalan sebesar 0,93%.

Dari data uji kadar karbon (C) dan nitrogen (N) diatas, maka dapat diperoleh rasio C/N. Rasio C/N sampah yang dihasilkan yaitu 23,27% dan 33,95%. Menurut Haug (1993), kisaran perbandingan unsur C dan N dalam pengomposan yang optimum untuk proses pengomposan ialah antara 30 – 35. Kelebihan nitrogen yang tidak dipakai oleh mikroorganisme tidak dapat diasimilasi dan akan hilang (bebas dilepaskan) melalui volatilisasi sebagai amonia yang dapat meracuni dan mematikan jenis mikroba yang diperlukan dalam pengomposan sehingga kompos yang dihasilkan mempunyai kualitas rendah.

#### f. Komposisi Sampah

Menurut Chandrappa, dkk (2012), sampah padat adalah campuran dari berbagai komponen yang memiliki komposisi kimia dan rumus kimia. Jika rumus kimia dalam sampah padat diketahui, maka dapat membantu dalam

menghitung kebutuhan oksigen atau yang lainnya dalam proses emisi selama degradasi alami maupun proses pengolahan sampah.

#### 1) Sampah Plastik

Tchobanoglous dkk. (1993) menyatakan bahwa, klasifikasi plastic terbagi menjadi 7 golongan. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran sampah yang dilakukan hanya terdapat 5 jenis sampah sebagai berikut, yaitu PETE, HDPE, PVC, PP dan PS.

**Tabel 1. Persentasi Komposisi Sampah Plastik**

Satuan	Plastik				
	PETE	HDPE	PVC	PP	PS
Persentase Massa (%)	7,29	0,11	19,35	7,07	1,70
Persentase Volume (%)	20,29	0,32	18,69	12,10	6,95

Berdasarkan tabel persentase komposisi sampah plastic di atas, maka dapat ditentukan massa dan volume rata-rata sampah yang dihasilkan. Sehingga didapat komposisi sampah plastic yang terdapat pada FPIK seperti yang ditunjukkan pada table berikut.

**Tabel 2. Komposisi Sampah Plastik**

Satuan	Plastik				
	PETE	HDPE	PVC	PP	PS
Massa (kg)	0,91	0,01	2,41	0,88	0,21
Volume (lt)	20,29	0,32	18,69	12,10	6,95

Dalam menentukan rumus kima dari masing-masing jenis sampah plastic, diperlukan data pengujian *ultimate analysis* yang terdiri atas C, H, O, N, dan S. Data *ultimate analysis* diambil dari pengujian yang dilakukan pada sampah Kota Bandung oleh Pasek, dkk (2013). Data tersebut diharapkan dapat mewakili sampah yang dihasilkan di Indonesia.

**Tabel 3. Data Ultimate Analysis**

Ultimate Analysis (%)	PETE	HDPE	PVC	PP	PS
C	62,5	72,3	36	85,71	91,35
H	4,76	4,76	4,91	13,15	6,49
O	3,2	32	53,96	0,37	1,11
N	0,03	0,03	0	0,04	0,07
S	0,09	0,09	0,17	0,07	0,14

Sumber: Pasek dkk., 2013

Berdasarkan data di atas, maka dapat dilakukan perhitungan rumus kimia. Hasil perhitungan rumus kimia untuk setiap jenis sampah plastik untuk sampah di FPIK Undip dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4. Rumus Kimia Sampah Plastik**

Rumus Kimia	C	H	O	N	S	Hasil
PETE	2430	2201	93	1	1	$C_{2430}H_{2201}O_{93}NS$
HDPE	2811	2201	934	1	1	$C_{2811}H_{2201}O_{934}NS$
PVC	565	917	636	0	1	$C_{565}H_{917}O_{934}S$
PP	3269	5963	11	1	1	$C_{3269}H_{5963}O_{11}NS$
PS	1742	1471	16	1	1	$C_{1742}H_{1471}O_{16}NS$

## 2) Sampah Kertas

Sampah kertas yang dihasilkan di kampus diantaranya yaitu kertas karton, paper box, kardus, dan tetra pack. Persentase komposisi dari sampah kertas tersebut dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 5. Persentase Komposisi Sampah Kertas**

Satuan	Kertas				
	Karton	Paper Box	Kardus	Tetra Pack	HVS
Persentase Massa (%)	1,42	14,27	0,92	0,93	3,51
Persentase Volume (%)	1,64	12,34	1,88	1,36	2,54

Berdasarkan masing-masing tabel persentase komposisi sampah kertas di atas, maka dapat ditentukan massa dan volume rata-rata sampah yang dihasilkan sebagai berikut.

**Tabel 6. Komposisi Sampah Kertas**

Satuan	Kertas				
	Karton	Paper Box	Kardus	Tetra Pack	HVS
Massa (kg)	1,42	14,27	0,92	0,93	3,51
Volume (lt)	1,64	12,34	1,88	1,36	2,54

Dalam menentukan rumus kima dari masing-masing jenis sampah kertas, diperlukan data pengujian *ultimate analysis* yang terdiri atas C, H, O, N, dan S. Data *ultimate analysis* diambil dari pengujian yang dilakukan pada sampah Kota Bandung oleh Pasek, dkk (2013), sampah Kota Trondheim, Norwegia oleh Becidan (2007), dan sampah Kota Romania, Rumania oleh Ionescu dkk. (2011). Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 7. Data Ultimate Analysis**

Ultimate Analysis (%)	Karton *	Paper Box*	Kardus**	Tetra Pack**	HVS
C	41,72	39	48,6	50,63	34,96
H	5,95	5,7	6,2	5,397	4,6
O	46,75	46,25	44,96	2,839	48,51
N	0,07	0,45	0,11	29,059	0,08
S	0,11	0,16	0,13	3,975	0,08

Keterangan :

(\*)Pasek dkk., 2013

(\*\*) Becidan, 2007

(\*\*\*)Ionescu dkk., 2011

Berdasarkan data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan rumus kimia. Hasil perhitungan rumus kimia untuk setiap jenis sampah kertas dapat dilihat pada tabel berikut.



**Tabel 8. Rumus Kimia Sampah Kertas**

Jenis Kertas	C	H	O	N	S	Hasil
Karton	1012	1717	852	1	1	$C_{1012}H_{1717}O_{852}NS$
Paper Box	651	1131	579	6	1	$C_{651}H_{1131}O_{579}N_6S$
Kardus	998	1514	693	2	1	$C_{998}H_{1514}O_{693}N_2S$
Tetra Pack	34	30	1	12	1	$C_{34}H_{30}ON_{12}S$
HVS	1167	1825	1215	2	1	$C_{1167}H_{1825}O_{1215}N_2S$

3) Sampah Keseluruhan (Solid Waste) FPIK Undip

Yang dimaksud sampah keseluruhan yaitu sampah merupakan hasil pembagian menurut komposisinya, yaitu sampah plastic (PETE, HDPE, PVC, PP dan PS), kertas (karton, paper box, kardus, tetra pack, HVS), daun, sisa makanan, kayu, kain, karet, kaca, logam, dan lain-lain. Berat dan volume komposisi sampah keseluruhan didapat dari pengukuran sensus selama delapan hari. Data berat dan volume sampah keseluruhan dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 9. Komposisi Sampah Keseluruhan (Solid Wast) FPIk Undip**

Satuan	Komposisi				
	Daun	Sisa Makanan	Kayu	Kain-Tekstil	Karet-Kulit
Massa (kg)	7,38	10,59	0,24	0,08	0,11
Volume (lt)	124,04	76,59	1,03	0,30	0,49

**Lanjutan Tabel 9. Komposisi Sampah Keseluruhan (Solid Wast) FPIk Undip**

Satuan	Komposisi			
	Logam besi – non besi	Kaca	Lain-lain	B3
Massa (kg)	0,02	0,27	0,66	0,17
Volume (lt)	0,15	0,37	1,39	0,51

Dalam menentukan rumus kimia dari masing-masing jenis sampah, diperlukan data pengujian *ultimate analysis* yang

terdiri atas C, H, O, N, dan S. Data *ultimate analysis* diambil dari pengujian yang dilakukan pada sampah Kota Bandung oleh Pasek, dkk (2013), sampah Kota Trondheim, Norwegia oleh Becidan (2007), dan sampah Kota Romania, Rumania oleh Ionescu dkk. (2011). Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 10. Data Ultimate Analysis**

Ultimate Analysis (%)	Daun	Sisa Makanan	Kayu	Kain
C	30,30	30,30	41,93	52,54
H	5,86	6,98	5,72	5,69
O	42,99	40,28	44,4	40,71
N	1,05	1,05	0,7	0,44
S	0,39	0,27	0,1	0,21

**Lanjutan Tabel 10. Data Ultimate Analysis**

Ultimate Analysis (%)	Karet	Logam	Kaca	Lain-lain
C	45,72	4,5	8	42,25
H	6,67	0,6	0,5	5,79
O	30,8	4,3	0,4	43,69
N	1,45	0,1	0,1	0,84
S	0,39	0,2	0	0,25

Berdasarkan data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan rumus kimia yang terdapat pada setiap jenis sampah keseluruhan. Rumus kimia dari sampah keseluruhan yaitu  $C_{338}H_{652}O_{285}N_9S$ . Sedangkan hasil perhitungan rumus kimia untuk setiap jenis sampah dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 11. Rumus Kimia Sampah Keseluruhan**

Jenis Kertas	C	H	O	N	S	Hasil
Daun	207	477	221	6	1	$C_{207}H_{477}O_{221}N_6S$
Sisa Makanan	300	821	299	25	1	$C_{300}H_{821}O_{299}N_{25}S$
Kayu	1119	1816	890	16	1	$C_{1119}H_{1816}O_{890}N_{16}S$
Kain	668	860	388	5	1	$C_{668}H_{860}O_{388}N_5S$

Jenis Kertas	C	H	O	N	S	Hasil
Karet	313	543	158	9	1	$C_{1742}H_{1471}O_{16}NS$
Logam	60	95	43	1	1	$C_{60}H_{95}O_{43}NS$
Kaca	93	69	4	1	0	$C_{93}H_{69}O_4N_1$
Lain-lain	451	735	350	8	1	$C_{451}H_{735}O_{350}N_8S$

#### 4) Sampah Organik

Sampah organik merupakan sampah daun dan ditambahkan sampah sisa makanan. Berat dan volume komposisi sampah organik didapat dari pengukuran sensus selama delapan hari seperti pada sampah yang lainnya. Hasil perhitungan rumus kimia untuk setiap jenis sampah organik adalah  $C_{253}H_{648}O_{260}N_8S$ .

Tujuan mengetahui karakteristik sampah berupa kadar air, kadar abu dan rumus kimia sampah padat yaitu untuk mempermudah dalam mengetahui rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan. Menurut Haug (1993), rasio C/N antara 30 hingga 35 adalah ratio optimum yang direkomendasikan untuk *rapid composting* pada sampah. Sehingga, jika rasio C/N yang dihitung belum mencapai rasio efektif, maka dapat dilakukan perhitungan penambahan karbon maupun nitrogen yang yang dibutuhkan.

Berdasarkan rumus kimia sampah padat yang dihasilkan pada FPIK yaitu  $C_{253}H_{648}O_{260}N_8S$  dapat diketahui rasio C/N melalui persamaan berikut.

$$\text{Rasio C/N} = \frac{C \times Ar C}{N \times Ar N} = \frac{253 \times 12,01}{8 \times 14,01} = 27,11\%$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh rasio C/N sebesar 27,11%. Rasio tersebut tidak berbeda jauh dengan rasio C/N yang telah diuji di laboratorium, yaitu sebesar 28,61%. Hasil tersebut masih belum

mencukupi rasio C/N optimum sehingga perlu dilakukan penambahan kadar Karbon. Penambahan karbon dalam sampah menggunakan data kadar air dan kadar abu sampah. Contoh perhitungan penambahan karbon adalah sebagai berikut.

$$\text{Kadar air sampah} = 25,05\%$$

$$\text{Kadar abu sampah} = 6,95\%$$

$$\text{Rasio C/N sampah} = 27,11\%$$

$$\text{Rumus Kimia Sampah} = C_{253}H_{648}O_{260}N_8S$$

$$\text{Berat Sampah} = 100 \times (1 - \text{kadar abu}) \times (1 - \text{kadar air})$$

$$= 100 \times (1 - 0,0695) \times (1 - 0,25)$$

$$= 69,79 \text{ dry ton per day}$$

Berat Molekul Sampah:

$$\text{Karbon} = 253 \times 12,01 = 3038,53$$

$$\text{Hidrogen} = 648 \times 1,01 = 654,48$$

$$\text{Oksigen} = 291 \times 16 = 4160$$

$$\text{Nitrogen} = 8 \times 14,01 = 112,08$$

$$\text{Sulfur} = 1 \times 32,06 = \underline{32,06}$$

$$7997,15$$

$$\text{Kandungan Nitrogen} = \frac{69,79 \times 112,08}{7997,15}$$

$$= 0,99 \text{ ton per day}$$

$$\text{Kandungan Karbon} = \frac{69,79 \times 3038,53}{7997,15}$$

$$= 26,52 \text{ ton per day}$$

Rasio C/N efektif = 30: 1

$$\text{Kandungan karbon} = 25/N = 25/0,99$$

$$= 25,25$$

Maka kandungan karbon yang perlu ditambahkan adalah = 26,52-25,25

$$= 1,267 \text{ ton per day}$$

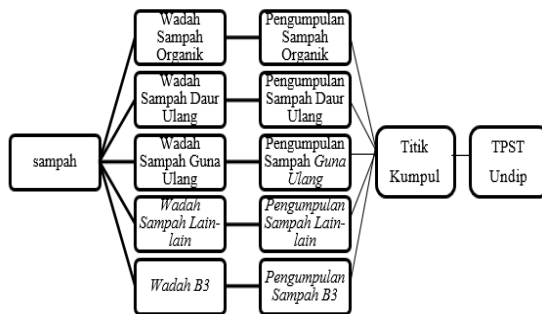
$$= 1267,47 \text{ kg per hari}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka dapat diketahui fungsi data karakteristik sampah yaitu mengetahui pengolahan sampah yang paling efektif dan mempermudah dalam melakukan perhitungan pada proses pengolahan sampah. Sehingga, pengolahan sampah

yang tepat untuk dilaksanakan pada sampah FPIK Undip adalah pengomposan.

## B. Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

Sebelum memulai perencanaan, diperlukan data proyeksi warga kampus dan proyeksi timbulan sampah tahun 2016 hingga 2035. Proyeksi timbulan sampah kuliah-kantor memperhitungkan kapasitas maksimum gedung dan mengasumsikan jumlah mahasiswa yang hadir 80% serta 100% untuk dosen dan karyawan. Sedangkan pada sampah taman-jalan, tidak ada peningkatan timbulan sampah karena diasumsikan tidak ada penambahan dan pengurangan lahan, sehingga pada akhir perencanaan timbulan sampah perkuliahan-perkantoran adalah 52,15 kg/hari atau 589,72 l/hari sedangkan untuk taman-jalan adalah 17,35 kg/hari atau 252,92 l/hari. Berikut ini adalah skema rencana pengelolaan sampah FPIK Undip.



**Gambar 5. Skema Rencana Pengelolaan Sampah FPIK Undip**

### 1. Pewadahan

Pewadahan yang direncanakan dibagi menjadi 2 yaitu wadah sampah utama dan penunjang. Jumlah wadah utama adalah 9 pasang dengan sistem *5 in 1* yang diletakkan pada lantai 1 setiap gedung dan 10 pasang *4 in 1* yang diletakkan pada lantai 2 dan 3. Wadah utama berukuran 40

L setiap wadahnya dengan 5 jenis pemilahan yaitu warna hijau untuk organik (kayu, daun dan sisa makanan), daur ulang ((plastik kategori HDPE dan PP, kertas, serta kain) berwarna kuning, guna ulang (botol plastik kategori PETE, botol kaca, dan logam) berwarna kuning, sampah lain-lain (karet, plastik PVC dan PS, serta sampah lain-lain), berwarna abu-abu, dan B3 berwarna merah. Wadah B3 tidak diletakkan di setiap lantai karena jumlah B3 yang dihasilkan sedikit.

Wadah sampah tambahan terdiri dari wadah sampah kantor dan admin, laboratorium, dan toilet. Perhitungan jumlah wadah dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{v}{v \text{ wadah sampah}}$$

Keterangan:

n = Jumlah wadah yang dibutuhkan

v = Volume timbulan sampah (L)

$v_{\text{wadah sampah}}$  = Volume wadah sampah yang direncanakan, 40 L (wadah sampah terkecil)



**Gambar 6. Desain Wadah Sampah Utama Perkuliahan-Perkantoran**

Menurut perhitungan sampah yang dibutuhkan hingga tahun 2035 hanya sebanyak 5 pasang. Namun, menurut SNI 19-2454-2002, wadah sampah harus berada dekat dengan sumber sampah. Maka dari itu, peletakan wadah sampah terpilah yang digunakan yaitu 19 unit pada masing-masing lantai.

## 2. Pengumpulan

Pengumpulan yang direncanakan secara manual yaitu mengambil sampah dari setiap wadah dan membawa ke Titik Kumpul menggunakan container beroda 240 L. Proses pengumpulan, dibagi menjadi 4 zona karena letak antar gedung yang berjauhan yaitu Zona 1, Zona 2, Zona 3 dan Zona A. Zona 1 mengumpulkan sampah perkuliahan-perkantoran pada Gedung A, B dan C. Zona 2 mengumpulkan sampah perkuliahan-perkantoran pada Gedung D,E dan F. Zona 3 mengumpulkan sampah perkuliahan-perkantoran pada Gedung G, H, I dan wadah 7 pada taman-jalan. Sedangkan Zona A mengumpulkan sampah taman-jalan pada wadah 1-6.

Dalam mendesain jumlah alat pengumpul yang akan digunakan untuk titik kumpul, maka berikut ini rumus untuk menghitung jumlah kontainer untuk kebutuhan Komersil dan Fasilitas Umum (SNI 3242-2008):

$$\text{Jumlah Alat Pengumpul} = \frac{\text{Jumlah TS}}{\text{KK} \times \text{FP} \times \text{Ritasi}}$$

Keterangan:

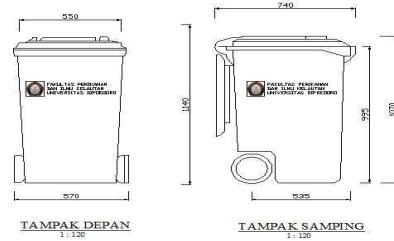
TS = Timbulan sampah (Liter/hari)

KK = Kapasitas alat pengumpul (Liter/trip)

Fp = Faktor Pemadatan (1,2)

Ritasi = Jumlah ritasi dalam 1 hari (trip/hari)

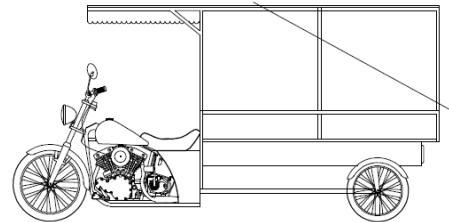
Alat pengumpul yang dibutuhkan masing-masing zona yaitu 1 alat kumpul sehingga, total alat kumpul yang diperlukan FPIK yaitu 4 buah.



**Gambar 7. Desain Kontainer Wadah Pengumpul Sampah**

## 3. Pemindahan

Di FPIK pola pengangkutan yang akan dilaksanakan merupakan pola pengumpulan individual tidak langsung yaitu pada saat motor angkut mengambil sampah dari sumber sampah di titik kumpul tiap zona.



**Gambar 8. Desain Alat Angkut**

Berikut adalah contoh perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk pemindahan sampah pada tahun 2016.

Jumlah Ritasi =

$$\frac{\text{Volume timbulan sampah gedung + taman}}{\text{kapasitas alat pengumpul} \times \text{faktor pemadatan}} = \frac{436,58 \text{ l/hari} + 252,92 \text{ l/hari}}{1419,6 \text{ l/trip} \times 1,2} = 0,4 \sim 1$$

trip/hari

Jumlah motor sampah

$$\frac{\text{Volume timbulan sampah gedung + taman}}{\text{kapasitas alat pengumpul} \times \text{faktor pemadatan} \times \text{ritasi}} = \frac{436,58 \text{ l/hari} + 252,92 \text{ l/hari}}{1419,6 \frac{\text{l}}{\text{trip}} \times 1,2 \times 1 \text{ trip/hari}} = 0,4 \sim 1 \text{ unit}$$

## 4. Kebutuhan Jumlah Pekerja

Jumlah pekerja yang dibutuhkan perlu diketahui agar terjadi efisiensi dalam pekerjaan seperti tidak terjadi kekurangan tenaga kerja maupun pemborosan upah pekerja. Menurut SNI-3242-2008 Tentang

Pengelolaan Sampah di Pemukiman, perhitungan kebutuhan pekerja adalah sebagai berikut.

Personil Pengumpul = JAP + (2 x JA pengumpulan langsung)

Keterangan:

JAP = Jumlah alat pengumpul

JA = Jumlah Armada

Personil yang dibutuhkan = 4 orang + (2 orang/armada x 1 armada) = 6 orang

Namun, setelah melakukan perhitungan jam kerja, pekerjaan pengumpulan sampah taman-jalan dapat dikumpulkan oleh pengumpul pada zona 3 karena memiliki jam kerja yang lebih sedikit.

### C. Rencana Anggaran Biaya

Total Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah gabungan dari biaya investasi berupa pengadaann awal peralaan dan perlengkapan serta biaya operasional dan pemeliharaan. Berikut ini Tabel rekapitulasi.

**Tabel 2. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya**

No	Jenis Biaya	Jumlah	Total Biaya
1	Biaya Investas-Reinvestasi	Rp774.664.548	<b>Rp 7.849.272.035</b>
2	Biaya Penyusutan	Rp 34.624.126	
3	Biaya Operasional & Pemeliharaan	Rp 7.039.983.361	

### KESIMPULAN

1. Timbulan sampah yang dihasilkan perkuliahan-perkantoran adalah 0,013 kg/orang/hari dengan komposisi berat sampah dominan 52,34% sisa makanan. Sedangkan pada sampah

taman-jalan, besar timbulan adalah 0,0024 kg/m<sup>2</sup>/hari dengan komposisi dominan 79,36% daun. Sampah perkuliahan-perkantoran FPIK Undip memiliki karakteristik nilai densitas rata-rata 88,70 kg/m<sup>3</sup>, kadar air 31,75%, kadar abu 3,537%, kadar kalori 3544,80 kal/gr, kadar C 28,34% dan kadar N 1,18%. Sedangkan sampah taman-jalan FPIK Undip memiliki karakteristik nilai densitas rata-rata 71,50 kg/m<sup>3</sup>, kadar air 18,34%, kadar abu 10,37%, kadar kalori 3814,28 kal/gr, kadar C 32,25% dan kadar N 0,93%.

2. Rencana sistem pengelolaan persampahan FPIK Undip meliputi aspek pewadahan, pengumpulan, pemindahan, dan biaya operasional disesuaikan dengan SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Pengelolaan Sampah Perkotaan dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.

### SARAN

1. Sistem pengolahan sampah FPIK harus disesuaikan dengan SNI 19-2454-2002 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 yaitu dengan tidak membuang sampah ke lahan kosong milik Undip di belakang Kompleks Permata Hijau, tetapi melakukan pemindahan sampah ke TPST Undip.
2. Pengolahan sampah organik FPIK sebaiknya menggunakan pengomposan karena sesuai dengan penelitian mengenai jumlah timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah di FPIK.
3. Perlu adanya rapat koordinasi dengan dosen dan himpunan mahasiswa baik tingkat fakultas maupun tingkat jurusan.

4. Perlu adanya sosialisasi kepada seluruh penghuni kampus mengenai pewadahan sampah yang baru.
5. Perlu adanya koordinasi dan sosialisasi kepada petugas kebersihan yang ada di FPIK Undip mengenai kegiatan pengumpulan dan pemindahan sampah kepada petugas mengenai metode baru yang digunakan.
6. Perlunya perencanaan tambahan terkait aspek kelembagaan, peraturan dan peran serta masyarakat untuk menunjang perencanaan teknik operasional pengolahan sampah di FPIK.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga*. Jakarta:Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anonim. 2012. *Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anonim. 2014. *Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anonim. 2008. *Undang-Undang No.18 Tahun 2008 Tentang Pengelolan Sampah*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anne, Agnes Elita. 2011. *Studi Timbulan dan Komposisi Sampah Sebagai Dasar Desain Sistem Pengumpulan Sampah di Kawasan Kampus Universitas Indonesia (Studi Kasus: 4 Fakultas dan 1 Fasilitas di Kampus Universitas Indonesia)*. Universitas Inodonesia: Teknik Lingkungan.
- Anneke T, Ellen., Selitung, Mery., Zubair, Achmad. 2012. *Studi Karakteristik Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir Di Kabupaten Maros*. Universitas Hasanuddin: Teknik Sipil.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Aspian, Suparmi. 2009. *Optimalisasi Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah Kota Muara Teweh Melalui Pendekatan Zonasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Badan Standar Nasional. SNI 19-3694-1994 *Tentang Metode Pengambilan Dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Jakarta: Balitbang DPU.
- Badan Standar Nasional. SNI-19-3983-1995 *Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen-komponen Sumber Sampah*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Badan Standar Nasional. SNI 19-2454-2002 *Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta: Balitbang DPU.
- Badan Standar Nasional. SNI 01-6235-2000 *Briket Arang Kayu*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Badan Standar Nasional. SNI 3242-2008 *Tentang Pengelolaan Sampah di Pemukiman*. Jakarta: Balitbang DPU.
- Becidan, Mechael. 2007. *Experimental Studies on Municipal Solid Waste and Biomass Pyrolysis*. Norwegian University of Science and Technology: Faculty of Engineering Science and Technology.
- Burke, Dennis A. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook: Options for Recovering Beneficial*

- Product from Dairy Manure*. Olympia, WA: Environmental Energy Company
- JDCK, Bintek. 1999. Upaya Minimalisasi Sampah. pplp-dinciptakaru.jatengprov.go.id. Diakses 10 Januari 2016.
- Chandrappa, R., dan Das, D.B. 2012 *Solid Waste Management*. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Damanhuri, Enri. 2010. *Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2012. *Materi Bidang Sampah*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Pengembangan PLP. 2012. Menteri Bidang Sampah I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP, Direktorat Pengembangan PLP, Direktorat Jenderal Cipta Karya. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- El-Fadel, M., BSAT, R., Adada M. 2004. Use of Spreadsheets in Environmentasl Education: an Application for Solid Waste Management. *J. Engng.* 20(6):909-919.
- Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. 2015. *Profil Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Haug. Roger T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. USA: Lewis Publisher.
- Ionescu, Gabriela., Marculescu, Cosmin., Badea, Adrian. 2011. Alternatif Solutions For Municipal Solid Waste to Energy Conversion. *U.PB. Science Bull.* C(73):3.
- Khalid, Azeem., Arshad, Muhammad., Anjum, Muzammil., Mahmood Tariq., Dawson, Lorna. 2011. *Reproduced fro Waste Management*. Pakistan: University of Agriculture
- Park, C., Lee, C., Kim, S., Chen, Y., Chase, H.A., 2005. *Upgrading of Anaerobic Digestion by Incorporating Two Different Hydrolysis Processes*. J. Biosci: Bioeng.
- Mashun, Mohammad. 2009. *Pengukuran Kinerja Sektor Publik*. BPFE: Yogyakarta
- Ojha, Durga. 1998. *Impact Monitoring Approaches and Indicators*. GTZ: Esborn.
- Oktavia, Devi Ambarwaty., Djurnali Mangunwidjaja, Singgih Wibowo, Titi Candra Sunarti. 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik dan Lipolitik. Bogor: Agointek IPB.
- Pasek, Ari Darmawan., Gultom, Kilbergen W., Suwono, Aryadi. 2013. Feasibility of Recovering Energy from Municipal Solid Waste to Generate Electricity. *Jurnal Engineering Technical.Sci.*45(3): 241-256.
- Poonia, M P, Vipin Upadhyay, Jethoo A.S. 2012. Solid Waste Collection and Segregation: A Case Study of MNIT Campus,Jaipur. India: Internasional Journal of Engineering and Inovative Technology (IJEIT).
- Ruslinda, Yenni., Indah, Shinta, Laylani, Widya. 2012. Studi Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah Domestik Kota Bukit Tinggi. Padang: *Jurnal Teknik lingkungan UNAND*, 9(1): 1-12.
- Republik Indonesia. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 690.900-327 Tahun 1996 tentang *Kriteria Penilaian dan Kinerja Keuangan*. Jakarta.
- Ryak R. 1992. *On Farm Composting Handbook*. Nort theast Regional

- Agricultural Engineering Service*  
PU. No. 54. Ithaca, N.Y.:  
*Cooperative Extension Service.*
- Sari, Anugrah Juwita. 2012. Potensi Sampah TPA Cipayung Sebagai Bahan Baku *Refused Derived Fuel* (RDF). Universitas Indonesia: Teknik Lingkungan.
- Sholichah, E. Dan Afifah, N. 2011. *Studi Banding Penggunaan Pelarut Air dan Asap Cair Terhadap Mutu Briket Arang Tongkol Jagung.* Prosiding SNAPP 2011 Sains, Teknologi dan Kesehatan. ISSN: 2089-3582.
- Sudomo, Fajar. 2012. *Perencanaan Optimalisasi Sistem Pengelolaan Persampah Kampus Undip Tembalang.* Tugas Akhir: Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Sucipto, C. D. 2012. *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah.* Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D.* Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Suryana. 2010. *Metodologi Penelitian.* Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik.* Yogyakarta: Kanisius.
- Suyitno, Muhammad Nizam, Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tchobanoglous, George. Theisen, Hilary. Vigil, Samuel. 1993. *Integrated Solid Waste management.* New York: McGraw-Hill.
- Zekkos Dimitrios. 2008. *Geotechnical Characterization, Field Measurement, and Laboratory Testing of Municipal Solid Waste.* America : ASCE.