

Evaluasi Proses Pengeringan Lumpur pada Unit *Sludge Dewatering* dengan Media *Filter Cloth* di IPAL Komunal Telaga Abadi Kabupaten Gresik

Sulthan Muchammad Quds dan Agus Slamet

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: agusslamet@enviro.its.ac.id

Abstrak—Operasi pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Telaga Abadi yang berlokasi di Kelurahan Bedilan, Kabupaten Gresik, menghasilkan residu berupa limbah lumpur. Dalam mengolah limbah lumpur tersebut USAID IUWASH PLUS telah bekerja sama dengan ITS Tekno Sains untuk membangun sebanyak 4 unit *Sludge Dewatering* (SD) yang dilengkapi dengan media *filter cloth*. Namun sampai saat ini belum ada penelitian yang dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu pengeringan yang optimum pada unit SD tersebut untuk menghasilkan lumpur kering dengan karakteristik kadar air <60% sesuai Lampiran II Permen PUPR No 4 Tahun 2017. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis proses pengeringan lumpur pada unit SD dengan melakukan sampling pada lumpur IPAL Komunal yang dikeringkan setiap harinya. Sampel lumpur yang diambil akan dibawa menuju laboratorium untuk diuji karakteristik kadar air lumpur, *total solid* (TS), *volatile solid* (VS) dan *fixed solid* (FS), pengujian dilakukan setiap hari untuk mengetahui kandungan dan perubahan persentasenya selama proses pengeringan lumpur. Lalu, pengujian kadar fosfor (P), karbon (C), nitrogen (N), rasio C/N, pH, serta *coliform* akan dilakukan pada akhir pengeringan lumpur untuk mengetahui apakah lumpur olahan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan baku kompos organik sesuai standar spesifikasi kompos yang tercantum dalam SNI 19-7030-2004. Setelah rangkaian pengujian laboratorium dilakukan, didapatkan waktu pengeringan optimum lumpur IPAL pada unit SD dengan media *filter cloth* adalah 7 – 23 hari pada periode 1 dan 9 – 21 hari pada periode 2. Selanjutnya, lumpur yang telah dikeringkan dapat dijadikan sebagai bahan baku kompos apabila dicampur dengan kapur dolomit untuk menetralkan derajat keasamannya.

Kata Kunci—*Filter Cloth*, Kadar Air, Lumpur, *Sludge Dewatering*, Waktu Pengeringan.

I. PENDAHULUAN

UNTUK mengatasi permasalahan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik, Pemerintah Indonesia berupaya melakukan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di berbagai wilayah pemukiman melalui konsep pembangunan berbasis masyarakat. Hasil pengolahan air limbah (*efluen*) dari IPAL Komunal tersebut memang dapat dimanfaatkan kembali, misalnya untuk menyiram tanaman dan mencuci kendaraan. Namun, dalam operasional IPAL tidak lepas dari permasalahan lain yaitu timbulnya lumpur (*sludge*) sebagai produk samping yang juga perlu diolah agar tidak menimbulkan masalah saat dikembalikan ke lingkungan [1]. Terdapat 2 metode yang dapat dipilih untuk mengatasi permasalahan ini yaitu konsep stasioner dengan

pembangunan unit pengolahan lumpur di sekitar lokasi IPAL atau menggunakan konsep mobile dengan membawa lumpur IPAL komunal dengan *truck* pengangkut menuju Instalasi Pengolahan Lumpur (IPL).

Dengan mempertimbangkan lokasi IPAL Telaga Abadi yang memiliki lahan kosong namun akses jalannya sulit diakses oleh *truck* tinja, maka metode pengolahan lumpur dilakukan secara stasioner, yaitu dengan memompa lumpur yang dihasilkan di unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) menuju unit *Sludge Dewatering* dengan pompa submersible. *Sludge Dewatering* (SD) yang dibangun oleh USAID IUWASH Plus & ITS Tekno Sains merupakan unit pengeringan lumpur yang dioperasikan dengan bantuan sinar matahari dan udara setempat. Pengolahan dengan sistem *dewatering* banyak dipilih dikarenakan operasionalnya cukup mudah meskipun dengan volume lumpur yang besar menghasilkan pengurangan kadar air yang tinggi [2].

Pada prinsipnya pengolahan lumpur dengan proses pengeringan (*dewatering*) dilakukan dengan meletakkan lumpur pada suatu wadah (*bed*) dan dilakukan pengeringan dengan memanfaatkan energi panas dari sinar matahari. Proses ini dapat mengurangi volume lumpur yang dihasilkan karena kadar air berkurang melalui proses penguapan, hingga kadar air tersisa 60% dengan waktu pengeringan 10-15 hari [3]. Selain itu, proses pengeringan ini juga meningkatkan kadar TS dan pengurangan pada komponen *organic volatile* sebesar 51-65% [4]. Proses dan laju pengeringan unit SD dipengaruhi oleh faktor utama yakni sinar matahari dan beberapa faktor lainnya seperti, suhu, kelembapan reaktif, kadar air lumpur awal, pembentukan kerak, kecepatan angin dan adanya kandungan zat kimia dalam lumpur [5]. Penelitian ini difokuskan pada kinerja unit SD berdasarkan faktor suhu udara ambien, kelembapan udara dan kecepatan angin daerah setempat.

Selain faktor lingkungan, ketebalan lumpur dan pemilihan media filter pada unit SD juga berpengaruh pada proses pengeringan lumpur. Ketebalan lumpur (*cake*) untuk proses pengeringan lumpur SD sebesar 20-30 cm dengan menggunakan media pasir dan kerikil [6]. Umumnya lapisan paling atas pada unit SD adalah lumpur (*cake*), dilanjutkan dengan lapisan pasir, kemudian lapisan kerikil, diakhiri dengan lapisan drain untuk menampung air hasil filtrasi (*filtrat*) [7]. Untuk memperoleh kadar air lumpur sebesar 60-80% dengan media pasir dan kerikil dibutuhkan waktu pengeringan selama 2 hingga 3 minggu. Namun, media filter yang digunakan pada unit SD yang terdapat di IPAL Telaga

Abadi memiliki perbedaan dari unit SD kebanyakan, yaitu media *filter cloth*. Filter cloth merupakan media filter berupa kain saringan yang digunakan dalam proses pemisahan partikel padat dari cairan (termasuk *sludge*) [8].

Berdasarkan kondisi diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan waktu pengeringan (*drying time*) yang tepat agar unit SD dengan media filter cloth pada IPAL Komunal Telaga Abadi mampu mengeringkan lumpur IPAL hingga memiliki kadar air sebesar <60% [6]. Penelitian ini juga dilakukan untuk melihat pengaruh kondisi lingkungan wilayah setempat berdasarkan karakteristik suhu udara, kelembapan udara ambien dan kecepatan angin terhadap proses pengeringan lumpur IPAL pada unit SD dengan media filter cloth, sehingga nantinya dapat dijadikan rekomendasi untuk operasional unit SD di IPAL Telaga Abadi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi lapangan dan dilanjutkan dengan pengujian sampel di Laboratorium. Hasil studi lapangan menunjukkan bahwa kadar air awal pada lumpur IPAL menunjukkan angka diatas 90%, sehingga harus dilakukan pengolahan agar kadar airnya dapat mencapai angka <60%. Selain itu, penggunaan media *filter cloth* merupakan hal baru pada proses pengeringan lumpur. Namun belum ada penelitian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif media tersebut.

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data primer hasil pengujian laboratorium, serta data sekunder yang didapatkan dari berbagai literatur seperti jurnal, buku, artikel ilmiah dan hasil wawancara langsung dengan pengelola IPAL Komunal Telaga Abadi.

A. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk persiapan penelitian adalah 1 set pompa submersible dan selang PVC Ø1 ½ inch sepanjang 10 meter. Sedangkan alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah pipa sampling dengan wadah plastik, cawan porselen, oven, desikator, furnace, neraca analitik dan sejumlah *glassware* laboratorium. Adapun bahan yang perlu disiapkan adalah lumpur influen dan lumpur hasil olahan dari unit SD.

Selain itu, dibutuhkan pula alat untuk pengukuran kondisi lingkungan yang berpengaruh pada proses pengeringan lumpur di unit SD yaitu suhu udara, kelembapan udara ambien dan kecepatan angin. Suhu udara diukur menggunakan *thermometer*, kelembapan udara diukur dengan *hygrometer*, sedangkan kecepatan angin diukur dengan Anemometer.

B. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dimulai dengan melakukan pembersihan pada unit SD dan media *filter cloth* yang digunakan. Kain filter yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu agar dapat digunakan kembali setelah sebelumnya telah digunakan untuk mengeringkan lumpur pada periode sebelumnya. Setelah dicuci, kain filter dijemur dibawah sinar matahari hingga kering sehingga dapat digunakan di hari berikutnya.

Setelah kering, kain filter dipasang kembali pada bak SD. Kemudian disiapkan peralatan (pompa & selang) yang akan

Tabel 2.
Hasil Analisis Lumpur Hari ke-0

Sumber Lumpur	Kadar Air (%)	TS (%)
Periode 1:		
Kompartemen 1	5,41	94,59
Kompartemen 2	0,29	99,71
Periode 2:		
Kompartemen 1	5,36	94,64
Kompartemen 2	1,82	98,18

Tabel 3.
Hasil Pengukuran Ketebalan Lumpur

Unit	Ketebalan Lumpur (cm)			
	Hari 0	Hari 1	Hari 2	Hari 3
Periode 1				
20-1	20	5,6	4,3	4,3
30-1	30	12,5	8,2	6,1
20-2	20	1,8	1	0,9
30-2	30	6	4,4	4,4
Periode 2				
20-1	20	8,2	6,3	6,2
30-1	30	12,2	9,2	8,6
20-2	20	3,5	3,3	3,1
30-2	30	4,8	4,2	4,1

digunakan untuk memindahkan lumpur dari unit ABR menuju unit SD. Pengisian lumpur dilakukan secara variatif, yaitu sumber lumpur berasal dari kompartemen 1 dan 2 unit ABR, yang masing-masing diisi lumpur setinggi 20 cm dan 30 cm, pada unit SD yang berbeda sesuai pada Tabel 1.

C. Pengambilan dan Pelabelan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan modifikasi teknik sampling tanah utuh (*Undisturbed Soil Sampling*). Alat utama yang digunakan adalah pipa berukuran 20 – 30 cm (sesuai ketebalan pengeringan lumpur), pipa tersebut akan ditancapkan dari permukaan hingga dasar lumpur yang sedang dikeringkan, dikeluarkan pada saat lumpur telah masuk ke dalam pipa, kemudian ditutup rapat, diberi label dan dilapisi dengan wadah plastik.

Proses sampling dilakukan setiap hari selama penelitian berlangsung. Pipa berisi sampel yang telah diambil, dimasukkan ke dalam wadah plastik kemudian disimpan di dalam lemari es, sebelum dibawa menuju laboratorium menggunakan *cooler box*. Hal tersebut dilakukan untuk agar tidak terjadi proses evaporasi selama pengangkutan sampel. Penelitian Laboratorium

Penelitian dimulai dengan melakukan analisis laboratorium karakteristik awal lumpur IPAL. Selanjutnya akan dilakukan penelitian dengan memvariasikan volume lumpur dan waktu pengeringan pada 2 periode yaitu pada bulan Maret-April (Periode 1) dan Mei-Juni (Periode 2). Pengujian terhadap lumpur olahan yang dihasilkan pada unit SD dilakukan setiap hari sekali berdasarkan parameter kadar air lumpur, *total solids*, *volatile solids* dan *fixed solids* (Abu). Hasil analisis berdasarkan parameter terkait akan dijadikan landasan untuk menentukan waktu pengeringan yang optimum pada unit SD dengan media *filter cloth*.

Sebagai penelitian lanjutan, pada akhir penelitian akan

dilakukan analisa unsur P, rasio C/N, pH, serta coliform pada lumpur kering hasil olahan unit SD. Hal ini dilakukan untuk menganalisa apakah lumpur tersebut dapat dijadikan sebagai bahan baku kompos organik sesuai dengan [9].

D. Analisis Data

Metode analisis data yang dilakukan dengan rumus regresi linier dan koefisien korelasi, yang didapat setelah membuat grafik di *Microsoft Excel*. Kemudian analisis mengenai pengaruh kondisi lingkungan dilakukan melalui penentuan sumbangan efektif (SE) dan sumbangan relatif yang didapat melalui pemrograman *SPSS 25*.

Regresi linier adalah suatu metode statistika untuk mencari tahu hubungan antara variabel terikat atau (Y) dengan satu atau lebih variabel bebas (X). Sedangkan, koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kekuatan dan arah hubungan linier antara dua variabel [10].

Sumbangan efektif (SE) adalah ukuran sumbangan suatu variabel X terhadap variabel Y dalam analisis regresi. Selanjutnya, sumbangan relatif (SR) juga dihitung untuk menunjukkan besarnya sumbangan masing-masing variabel X terhadap jumlah kuadrat regresi nya [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Awal Lumpur IPAL

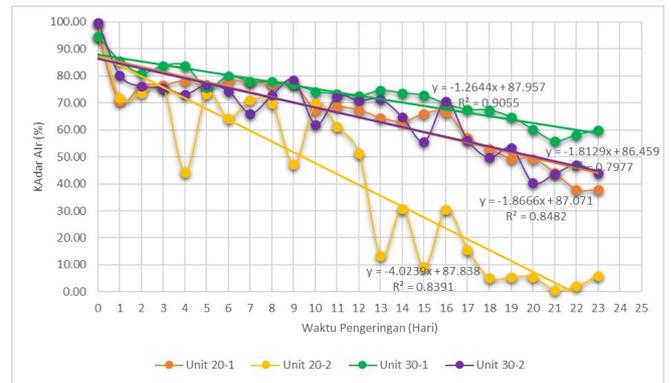
Sebelum penelitian utama berlangsung, dilakukan analisis karakteristik awal mengenai objek penelitian. Objek pada penelitian ini adalah lumpur hasil pengolahan air limbah pada kompartemen 1 dan 2 unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), yang terdapat pada IPAL Komunal Telaga Abadi. Analisis karakteristik awal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal kadar air dan TS pada lumpur. Hasil analisis yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Keadaan lumpur IPAL saat dipompakan adalah memiliki warna hitam pekat, berbau tidak sedap, memiliki suhu sekitar 31°C, terdapat banyak alga berbagai pengotor lain seperti dedaunan, ranting pohon serta berbagai sampah domestik yang menempel pada lumpur.

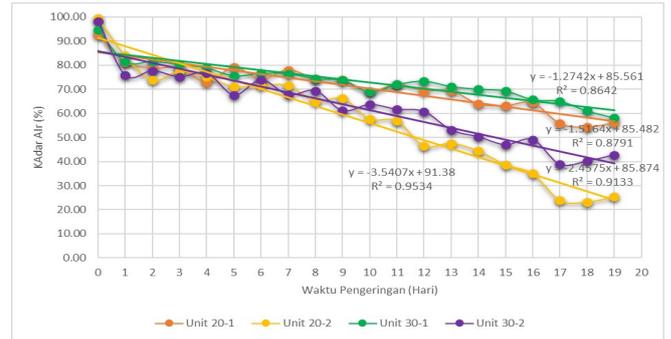
B. Proses Filtrasi

Pengolahan pertama yang terjadi setelah lumpur IPAL dipindahkan dari unit ABR menuju unit SD adalah proses filtrasi. Proses filtrasi merupakan proses penyaringan lumpur melalui media kain filter, selama proses berlangsung, terjadi adanya pemisahan partikel tersuspensi dan koloid [12]. Saat tahap ini akan terjadi penurunan kadar air pada lumpur hingga mencapai kadar air 80%. Saat proses filtrasi, air buangan (filtrat) yang melewati media filter dialirkan kembali menuju unit ABR melalui pipa outlet. Penurunan ketebalan lumpur IPAL dalam bak SD pada saat proses filtrasi dapat diukur secara langsung menggunakan penggaris. Hasil pengukuran penurunan ketebalan lumpur IPAL dalam bak SD ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Perbedaan ketebalan lumpur mempengaruhi lamanya waktu yang diperlukan untuk mengeringkan lumpur IPAL hingga kadar airnya mencapai dibawah 60% [13]. Lumpur dengan ketebalan yang lebih kecil akan memudahkan cahaya dan udara masuk ke dalam lumpur dibandingkan dengan lumpur yang memiliki nilai ketebalan lebih tinggi [2].



Gambar 1. Grafik Perbandingan Waktu Pengeringan dan Kadar Air pada Periode 1 selama 23 Hari.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Waktu Pengeringan dan Kadar Air pada Periode 2 selama 19 Hari.

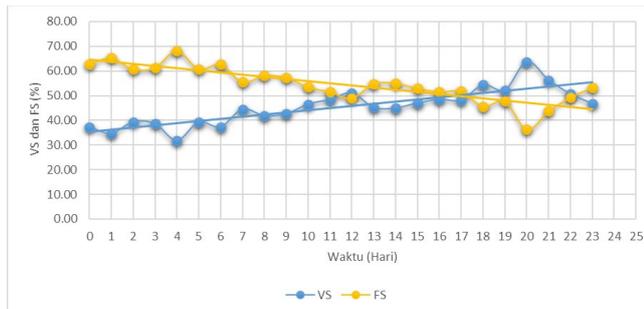
Tabel 4.
Hasil Perhitungan Waktu Pengeringan Optimum (WPO)

Unit	Rumus	x (y=60)	WPO(Hari)
Periode 1			
20-1	$y = -1,8666x + 87,071$	14,5028	15
30-1	$y = -1,2644x + 87,957$	22,1109	23
20-2	$y = -4,0239x + 87,838$	6,9208	7
30-2	$y = -1,8129x + 86,459$	14,1525	15
Periode 2			
20-1	$y = -1,5164x + 85,482$	16,8043	17
30-1	$y = -1,2742x + 85,561$	20,0604	21
20-2	$y = -3,541x + 91,380$	8,8627	9
30-2	$y = -2,458x + 85,874$	10,529	11

C. Penurunan Kadar Air Lumpur IPAL

Analisis utama penelitian ini adalah kadar air dan *Total Solids* (TS), yang merupakan parameter penting untuk menentukan waktu pengeringan yang optimum pada unit *Sludge Dewatering*. Analisis kadar air dan TS dilakukan setiap hari dengan tujuan agar didapatkan hasil penurunan konsentrasi padatan yang tersuspensi maupun terlarut, setelah dilakukan pengolahan dengan media kain filter pada unit SD [2]. Analisis kadar air dan TS dilakukan setiap hari hingga persentase kadar air lumpur olahan kurang dari 60% sesuai [6].

Grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan rumus regresi linier dan koefisien korelasi hubungan antara variabel bebas x (waktu pengeringan) dengan variabel terikat y (kadar air). Waktu pengeringan optimum dapat ditentukan dengan menginputkan persentase kadar air



Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu Pengeringan dengan %FS dan %VS. Diambil contoh data dari sampel 30-1 pada periode 1.

Tabel 5. Hasil Pengolahan Data Program SPSS 25

Variabel	Stand.Coef. (Beta)	Korelasi Pearson	R Square (%)	Sig.F Change
Periode 1				
Suhu Udara (X1)	0,705	-0,084	25,6	0,377
Kelembapan Udara (X2)	0,908	-0,214		
Kecepatan Angin (X3)	-0,419	-0,288		
Periode 2				
Suhu Udara (X1)	0,857	0,444	25,8	0,330
Kelembapan Udara (X2)	0,436	-0,221		
Kecepatan Angin (X3)	-0,131	0,197		

sebesar 60 ke dalam variabel y pada rumus, sehingga didapatkan nilai x yang menunjukkan hari pengeringan yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air lumpur dibawah 60%.

Tabel 4 menunjukkan pada WPO tersebut, lumpur IPAL yang sudah kering (kadar air <60%) dan memenuhi persyaratan sesuai Lampiran II Permen PUPR No. 4 Tahun 2017, dapat dipindahkan secara manual dengan peralatan seperti cangkul dan/atau sekrop.

D. Kandungan Volatile-Fixed Solids pada Lumpur IPAL

Total Solids (TS) terdiri dari Volatile Solids (VS) dan Fixed Solid (FS). Dimana VS menunjukkan unsur organik, sedangkan FS menunjukkan unsur anorganik yang terkandung dalam lumpur. Penentuan kadar VS dan FS merupakan penelitian lanjutan dari penentuan kadar air pada lumpur. Seluruh sampel yang diuji pada penelitian ini cenderung memiliki %FS yang lebih tinggi diawal pengeringan, selanjutnya nilai %FS menurun terus-menerus, sebaliknya %VS pada sampel lumpur cenderung mengalami kenaikan.

Lumpur residu yang dihasilkan pada proses pengolahan IPAL memiliki bagian anorganik yang lebih banyak, ditunjukkan dari %fixed solid yang lebih tinggi dari %volatile solid [14]. Hal tersebut sejalan dengan perhitungan persentase VS dan FS pada sampel awal lumpur. Namun, dapat dilihat pada Gambar 3 kandungan sampel menunjukkan penurunan pada %FS dan kenaikan pada %VS.

Kenaikan %VS disebabkan karena kandungan organik pada lumpur meningkat seiring berjalannya waktu pengeringan lumpur. Pertumbuhan algae, jamur putih serta tanaman liar terjadi pada bagian permukaan dan dalam

Tabel 6. Hasil Perhitungan SE dan SR

Variabel	Periode 1	Periode 2	Rata-Rata
SE(X)%			
X1	-5,922	38,050	16,064
X2	19,431	-9,635	4,897
X3	12,067	-2,580	4,743
R ²	25,576	25,834	25,705
SR(X)%			
X1	-0,231	1,472	0,624
X2	0,759	-0,372	0,190
X3	0,471	-0,099	0,184
Total	1	1	1

Tabel 7. Hasil Pengukuran Lumpur Kering

Lumpur ABR	Kadar Air (%)	C (%)	N (%)	Rasio C/N	P (%)	pH	Coliform (MPN /g)
Unit 1	59,9	27,1	1,3	20,85	0,93	6,5	<3
Unit 2	43,9	31,9	1,25	25,50	0,45	6,5	<3
SNI	<50	9,8 - 32	>0,4	10 - 20	>0,1	6,8 - 7,5	<1000
ES	<75	-	<2	<25	<800 mg/l	5,5 - 7,0	<1000
Ket.	*	✓	✓	*	✓	*	✓

lumpur IPAL. Pertumbuhan ini disebabkan karena lumpur IPAL memiliki kandungan nutrisi (nitrogen & fosfor) yang mendukung fotosintesis.

Saat dilakukan pengambilan sampel, kandungan organik (algae, jamur putih, akar tanaman liar) menempel pada kandungan solid lumpur, sehingga sulit untuk dipisahkan. Saat pengujian laboratorium berlangsung, kandungan organik akan terhitung sebagai %VS, sehingga nilai %FS akan menurun dengan perhitungan yang didasarkan dari dry basis.

E. Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Proses Pengeringan Lumpur IPAL

Kondisi lingkungan seperti sinar matahari, suhu udara, kelembapan udara ambien serta kecepatan angin merupakan faktor penting dalam proses dan laju pengeringan lumpur pada unit SD [5]. Pengukuran kondisi lingkungan dilakukan secara langsung di sekitar lokasi. Suhu udara diukur menggunakan alat termometer, kelembapan udara diukur menggunakan alat hygrometer, kecepatan angin diukur menggunakan alat anemometer.

Hasil pengukuran kondisi lingkungan akan dihubungkan dengan rasio penurunan kadar air rata-rata menggunakan program SPSS 25.

Tabel 5 menampilkan angka Significant F Change pada kedua periode menunjukkan hasil lebih dari 0,05 (>0,05). Maka artinya suhu udara (X1), kelembapan udara (X2) dan kecepatan angin (X3) secara simultan tidak berpengaruh terhadap penurunan kadar air (Y). Namun, dari data yang lain dapat dilakukan perhitungan SE dan SR berdasarkan rumus berikut:

$$SE(X)\% = \text{Beta}_x \times \text{Koef. Pearson} \times 100$$

$$SR(X)\% = SE(X)\% / R^2$$

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai R Square pada

kedua periode berada pada kisaran $R^2 = 0,25$. Hal ini menunjukkan derajat hubungan kondisi lingkungan (suhu lingkungan, kelembapan udara dan kecepatan angin) terhadap penurunan kadar air lumpur, berada pada tingkatan rendah.

Kemudian nilai rata-rata sumbangan efektif yang ditunjukkan pada kedua periode menunjukkan hasil dimana secara berurutan variabel lingkungan yang paling berpengaruh pada penurunan kadar air selama proses pengeringan lumpur adalah suhu udara (16,1%), kelembapan udara (4,9%) dan kecepatan angin (4,7%).

F. Pemanfaatan Lumpur Hasil Pengolahan

Lumpur IPAL yang telah kering dapat dipindahkan secara manual dari unit SD. Lumpur tersebut dapat dimasukkan ke dalam wadah kemudian dibawa menuju tempat pembuangan sampah. Namun, lumpur IPAL yang telah dikeringkan juga dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi bahan baku kompos dengan syarat telah diuji karakteristiknya dan disesuaikan dengan standar yang ada. Pengujian dan perbandingan terhadap karakteristik lumpur kering dilakukan berdasarkan standar spesifikasi kompos sesuai SNI 19-7030-2004 dan *Europe Standard* (ES) [15].

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa pada beberapa parameter tidak memenuhi standar spesifikasi kompos, sehingga diperlukan adanya solusi agar lumpur kering dapat dimanfaatkan sebagai kompos:

a) Kadar air pada lumpur dari kompartemen 1 ABR masih belum memenuhi baku mutu. Maka dari itu, untuk mencapai angka kadar air <50% dapat dicapai dengan menambah waktu pengeringan lumpur.

b) Rasio C/N pada kedua sampel lumpur menunjukkan angka sedikit diatas standar. Hal tersebut tidak menjadi masalah dikarenakan kebutuhan C dan N telah memenuhi standar. Selain itu, saat proses pengomposan berlangsung aktivitas mikroba dekomposer akan membebaskan CO_2 , menyebabkan unsur C menurun sementara N tetap, sehingga rasio C/N akan mengalami penurunan mencapai 10 – 20 (saat matang) [16].

c) Nilai pH pada kedua sampel menunjukkan angka dibawah dari standar spesifikasi kompos. pH tanah dapat dinetralkan kadar keasamannya dengan menambah bahan yang mengandung kapur (Ca), misalnya kapur dolomit yaitu kapur tunggal berkadar magnesium tinggi yang dihasilkan dari proses penambangan [17].

IV. KESIMPULAN

Lamanya waktu pengeringan yang dibutuhkan unit Sludge Dewatering dengan media filter cloth untuk menurunkan kadar air pada lumpur IPAL hingga <60% adalah 7 – 23 hari (Periode 1) dan 9 - 21 hari (Periode 2). Selain itu, pengaruh kondisi lingkungan terhadap penurunan kadar air pada proses pengeringan lumpur tergolong rendah dengan total R Square 25%, dengan sumbangan efektif (SE) masing-masing variabel yaitu, suhu udara (16,1%), kelembapan udara (4,9%) dan kecepatan angin (4,7%). Dan dari hasil karakteristik lumpur IPAL yang dikeringkan telah memenuhi spesifikasi standar kompos berdasarkan parameter kadar karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P) dan coliform. Namun, berdasarkan parameter kadar air, pH dan

rasio C/N masih kurang memenuhi. Maka dari itu, apabila lumpur kering akan dimanfaatkan menjadi kompos maka perlu ditambahkan kapur dolomit. Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, beserta dengan berbagai kekurangan yang ada pada penelitian ini, maka beberapa saran perbaikan diberikan agar penelitian selanjutnya dapat mencapai hasil yang lebih baik: (1) Dapat dibangun adanya unit screen sebagai pengolahan pendahuluan pada IPAL Komunal Telaga Abadi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban pengolahan pada unit Anaerobic Baffled Reactor. Unit screen dan sumur pengumpul sebesar 2 m x 1 m dapat dibangun pada lahan kosong yang berada di depan unit ABR. (2) Perlu disediakan peralatan yang memadai pada IPAL Komunal Telaga Abadi, seperti pompa lumpur beserta dengan aksesorisnya. Hal tersebut akan dapat mempermudah dalam pemindahan lumpur dari unit ABR dan SD. Peralatan yang tersedia merupakan salah satu faktor penting agar pengolahan dapat berjalan secara kontinyu. (3) Waktu pemompaan lumpur dapat dilakukan 3 bulan sekali. Lumpur dari 2 unit ABR (kompartemen 1 dan 2) dapat dipompakan setebal 30 cm pada masing-masing unit SD di waktu yang bersamaan. (4) Perlu adanya penelitian mengenai pengaruh kondisi lingkungan terhadap proses pengeringan lumpur IPAL dengan parameter yang berbeda, diantaranya intensitas cahaya dan curah hujan. (5) Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan lumpur kering. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian untuk 7 dari 31 parameter spesifikasi standar kompos yang tercantum dalam SNI 19-7030-2004.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Cahyadi, "Pemanfaatan limbah lumpur (sludge) wastewater treatment plant PT.X sebagai bahan baku kompos," *J. Tek. Mesin*, vol. 05, no. 1, pp. 31–36, 2016.
- [2] F. M. Ummah, "Pengeringan lumpur ipal biologis pada unit sludge drying bed (Sdb)," *J. Purifikasi*, vol. 18, no. 1, pp. 39–48, 2018.
- [3] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, "SNI 7510-Tata Cara Perencanaan Pengolahan Lumpur pada Instalasi Pengolahan Air Minum dengan Bak Pengeri Lumpur (Sludge Drying Bed)," *SNI 7510*, pp. 1–17, Badan Standarisasi Nasional : Jakarta, 2011.
- [4] S. Hu *et al.*, "Surplus sludge treatment in two sludge treatment beds under subtropical condition in China," *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 119, pp. 377–386, 2017, doi: 10.1016/j.ibiod.2016.11.005.
- [5] M. Danish, H. Jing, Z. Pin, L. Ziyang, and Q. Pansheng, "A new drying kinetic model for sewage sludge drying in presence of CaO and NaClO," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 106, no. 2016, pp. 141–152, 2016, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.05.191.
- [6] M. Pekerjaan, U. Dan, P. Rakyat, and R. Indonesia, "JDIH Kementerian PUPR: Jakarta. pp. 1–20, 2016.
- [7] A. Aboufotouh, A. A. Elbaz, A. M. Aboufotouh, E. H. Elgohary, and M. T. Reham, "Review Classification of sludge drying beds SDB (conventional sand drying beds CSDB, Wedge-wire, Solar, and vacuum assisted and paved drying beds PDB) enhancement of thickening and dewatering characteristics of sewage sludge using by products view project," *J. Mater. Environ. Sci.*, vol. 2020, no. 4, p. 593, 2020.
- [8] I. Zerlin and E. Datta, "A review article on applications of filter cloth," *Int. J. Cloth. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.5923/j.clothing.20180501.01.
- [9] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, "Tabel I Standar kualitas kompos," *SNI-19-7030-2004*, p. 7030, Badan Standarisasi Nasional : Jakarta, 2004.
- [10] Zuhri, "Analisis regresi linier dan korelasi menggunakan pemrograman visual basic," *J. Ilman J. Ilmu Manaj.*, vol. 8, no. 2, pp. 42–50, 2020.
- [11] A. K. W. Andri Rizko Yulianto, Herudini Subariyanti, "Analisis pengaruh kualitas produk dan kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 22, 2020.
- [12] A. N. Sitasari and A. Khoironi, "Evaluasi efektivitas metode dan

- media filtrasi pada pengolahan air limbah tahu,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 19, no. 3, pp. 565–575, 2021, doi: 10.14710/jil.19.3.565-575.
- [13] D. Oktarina and H. Haki, “Perencanaan instalasi pengolahan lumpur tinja sistem kolam Kota Palembang (Studi kasus: IPLT Sukawinatan),” *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 1, no. 1, pp. 74–75, 2013.
- [14] A. Elissa and S. K. Saptomo, “Analisis timbulan lumpur dan kualitas lumpur hasil proses pengolahan air bersih di WTP Kampus IPB Dramaga Bogor,” *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2020, doi: 10.29244/jsil.5.1.31-40.
- [15] P. . William F. Brinton, “Compost Quality Standards & Guidelines,” *Woods End Research Laboratory : New York*, 2000.
- [16] N. K. R. Wulandari, I. A. G. B. Madrini, and I. M. A. S. Wijaya, “Efek penambahan limbah makanan terhadap c/n ratio pada pengomposan limbah kertas,” *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 8, no. 1, p. 103, 2019, doi: 10.24843/jbeta.2020.v08.i01.p13.
- [17] Koesrini, K. Anwar, and E. Berlian, “Penggunaan kapur dan varietas adaptif untuk meningkatkan hasil kedelai di lahansulfat masam aktual [Application of lime and adaptable variety to increase soybean (Glycine max Merrill) productivity on actual Acid Sulphate Soil],” *J. Biol. LIPI*, vol. 14, no. 2, pp. 155–161, 2015.