

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses *Conductive Drying*

Pada penelitian ini digunakannya metode *conductive drying* dimana tidak adanya kontak secara langsung antara media panas dan limbah. *Heater* akan memberikan panas pada limbah sehingga adanya perpindahan panas dan terjadinya penguapan karena adanya perbedaan suhu limbah dengan suhu yang diberikan.

Suhu pengolahan mempengaruhi kelembaban udara yang ada pada alat, dimana suhu yang tinggi menyebabkan kelembaban udara yang rendah dan laju penguapan yang tinggi. Pada proses pengolahan limbah makanan dengan alat FWR adanya pencacahan pada limbah untuk memperluas permukaan bahan sehingga dapat mempercepat proses pengeringan. Hal ini dapat terjadi karena mengurangi jarak antara panas menuju bahan dan jarak massa air dari bahan yang keluar ke permukaan bahan (Muchtadi, 2013 dalam Nuraeni, 2018).

Berdasarkan penelitian Kucbel (2019) pengomposan otomatis dengan menggunakan *Green Good Composter* kandungan senyawa organik pada hasil akhir pengolahan limbah dapur rendah karena faktor dari suhu pengolahan lebih dari 70°C. Suhu pengomposan diatas 50°C dapat membunuh patogen (Hassan, 2010 dalam Shamsuddin dan Junos, 2017). Pada penelitian pendahulu dilakukannya pengolahan pada suhu 60°C dan 70°C. Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan dengan metode *conductive drying*, yaitu massa limbah, suhu pengolahan, dan waktu pengolahan. Pengaruhnya terhadap pengolahan yaitu suhu yang rendah dan massa limbah yang banyak akan membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pengeringan. Sehingga, pada penelitian ini proses pengolahan 500 gram limbah makanan dengan suhu 70°C selama 10 jam akan mendapatkan hasil akhir dengan kondisi limbah yang kering. Proses pengeringan limbah makanan dimana jika suhu mencapai 70°C

pemanas akan berhenti hingga mencapai suhu maksimum dan akan membuang panas yang dihasilkan adanya kipas pada alat.

4.2 Karakteristik Fisika Limbah Makanan Setelah Pengolahan

Karakteristik fisika menunjukkan sifat fisik pada limbah. Proses pengolahan limbah makanan dengan menggunakan metode *conductive drying* dapat mengubah karakteristik fisika pada limbah seperti massa limbah, warna, bau, kadar air, kadar kering, kadar volatil, dan kadar abu yang terkandung pada limbah. Waktu pengolahan merupakan salah satu faktor adanya perubahan karakteristik fisika pada limbah dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Karakteristik Fisika Limbah Setelah Pengolahan

No.	Parameter	Satuan	Waktu (Jam)	
			5 *(S1)	10 **(S2)
1	Massa Awal Sampah	gram	500	
2	Massa Akhir	gram	305	134
3	Warna	-	Tidak ada perubahan warna	Kecoklatan
4	Bau	-	Bau sampah basah/busuk	Tidak berbau
5	Kadar Air	%	54,7	6,5
6	Kadar Kering	%	45,3	93,5
7	Kadar Volatil	%	87	88
8	Kadar Abu	%	13	12

* S1 : Sampel 5 jam pengolahan

**S2 : Sampel 10 jam pengolahan

Berikut merupakan pembahasan karakteristik fisika tiap parameter setelah adanya pengolahan selama 5 jam dan 10 jam.

4.2.1 Massa Limbah

Massa limbah menunjukkan berat limbah dengan satuan gram. Setelah dilakukannya pengolahan 500 gram limbah makanan adanya penurunan massa limbah pada sampel S1 sebesar 39% dengan massa

akhir 305 gram dan S2 sebesar 73,2% dengan massa akhir 134 gram. Penurunan massa limbah lebih besar pada pengolahan 10 jam karena waktu yang lama mempengaruhi penurunan kadar air pada limbah. Hal ini terjadi karena proses pengeringan yang menyebabkan adanya penguapan air. Pada *Smart Composting* penurunan massa limbah sebesar 14% karena suhu yang digunakan 60°C (Chiplunkar dan More, 2018).

Proses pengeringan berlangsung dengan adanya perpindahan air yang terkandung pada limbah ke lingkungan sekitarnya, sehingga terjadi penguapan air karena adanya perbedaan suhu limbah dengan suhu yang diberikan (perpindahan panas). Selain itu, karena adanya panas yang bersumber pada *heater* membuat kelembaban udara menjadi rendah sehingga tekanan uap air pada limbah lebih besar dari pada tekanan uap air dari limbah makanan ke udara. Akibat dari adanya penguapan air dapat menurunkan kadar air yang terkandung pada limbah sehingga massa pada limbah juga berkurang. Pada gambar 7 merupakan massa akhir limbah (a) Sampel S1 dan (b) Sampel S2:



(a)

(b)

Gambar 7 Massa Akhir Limbah

4.2.2 Bau dan Warna Limbah

Hasil dari pengolahan limbah pada sampel S1 tidak adanya perubahan warna dari sebelum pengolahan yaitu masih berwarna sama dengan limbah makanan awal dan memiliki bau seperti limbah makanan

yang basah. Sedangkan pada sampel S2 adanya perubahan warna dari sebelum pengolahan yaitu berwarna kecoklatan kering dan tidak adanya bau seperti pada saat sebelum pengolahan. Perubahan warna terjadi akibat dari proses pemanasan dengan waktu yang lama hingga limbah menjadi kering. Pada gambar 8 menunjukkan warna limbah setelah pengolahan, (a) Sampel S1 dan (b) Sampel S2.



Gambar 8 Warna Limbah Setelah Pengolahan

4.2.3 Kadar Air dan Kadar Kering Limbah

Kadar air menunjukkan kandungan air yang terkandung pada bahan. Setelah dilakukan proses pengolahan dimana jika nilai kadar air lebih tinggi dibandingkan kadar kering berarti bahan tersebut tidak mengandung air yang banyak atau bisa disebut bahan tersebut kering. Limbah makanan memiliki kadar kering 22,8% (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016) yang berarti bersifat basah karena kadar air yang terkandung pada limbah makanan lebih tinggi 77,2%.

Pengolahan limbah makanan dengan metode *conductive drying* dapat menurunkan kadar air karena adanya panas dari *heater* yang dapat menyebabkan terjadinya penguapan air yang terkandung pada limbah makanan pada saat proses pengolahan. Sampel penelitian di oven selama 16 jam pada suhu 105°C, di timbang berat keringnya yang kemudian dihitung nilai kadar air dan hasil perhitungan ada pada lampiran 5. Waktu pengolahan mempengaruhi rendahnya nilai kadar air pada limbah dapat dilihat pada sampel S1 memiliki kadar air lebih tinggi dibanding kadar

keringnya sebesar 54,7% sesuai dengan *ouput* limbah yang masih basah. Sedangkan pada sampel S2 memiliki kadar air lebih rendah dibanding kadar keringnya sebesar 6,5% sesuai dengan *ouput* limbah yang kering. Rendahnya kadar air berbanding lurus dengan penurunan massa limbah dimana penurunan massa limbah diakibatkan karena penurunan kadar air yang tinggi.

Penurunan kadar air juga terjadi pada *Vessel Composting Machine* dengan nilai kadar air 48,9% dan 46,9% (Shamsuddin dan Junos, 2017), *Smart Composting* dengan nilai kadar air 25% (Chiplunkar dan More, 2018) dan S-FRB dengan nilai kadar air 35% (Yeo dkk, 2019). Perbedaan nilai kadar air yang terkandung pada limbah setelah pemanasan karena perbedaan suhu yang digunakan pada setiap alat. Suhu yang digunakan pada *Vessel Composting Machine*, *Smart Composting* dan S-FRB dibawah 70°C.

4.2.4 Kadar Volatil dan Kadar Abu Limbah

Kadar volatil merupakan jumlah zat uap yang terkandung pada suatu bahan yang mengalami pemanasan sedangkan kadar abu menunjukkan jumlah zat yang tidak dapat menguap, dimana jika nilai kadar volatil rendah berarti rendahnya kandungan organik. Limbah makanan memiliki kandungan volatil 88,2% (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016). Pada penelitian sampel dari hasil pengolahan di furnace selama 24 jam pada suhu 600°C yang kemudian ditimbang sisa dari pemanasan dan dilakukan perhitungan dapat dilihat pada lampiran 6. Adanya pengolahan dengan metode *conductive drying* pada sampel S1 dan S2 memiliki kadar volatil tinggi dibanding kadar abu, yaitu berturut - turut 87% dan 88%. Kadar abu pada sampel S2 12% lebih tinggi dibanding S1 13% karena hilangnya garam-garam mineral dan pengotor pada saat pemanasan berlangsung (Hidayat dan Mitarlis, 2016). Berdasarkan penelitian kadar volatil tertinggi selama 10 jam pemanasan namun memiliki kandungan

organik lebih rendah dibanding 5 jam karena pemanasan mengakibatkan adanya penguapan karbon dan nitrogen.

4.3 Karakteristik Kimia Limbah Makanan Setelah Pengolahan

Karakteristik kimia menunjukkan susunan kimia yang ada pada limbah. Proses pengolahan limbah makanan dengan menggunakan metode *conductive drying* dapat mengubah karakteristik kimia pada limbah seperti nilai pH, kadar nitrogen (N), karbon organik (C), rasio C/N, fosfor (P) dan kalium (K). Waktu pengolahan merupakan salah satu faktor adanya perubahan karakteristik kimia pada limbah dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Karakteristik Kimia Limbah Setelah Pengolahan

No.	Parameter	Satuan	Waktu (Jam)	
			5 *(S1)	10 **(S2)
1	pH	-	6,5	7
2	Nitrogen Total (N)	%	0,81	0,54
3	Karbon Organik (C)	%	11,16	8,36
4	Rasio C/N	-	13,8	15,5
5	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	1,19	1,08
6	Kalium (K ₂ O)	%	1,30	1,31

* S1 : Sampel 5 jam pengolahan

**S2 : Sampel 10 jam pengolahan

Berikut merupakan pembahasan karakteristik kimia tiap parameter setelah adanya pengolahan selama 5 jam dan 10 jam.

4.3.1 Derajat Keasaman (pH) Limbah

Derajat keasaman (pH) menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H⁺) yang terkandung. pH dari limbah makanan lebih rendah dibandingkan limbah organik seperti dedaunan hijau dengan pH sekitar 7,3 (Zhang dan Sun, 2014 dalam Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016). Limbah makanan memiliki pH 5,1 (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016) sedangkan pH pada limbah makanan pasca konsumsi di hotel (sisa

prasmanan) sebesar 4,7 (Ho dan Chu, 2018). Nilai pH yang mendekati angka normal dapat digunakan tanaman karena mudah diserap oleh tanaman untuk mengurangi keasaman tanah (Astari, 2011 dalam Suwatanti dan Widiyaningrum, 2017).

Pada sampel S1 nilai pH 6,5 dan S2 memiliki pH 7, sehingga dapat digunakan oleh tanaman sebab nilai pH mendekati atau sama dengan nilai normal. Keberadaan nitrogen dapat mempengaruhi pH (Kusuma, 2012 dalam Hastuti, Samudro dan Sumiyati, 2017). Berdasarkan penelitian waktu pemanasan mempengaruhi nilai pH pada limbah makanan dimana selama 10 jam pemanasan pH netral dibandingkan pada 5 jam pemanasan. Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran pH pada (a) Sampel S1 dan (b) Sampel S2.



Gambar 9 pH Limbah Setelah Pengolahan

Peningkatan pH juga terjadi pada *Vessel Composting Machine* (Shamsuddin dan Junos, 2017) dan *Smart Food Waste Recycling Bin* (Yeo dkk, 2019) yaitu dengan nilai pH berturut-turut 7,6 dan 6,3. Perbedaan nilai pH karena faktor waktu pemrosesan dimana pada *Vessel Composting Machine* dilakukan selama 30 hari serta adanya *bulking agent* (kulit bawang) sedangkan pada S-FRB dilakukan selama 24 jam serta adanya serpihan kayu sebagai biokatalis.

4.3.2 Kadar Nitrogen (N) Limbah

Unsur nitrogen bagi tanaman berguna dalam pertumbuhan batang, cabang, daun dan pembentukan hijau daun untuk proses fotosintesis

(Lingga dan Marsono, 2008). Limbah makanan memiliki kandungan nitrogen 2,5% (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016), limbah dapur 3,19% (Li dkk, 2016), Sudiby (2017) melakukan penelitian dengan sampel limbah kota berjenis limbah makanan dengan kadar nitrogen 1,4% dan Zhang (2007) dengan sampel limbah makanan basah 3,16%. Kadar nitrogen pada sampel S1 dan S2 terjadi penurunan kadar nitrogen pada limbah makanan setelah adanya pemanasan dimana nilainya berturut-turut 0,81% dan 0,54%. Penurunan kadar nitrogen pada limbah makanan karena adanya proses penguapan nitrogen bersama kadar air dan adanya peningkatan pH pada bahan sehingga adanya volatilisasi N sebagai NH_3 (Spencer dan Heyst, 2013 dalam Lucitawati, Rezagama dan Samudro, 2018). Selain itu waktu pengolahan mempengaruhi kadar nitrogen dimana semakin lama proses pemanasan akan semakin berkurangnya kadar nitrogen akibat penguapan yang terjadi dengan waktu yang lama hingga bahan menjadi kering.

Pada *Vessel Composting Machine* adanya kulit bawang sebagai *bulking agent* yang memiliki kadar selulosa yang tinggi menghasilkan sumber karbon yang baik. Unsur karbon akan menguap dan juga bereaksi dengan nitrogen mengubah amonia menjadi nitrit sehingga nilai nitrogen pada hasil akhir tinggi yaitu, 1,55% dan 1,60% (Shamsuddin dan Junos, 2017).

4.3.3 Kadar Karbon (C) Limbah

Menurut Fisgativa (2016) limbah makanan memiliki nilai karbon organik 45,5%, dengan sampel limbah dapur 46,11% (Li dkk, 2016), menurut Sudiby (2007) kadar karbon pada limbah makanan 44,5%, dan Zhang (2007) dengan sampel limbah makanan basah 46,78%. Pada sampel S1 dan S2 memiliki kadar karbon 11,16% dan 8,36% terjadi penurunan kadar karbon organik dipengaruhi oleh adanya penguapan karbon akibat dalam proses pengolahan adanya panas yang berasal dari *heater* sehingga

semakin lama waktu pemanasan, kadar karbon pada limbah akan berkurang.

4.3.4 Rasio C/N Limbah

Rasio C/N menunjukkan adanya oksidasi karbon sebagai sumber energi dan memakan nitrogen untuk sintesis protein. Karbon dijadikan sebagai sumber energi sedangkan nitrogen dijadikan sebagai nutrisi untuk mensintesis material sel, asam amino dan protein oleh mikroba. Rasio C/N yang rendah karena kandungan nitrogen yang tinggi dan dapat terjadinya nitrogen yang hilang ke atmosfer dalam bentuk gas NH_3 sehingga menimbulkan bau. Namun, rasio C/N tinggi berarti bahan organik mentah dan dapat merugikan jika langsung diberikan pada tanah karena bahan organik dapat digunakan oleh mikroba seperti bakteri ataupun fungi untuk mendapatkan energi hara yang seharusnya digunakan oleh tanaman (Wahyuni, Kusnadi dan Honorita, 2017).

Limbah makanan dengan rata-rata nilai rasio C/N pada limbah makanan 18,5 (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016) sedangkan pada sampel pasca konsumsi dari hotel (sisa prasmanan) memiliki rasio C/N 18,5 (Ho dan Chu, 2018). Rasio C/N yang mendekati rasio C/N tanah yaitu berkisar 10-12 berarti dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhan (Setyorini, 2006 dalam Kusuma, 2012). Hasil dari penelitian rasio C/N pada sampel S1 dan S2 yaitu berturut-turut 13,8 dan 15,5. Seharusnya hasil rasio C/N tertinggi pada sampel S1 karena memiliki nilai karbon dan nitrogen tertinggi, namun pada penelitian ini terdapat selisih yang jauh antara nilai nitrogen dan karbon pada S1 dan S2 sehingga didapat hasil rasio C/N tertinggi pada sampel S2.

4.3.5 Kadar Fosfor (P_2O_5) Limbah

Unsur fosfor bagi tanaman berguna dalam pertumbuhan akar, membantu asimilasi, mempercepat masak buah (Lingga dan Marsono, 2008). Berdasarkan Fisgativa (2016) kadar fosfor (P) yang terkandung pada limbah makanan 0,5% dan menurut Zhang (2007)

limbah makanan dalam keadaan basah 0,52%. Pada penelitian sampel 5 jam dan 10 jam memiliki kadar fosfor berturut-turut 1,19% dan 1,08%. Terjadi peningkatan nilai fosfor setelah adanya pengolahan karena kehilangan massa selama proses pengolahan (Lu dkk, 2013 dalam Lucitawati, Rezagama dan Samudro, 2018). Selain itu peningkatan kadar fosfor setelah proses pengolahan akibat kehilangan karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen yang membentuk CO₂ dan H₂O (Larney dkk, 2006 dalam Lucitawati, Rezagama dan Samudro, 2018). Namun, lamanya proses pengolahan menjadi faktor menyebabkan kadar fosfor yang terkandung pada limbah menurun.

4.3.6 Kadar Kalium (K₂O) Limbah

Pada tanaman unsur kalium bermanfaat dalam pembentukan protein dan karbohidrat serta memperkuat tubuh tanaman (Lingga dan Marsono, 2008). Kadar kalium (K) pada limbah makanan 1,2% (Fisgativa, Tremier dan Dabert, 2016) dan pada limbah makanan dalam keadaan basah kandungan kalium 0,90% (Zhang dkk, 2007). Sampel 5 jam dan 10 jam pada penelitian memiliki kadar kalium berturut-turut 1,30% dan 1,31%. Adanya pengolahan meningkatkan nilai kalium karena penurunan massa limbah selama proses pengolahan (Lu dkk, 2013 dalam Lucitawati, Rezagama dan Samudro, 2018). Peningkatan kadar kalium setelah proses pengolahan juga disebabkan karena kehilangan karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen yang membentuk CO₂ dan H₂O (Larney dkk, 2006 dalam Lucitawati, Rezagama dan Samudro, 2018).