

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau udara mempunyai kelembaban nisbi yang rendah sehingga terjadi penguapan (Adawyah, 2014).

Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban nisbi udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Udara yang tidak mengalir menyebabkan kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengeringan semakin lambat. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap di dalam dan di luar menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dalam bahan ke luar. Kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu udara pengering yang digunakan. Peningkatan suhu juga menyebabkan kecilnya jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air bahan (Adawyah, 2014).

Menurut Rohman (2008), pengeringan merupakan proses penghilangan sejumlah air dari material. Dalam pengeringan, air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan makanan yang dikeringkan. Material biasanya dikontakkan dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari material ke udara pengering.

Tujuan pengeringan untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau bahkan terhenti sama sekali. Dengan demikian, bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan lebih lama (Adawyah, 2014).

Selama proses pengeringan bahan, transformasi fisik bentuk, ukuran berat dan warna bahan dapat mengalami perubahan. Laju perubahan ini berbanding lurus dengan lama proses pengeringan (Culver dan Wrolstad, 2008).

Pengeringan alamiah menggunakan panas matahari : Pengeringan hasil pertanian dengan menggunakan energi matahari biasanya dilakukan dengan menjemur bahan diatas alas jemuran atau lamporan, yaitu suatu permukaan yang luasnya dapat dibuat dari berbagai bahan padat. Sesuai dengan sistem dan peralatannya serta pertimbangan faktor ekonomis, alat jemur dapat dibuat dari anyaman tikar, anyaman bambu, lembaran seng, lantai batu bata atau lantai semen.

Pengeringan menggunakan biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang mengacu pada bahan biologis yang berasal. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan karena tanaman dapat kembali tumbuh pada lahan yang sama. Kayu saat ini merupakan sumber yang paling banyak digunakan untuk biomassa. Di Amerika Serikat, misalnya, hampir 90% biomassa berasal dari kayu sebagai bahan bakar. Ada tiga jenis proses yang digunakan untuk mengkonversi biomassa menjadi bentuk yang energi yang berguna yaitu: konversi termal dari biomassa, konversi kimia dari biomassa, dan konversi biokimia dari biomassa.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan di bidang pengeringan biomassa sebagai berikut :

Histifarina (2004) melakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap karakteristik mutu sayuran wortel kering. Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak kelompok pola faktorial dengan tiga ulangan dan dua faktor. Faktor pertama adalah suhu pengeringan (40, 50, dan 60°C) dan faktor kedua adalah lama pengeringan (17, 22, 27, dan 32 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan lama pengeringan 32 jam yang dikombinasikan dengan suhu pengeringan 50°C menghasilkan wortel kering terbaik berdasarkan nilai kadar air (9,15% bb), kadar beta karoten (0,019%), persentase rehidrasi tinggi (520,44%), dan penilaian sensori terhadap warna serta tekstur yang baik.

Cahyono (2011) melakukan penelitian pengeringan temulawak segar setelah dirajang pada oven suhu 60°C dan pada pengeringan lampu listrik 30 Watt pada suhu $\pm 30^\circ\text{C}$. Masing-masing metode dilakukan variasi lama pengeringan 1, 3, 5

hari. Ekstraksi kurkuminoid dilakukan menggunakan etanol 95% dan defatisasi menggunakan petroleum eter, sedangkan analisis kualitatif dan kuantitatif kurkuminoid direalisasikan dengan KLT, spektrofotometer UV-Tampak dan KCKT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan air semua sampel sekitar 4,06%-7,76%. Analisis KLT mengidentifikasi adanya dua komponen dominan dalam kurkuminoid dengan nilai R_f 0,37 dan 0,15. Hasil analisis Spektrofotometri UV-tampak memberikan kecenderungan bahwa kurkuminoid dari sampel kering lebih mudah terekstraksi daripada sampel basah. Kromatogram HPLC dapat mendeteksi adanya 4 senyawa yaitu kurkumin 61-67%, demetoksikurkumin 22-26%, bisdemetoksikurkumin 1-3%, dan turunan kurkuminoid 10-11%, urutan prosentase masing-masing komponen tetap sama selama proses pengeringan. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa perbedaan kondisi operasi pengeringan sangat mempengaruhi penampakan simplisia yang dihasilkan, pengeringan oven memiliki warna lebih cerah dan lebih meremah daripada pengeringan lampu.

Fitriani (2008) melakukan penelitian dengan variasi suhu pengeringan yang berbeda (75, 80, 85 dan 90°C) dan waktu pengeringan (12, 13, 14 dan 15 jam) pada produksi belimbing wuluh manis kering. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa perbedaan suhu pengeringan dan waktu pengeringan secara signifikan mempengaruhi kadar air dan total padatan, namun tidak ada pengaruh senyawa ini terhadap kadar sukrosa. Kombinasi 90°C suhu pengeringan dan 14 jam waktu pengeringan menunjukkan kadar air terendah dan total padatan tertinggi yang memenuhi SNI.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Biomassa

Biomassa adalah bahan bakar yang dapat diperbaharui dan secara umum berasal dari makhluk hidup (non-fosil) yang didalamnya tersimpan energi atau dalam definisi lain, biomassa merupakan keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik yang hidup maupun yang mati, baik di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah. Biomassa merupakan produk fotosintesa dimana energi yang diserap digunakan untuk mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen. Biomassa bersifat mudah didapatkan, ramah lingkungan dan terbarukan. Secara umum potensi energi biomassa berasal dari limbah tujuh komoditif yang berasal dari sektor kehutanan, perkebunan dan pertanian. Potensi limbah biomassa terbesar adalah dari limbah kayu hutan, kemudian diikuti oleh limbah padi, jagung, ubi kayu, kelapa, kelapa sawit dan tebu. Secara keseluruhan potensi energi limbah biomassa Indonesia diperkirakan sebesar 49.807,43 MW. Dari jumlah tersebut, kapasitas terpasang hanya sekitar 178 MW atau 0,36% dari potensi yang ada (Hendrison, 2003; Agustina, 2004). Biomassa merupakan bahan energi yang dapat diperbaharui karena dapat diproduksi dengan cepat. Karena itu bahan organik yang diproses melalui proses geologi seperti minyak dan batubara tidak dapat digolongkan dalam kelompok biomassa. Biomassa umumnya mempunyai kadar volatile relatif tinggi, dengan kadar karbon tetap yang rendah dan kadar abu lebih rendah dibandingkan batubara. Biomassa juga memiliki kadar *volatil* yang tinggi (sekitar 60-80%) dibanding kadar *volatile* batubara, sehingga biomassa lebih reaktif dibandingkan batubara.

Teknologi biomassa telah diterapkan sejak zaman dahulu dan telah mengalami banyak perkembangan. Biomassa memegang peran penting dalam menyelamatkan kelangsungan energi di bumi ditinjau dari pengaruhnya terhadap kelestarian lingkungan. Sifat biomassa yang merupakan energi dengan kategori sumber energi terbarukan mendorong penggunaannya menuju ke skala yang lebih besar lagi sehingga manusia tidak hanya tergantung dengan energi fosil. Biomassa memiliki kelebihan yang memberi pandangan positif terhadap keberadaan energi ini sebagai

alternatif energi pengganti energi fosil. Beberapa kelebihan itu antara lain, biomassa dapat mengurangi efek rumah kaca, mengurangi limbah organik, melindungi kebersihan air dan tanah, mengurangi polusi udara, dan mengurangi adanya hujan asam dan kabut asam

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

2.2.2 Limbah Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia yang perkembangannya demikian pesat. Lahan yang optimal untuk kelapa sawit harus mengacu pada tiga faktor yaitu lingkungan, sifat fisik lahan dan sifat kimia tanah atau kesuburan tanah. Tanaman kelapa sawit di perkebunan komersial dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 24-28 °C. Untuk memperoleh hasil maksimal dalam budidaya kelapa sawit perlu memperhatikan sifat fisik dan kimia tanah dipengolahan kelapa sawit baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan fiber (sabut). Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (shell) sebanyak 6,5% atau 65 kg, wet decanter solid (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (fiber) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Mandiri, 2012). TKKS mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, antara lain: 42,8% C, 2,9%

K₂O, 0,8% N, 0,22% P₂O₅, 0,30% MgO, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Singh dkk., 1989). Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit (Padil, 2010). Cangkang sawit merupakan limbah dari hasil pengolahan minyak kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal (Yarman, 2006). Sabut kelapa sawit mengandung nutrient, fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan karbon (C), sehingga limbah ini dapat menjadi sumber pertumbuhan bakteri, dimana bakteri dapat juga digunakan dalam proses pengolahan limbah (Manusawai, 2011).

Kelapa Sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati berupa *Crude Palm Oil* (CPO), sangat banyak ditanam dalam perkebunan di Indonesia terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Selain menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO), dalam proses pengolahan kelapa sawit selain menghasilkan CPO juga menghasilkan limbah sangat banyak. Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (Shell) sebanyak 6,5% atau 65 kg, wet decanter solid (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (fiber) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Mandiri, 2012). Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah cukup besar yaitu sekitar 126.317,54 ton/tahun, namun pemanfaatannya masih terbatas, sementara ini hanya dibakar dan sebagian dihamparkan pada lahan kosong sebagai mulsa/pupuk, di kawasan sekitar pabrik. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan bakar nabati (BBN), bisa menjadi bioetanol dan streptomisin yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan, actinomycetes yang dapat menekan jamur dan bakteri berbahaya dengan menghancurkan kitin yaitu zat esensial untuk pertumbuhannya. Selain itu pupuk ini mengandung bakteri fotosintetik yang dapat mensintesis senyawa nitrogen, gula dan substansi bioaktif lainnya yang dapat diserap secara langsung oleh tanaman dan tersedia sebagai substrat untuk perkembangbiakan mikroorganisme yang menguntungkan, Yeast/ragi dimana substansi bioaktif yang dihasilkan oleh ragi berguna untuk pertumbuhan sel dan pembelahan akar pada tanaman. Limbah TKKS yang bersifat organik mempunyai

kandungan unsur N 1.5%, P 0.5%, K 7.3% dan Mg 0.9% mempunyai potensi cukup besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pupuk dengan mengaplikasikan limbah diatas tanah sekitar gawangan tanaman kelapa sawit. Pemanfaatan limbah TKKS ini dinilai PT.REA Kaltim Plantations sangat efisien dan dapat mereduksi biaya pembelian pupuk organik sampai 60% dengan hasil Tandan Buah Segar (TBS) yang optimum. Dari pemanfaatan tersebut biaya produksi TBS dapat dikurangi secara signifikan dan permasalahan lingkungan yang timbul pada pabrik kelapa sawit dapat diatasi tanpa mengeluarkan biaya bahkan dapat mendapatkan keuntungan dari segi biaya.

Pengaplikasian pupuk TKKS juga sangat memperhatikan keadaan sifat tanah. Pada penelitian ini dilakukan penelitian terhadap tanah jenis sulfaquent. Tanah jenis sulfaquent memiliki prospek untuk pengembangan areal tanaman padi apabila dikelola dengan baik. Adanya keterbatasan dari jenis lahan ini, maka penggunaan biomassa *chromolaena odorata* dan kompos tandan kosong sawit menjadi alternative untuk mengatasi masalah di tanah jenis ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan biomassa *chromolaena odorata* dan kompos tandan kosong sawit terhadap sifat tanah sulfaquent (pH dan pelumpuran tanah) serta pertumbuhan tanaman padi (tinggi tanaman dan jumlah klorofil). Metode eksperimen lapangan dalam bentuk faktorial dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri dari dua faktor digunakan dalam percobaan ini. Faktor pertama yaitu aplikasi biomassa *chromolaena odorata* sebanyak 3 taraf, yaitu $c_1 =$ kontrol, $c_2 = 25$ gram/polibag, dan $c_3 = 50$ gram/polibag. Faktor kedua yaitu kompos tandan kosong kelapa sawit (t) dengan dosis $t_1 =$ kontrol, $t_2 = 25$ gram/polibag, dan $t_3 = 50$ gram/polibag, sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi perlakuan c_3t_2 berpengaruh nyata terhadap pH tanah yaitu sebesar 6,22; perlakuan c_2 berpengaruh nyata terhadap suhu 50°C, pH 5 dan ukuran TKKS 63 μ M dengan % *yield* sebesar 6.808% dari berat kering TKKS dan untuk enzim selulase pada kondisi 37°C, pH 5 dan ukuran TKKS 63 μ M dengan % *yield* sebesar 13.693% dari 0.5 gram berat kering TKKS. Dan untuk kombinasi kedua enzim, % glukosa tertinggi yang diperoleh dari kombinasi enzim selulase dan enzim

selobiase dengan perbandingan 2:1 yang memberikan % yield sebesar 23.561% dari 0.5 g berat kering TKKS.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, limbah cangkang sawit dapat diolah menjadi produk yang bernilai ekonomi lebih tinggi yaitu menjadi asap cair. Proses yang digunakan untuk menghasilkan asap cair adalah dengan menggunakan metode pirolisis. Pada metode pirolisis prosesnya terjadi tanpa kehadiran oksigen (Demirbas, 2005). Pengolahan cangkang kelapa sawit dengan teknik pirolisis ini adalah salah satu metode alternatif untuk menghasilkan energi terbaru untuk mengatasi masalah semakin menipisnya energi yang ada saat ini. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H_2 , CO , CO_2 , H_2O dan CH_4), tar, dan char. Adapun produk pirolisis lainnya antara lain : Arang (Biochar), Torrefied Wood, Arang Aktif, Briket Arang, Biooil, Syng. Penelitian yang dilakukan (Ginayati dkk., 2015) bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang sawit untuk diolah menjadi asap cair grade I yang digunakan sebagai pengawet alami tahu. Asap cair grade I yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengawetkan tahu agar dapat meningkatkan masa simpan tahu. Darmadji (1999) mengatakan bahwa kandungan asap cair dari hasil pirolisis adalah senyawa fenol sebesar 4,13%, karbonil 11,3% dan asam 10,2%, senyawa tersebut bersifat antimikroba yang dapat mengawetkan makanan. Dari penelitian yang dilakukan (Ginayati dkk., 2015).

Selain penelitian yang dilakukan oleh Thalib (2011), menurut Susanto dan Yanto (2012), salah satu cara untuk mengurangi konsumsi minyak tanah adalah pemanfaatan dan penggunaan limbah hasil pengolahan kelapa sawit (PKS) menjadi briket bioarang, dimana bahan-bahan penyusunnya berasal dari tandan kosong dan cangkang kelapa sawit. Hasil pengamatan di uji dengan *Analisis of Variance* (ANOVA) dan untuk mengetahui perlakuan yang berbeda, maka analisis dilanjutkan dengan analisis regresi dan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi perekat kanji, dengan perbandingan komposisi bahan cangkang dan tandan kosong kelapa sawit 1:20 menghasilkan nilai kalor bakar paling besar 5069 kal/g. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Karbon/arang

aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori – pori bahan menjadi lebih terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 hingga 2000 m²/g (Rahmawati, 2006). Arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben, pemurnian gas, penjernihan air dan sebagainya. Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung arang, baik arang organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori (Mulia, 2007).

Penelitian yang dilakukan Dewi, dkk (2014) yaitu untuk mengetahui karakteristik cangkang kelapa sawit sebagai karbon aktif dengan menggunakan aktivator H₂O melalui uji proksimat berupa kadar air dan kadar abu, daya serap karbon aktif terhadap bilangan iodin dan rendemen. Dewi, dkk (2014) mendapatkan hasil uji proksimat dengan karakteristik pada cangkang kelapa sawit yang dapat menghasilkan nilai kadar air yang terbaik terdapat pada suhu 600°C yaitu sebesar 4,5% yang memenuhi Standar Industri Indonesia (SII), nilai kadar abu yang didapatkan pada suhu 600°C pada waktu 60 menit yaitu sebesar 9,7%, nilai bilangan *iodine* yang didapatkan pada penelitian ini yang tertinggi yaitu 353 mg/gram yang diperoleh pada suhu aktivasi 900°C dengan waktu 60 menit dan rendemen 48%.

Gultom dan Lubis (2006) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum arang aktif yang terbuat dari cangkang kelapa sawit yang diaktivasi dengan H₃PO₄ sebagai penyerap logam berat berupa Cd dan Pb. Dari hasil penelitian yang dilakukan Gultom dan Lubis (2006) menunjukkan bahwa penyerapan yang paling optimum adalah konsentrasi 10 ppm, waktu 40 menit dan pH 3-4. Daya serap logam berat Cd dan Pb mencapai 84,61% dan 80,13%. pH optimum penyerapan untuk Cd Asap cair hasil pirolisis dari cangkang kelapa sawit juga dapat dimanfaatkan sebagai pengendali hama yang bersifat antifeedant terutama dalam menanggulangi hama perusak daun seperti *larva P.Xylostella*.

Menurut Ratnasari,F. (2011) pirolisis terhadap cangkang sawit tersebut akan diperoleh rendemen berupa asap cair yang dapat digunakan sebagai biopreservatif baru pengganti preservatif kimia. Dalam tugas akhirnya Ratnasari,F. (2011) dan menyebutkan bahwa semakin lama waktu pembakaran cangkang kelapa sawit,

semakin sedikit volume asap cair yang dihasilkan, sehingga densitasnya dan viskositasnya semakin rendah. Begitu juga dengan kadar yield nya semakin rendah.

Pemanfaatan Sabut (Fiber) Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengolah Limbah Cair Kelapa sawit merupakan tanaman dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi karena merupakan salah satu tanaman penghasil minyak nabati. Produksi minyak kelapa sawit Indonesia saat ini mencapai 6,5 juta ton pertahun dan diperkirakan pada tahun 2012 akan meningkat menjadi 15 juta ton pertahun, karena terjadinya pengembangan lahan. Seperti yang dipaparkan oleh Manusiawai (2011) dalam penelitiannya bahwa pemakaian sabut kelapa sawit dapat digunakan sebagai mediator pertumbuhan mikrobiologi, dimana mikrobiologi yang sangat berperan aktif dalam penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah kelapa sawit adalah bakteri hidrolis.

Dalam pemanfaatan serat sabut kelapa sawit sebagai bahan pengolah limbah cair Manusawai (2011) juga menyebutkan bahwa pemakaian sabut kelapa sawit dapat digunakan sebagai mediator pertumbuhan mikrobiologi, dimana mikrobiologi yang sangat berperan aktif dalam penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah kelapa sawit adalah bakteri hidrolis. Semakin tebal/berat sabut kelapa sawit yang digunakan maka semakin tinggi prosentasi penurunan kandungan BOD, COD dan TSS pada limbah cair pabrik kelapa sawit.

Pada penelitian dalam pemanfaatan serat sabut kelapa sawit sebagai bahan pengolah limbah cair yang dilakukan oleh Kasnawati (2011) menyebutkan bahwa waktu kontak yang paling optimal digunakan adalah pada waktu kontak 6 hari agar mendapatkan prosentase penurunan BOD, COD dan TSS yang maksimal. Sabut kelapa sawit mempunyai komposisi kimia yang cukup baik digunakan untuk mengolah limbah cair kelapa sawit dimana komposisi tersebut banyak mengandung selulosa yaitu sekitar 40%.

Hasil pengamatan dari penelitian yang dilakukan oleh Gusta dkk (2014) menunjukkan bahwa seluruh perlakuan media tanam : 100% topsoil, topsoil dan kompos kiambang (1:1), topsoil dan sabut kelapa sawit (1:1), topsoil dan kompos kiambang (1:2), topsoil dan sabut kelapa sawit (1:2), kompos kiambang dan sabut kelapa sawit (1:1), serta topsoil, kompos kiambang, dan sabut kelapa sawit (1:1:1),

perlakuan yang memberikan nilai yang sama untuk variabel pengamatan tinggi bibit, jumlah daun, dan diameter batang bibit (Tabel 1). Pada variabel pengamatan bobot kering berangkasan dan bobot kering akar, perlakuan topsoil, kompos kiambang, dan sabut kelapa sawit (1:1:1) berpengaruh signifikan.

Berdasarkan data bobot kering total maupun bobot kering akar bibit kelapa sawit, perlakuan media tanam topsoil, kompos kiambang, dan sabut kelapa sawit menunjukkan pengaruh yang nyata. Pengamatan hasil bobot kering sering digunakan pada pengukuran hasil pertanian, dikarenakan dapat menghasilkan berat yang konstan. Semakin tinggi bobot kering tanaman menunjukkan bahwa tanaman tersebut dapat menyerap unsur hara dengan baik, sehingga efek pertumbuhannya pun akan baik. Bobot kering tanaman berkorelasi positif dengan serapan unsur hara oleh tanaman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (Harahap dkk, 2014).

2.2.3 Pengerinan

Pengerinan didefinisikan sebagai proses pengambilan air yang relatif kecil dari suatu zat padat atau dari campuran gas. Pengerinan meliputi proses perpindahan panas, massa dan momentum. Operasi pengerinan terjadi oleh adanya panas yang terjadi secara fisik yaitu operasi penguapan. Dalam arti umum operasi pengerinan tidak hanya berarti pengambilan sejumlah kecil air saja melainkan berlaku juga untuk cairan-cairan selain air yang menghasilkan bahan padat yang kering. Bahan yang akan dikeringkan dikontakkan dengan panas dari udara (gas) sehingga panas akan dipindahkan dari udara panas ke bahan basah tersebut, dimana panas ini akan menyebabkan air menguap ke dalam udara. Dalam pengerinan ini, dapat mendapatkan produk dengan satu atau lebih tujuan produk yang diinginkan, misalnya diinginkan bentuk fisiknya (bubuk, pipih, atau butiran), diinginkan warna, rasa dan strukturnya, mereduksi volume, serta memproduksi produk baru. Adapun dasar dari tipe pengerinan yaitu panas yang masuk dengan cara konveksi, konduksi, radiasi, pemanas elektrik, atau kombinasi antara tipe cara-cara tersebut. (Mujumdar,2004)

Operasi pengerinan terdiri dari peristiwa perpindahan massa dan panas yang terjadi secara simultan, laju alir yang diuapkan tergantung pada laju perpindahan

massa dan perpindahan panasnya. Sebelum memulai proses pengeringan, harus diketahui terlebih dahulu data keseimbangan bahan yang akan digunakan.

Mekanisme pengeringan dapat diterangkan dengan teori perpindahan massa. Dimana peristiwa lepasnya molekul air dari permukaan tergantung dari bentuk dan luas permukaan. Bila suatu bahan sangat basah atau lapisan air yang menyelimuti bahan tersebut tebal, maka permukaan bahan berbentuk datar. Bila udara pengering dialirkan di antara bahan tersebut maka akan menarik molekul-molekul air dari permukaan butir tidak rata yang akan memperluas permukaannya sehingga dalam pengeringan ada 2 macam mekanisme, yaitu :

1. Mekanisme penguapan dengan kecepatan tetap (*constant rate period*)
2. Mekanisme penguapan dengan kecepatan berubah (*falling rate period*) Pada *constant rate period*, umumnya selama pengeringan berlangsung, bahan akan selalu basah dengan cairan sampai titik kritis. Titik kritis yaitu suatu titik dimana permukaan bahan sudah tidak sempurna basah oleh cairan.

Setelah titik kritis tercapai, mulailah dengan periode penurunan kecepatan sampai cairan habis teruapkan. Pada proses ini hubungan antar *moisture content* dengan *drying rate* dapat berupa garis lurus atau garis lengkung yang patah. Kecepatan penguapan pada periode tidak tetap tergantung pada zat padatnya, juga cairannya. Pada permukaan zat padat, makin kasar pengeringannya akan semakin cepat jika dibandingkan dengan permukaan yang lebih halus.

Pada prinsipnya, perancangan proses pengeringan menjadi lebih tepat dan untuk menentukan ukuran peralatan, maka perlu mengetahui lebih dulu waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan dari kandungan air tertentu sampai kandungan air yang diinginkan pada kondisi tertentu. Untuk maksud tersebut dibutuhkan data pengeringan yang bisa diperoleh dengan cara percobaan, yaitu:

- a. *Drying Test* (Pengujian Pengeringan) Hubungan antara *moisture content* suatu bahan dengan waktu pengeringan pada temperature, *humidity*, dan kecepatan pengeringan tetap. Pada percobaan berat dari sampel diukur sebagai fungsi dari waktu.
- b. Kurva laju Pengeringan Yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara laju pengeringan terhadap kandungan air suatu bahan. Laju pengeringan

dinyatakan sebagai lb air yang diuapkan tiap jam. Laju Pengeringan didefinisikan sebagai berikut:

$$N = \frac{-Ms}{A} \cdot \frac{dx}{dt}$$

Dalam hubungan ini,

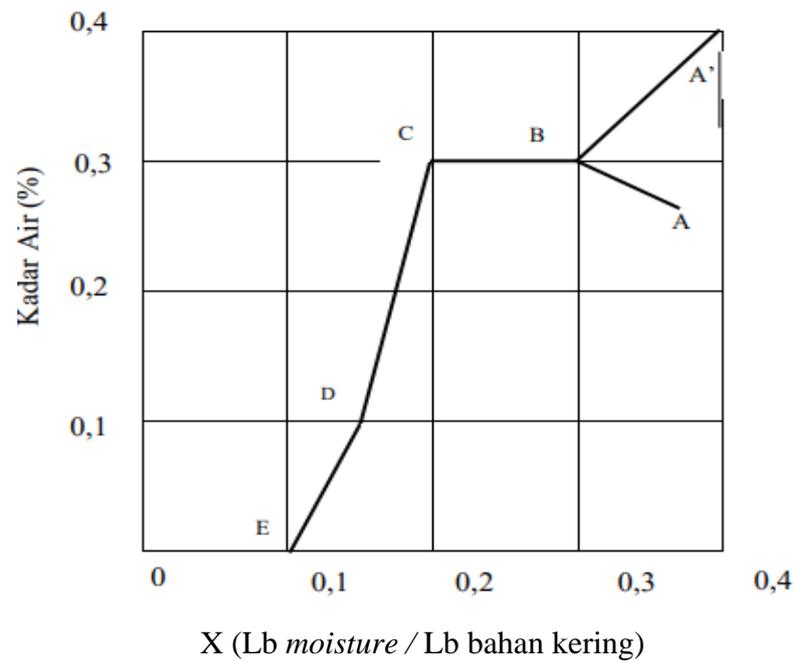
- t : Waktu pengeringan, jam
- N : Laju pengeringan kritis, kg air yang teruapkan/jam m²
- x : Kandungan air padatan basis kering, kg air/kg bahan kering
- A : Luas permukaan pengeringan, m²
- Ms : Berat bahan kering, kg

Jika mula-mula bahan sangat basah maka permukaan bahan akan tertutup film tipis dari cairan. Cairan yang menutupi bahan ini biasa dianggap sebagai air yang terikat. Apabila bahan tersebut dikontakkan dengan udara yang relative kering maka akan terjadi penguapan air yang ada pada permukaan bahan. (*Foust dkk, 1960*)

2.2.4 Mekanisme Perpindahan Pada Pengeringan

Peristiwa pengeringan dengan menggunakan panas (*thermal drying*) merupakan system pengeringan yang sering digunakan oleh beberapa peneliti pada beberapa jenis pengering. Pada pengeringan ini terjadi proses-proses perpindahan atau massa dan panas secara simultan yaitu:

1. Perpindahan energi (panas) antar fasa dari udara ke permukaan butiran untuk menguapkan air dari permukaan butiran.
2. Perpindahan energi (panas) dari permukaan butiran ke dalam butiran secara konduksi.
3. Perpindahan massa air dari bagian dalam ke permukaan butiran secara difusi atau kapiler.
4. Perpindahan masa air antar fasa dari permukaan butiran ke fasa udara pengering. Dalam beberapa model diasumsikan bahwa penguapan air hanya terjadi dipermukaan butiran saja, sedangkan didalam butiran hanya difusi atau aliran kapiler saja yang terjadi.



Gambar 2.1 Grafik hubungan laju pengeringan terhadap *moisture content*.
(Suherman, 2005)

2.2.5 Oven

Oven adalah alat untuk memanaskan memanggang dan mengeringkan. Oven dapat digunakan sebagai pengering apabila dengan kombinasi pemanas dengan *humidity* rendah dan sirkulasi udara yang cukup. Pengeringan menggunakan oven lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan menggunakan panas matahari. Akan tetapi, kecepatan pengeringan tergantung dari tebal bahan yang dikeringkan. Penggunaan oven biasanya digunakan untuk skala kecil. Oven yang paling umum digunakan yaitu elektrik oven yang dioperasikan pada tekanan atmosfer. Oven yang kita gunakan adalah elektrik oven yaitu oven yang terdiri dari beberapa *tray* didalamnya, serta memiliki sirkulasi udara didalamnya. Kelebihan dari oven adalah dapat dipertahankan dan diatur suhunya. Suhu yang digunakan untuk pengeringan waluh antara 70-120°C, sehingga kandungan bahan yang dikeringkan tidak tergedradasi karena suhu yang naik turun. Apabila oven tidak memiliki fan dan sirkulasi didalamnya maka pintu oven harus dibuka sedikit agar ada sirkulasi udara didalam oven, sehingga karamelisasi tidak terjadi. Bahan yang akan dikeringkan

diletakkan pada tray-traynya, bila oven yang digunakan memiliki sirkulasi, pintu oven harus ditutup agar suhu didalam tetap terjaga. Pengeringan dengan oven menggunakan udara panas. (Harrison,judy 2000)

2.2.6 Microwave

Microwave adalah sebuah peralatan dapur yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. *Microwave* bekerja dengan melewati radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada bahan makanan. Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan bahan makanan di dalam dapur *microwave*.

Dalam *microwave* terdapat sebuah tabung vakum elektronik yang disebut magnetron yang menghasilkan pancaran gelombang radio yang sangat pendek (*microwave*). Gelombang tersebut dipancarkan ke sebuah kincir yang terbuat dari logam yang disebut "*stirrer*" atau pengaduk. *Stirrer* ini berputar selama magnetron memancarkan gelombang radio sehingga gelombang radio tersebut terpancarkan dan terdistribusi secara merata ke dalam ruang masak dari *microwave*. Dalam ruang masak, gelombang *microwave* yang sudah didistribusikan akan mengubah arah molekul-molekul bahan makanan (terutama air). Perubahan tersebut terjadi dengan sangat cepat yaitu sekitar 2450 *megahertz* atau 2,45 milyar siklus perdetik. Perubahan sedemikian cepat menimbulkan panas yang akhirnya memasak makanan tersebut. *Microwave* memasak makanan dengan cepat karena panas langsung

ditimbulkan di dalam makanan itu sendiri, berbeda dengan oven konvensional yang cuma memanaskan dinding tempat makanan dan udara di sekitarnya.

Berikut adalah cara kerja dari sebuah *microwave* dalam memanaskan sebuah objek:

1. Arus listrik bolak-balik dengan beda potensial rendah dan arus searah dengan beda potensial tinggi diubah dalam bentuk arus searah.
2. Magnetron menggunakan arus ini untuk menghasilkan gelombang mikro dengan frekuensi 2,45 GHz.
3. Gelombang mikro diarahkan oleh sebuah antenna pada bagian atas magnetron ke dalam sebuah *waveguide*.
4. *Waveguide* meneruskan gelombang mikro ke sebuah alat yang menyerupai kipas, disebut dengan *stirrer*. *Stirrer* menyebarkan gelombang mikro di dalam ruang *microwave*.
5. Gelombang mikro ini kemudian dipantulkan oleh dinding dalam *microwave* dan diserap oleh molekul-molekul makanan.
6. Karena setiap gelombang mempunyai sebuah komponen positif dan negatif, molekul-molekul makanan didesak kedepan dan kebelakang selama 2 kali kecepatan frekuensi gelombang mikro, yaitu 4,9 juta kali dalam setiap detik.

Gelombang mikro merupakan hasil radiasi yang dapat ditransmisikan, dipantulkan atau diserap tergantung dari bahan yang berinteraksi dengannya. *Microwave* memanfaatkan 3 sifat dari gelombang mikro tersebut dalam proses memasak. Gelombang mikro dihasilkan oleh magnetron, gelombang tersebut ditransmisikan ke dalam *waveguide*, lalu gelombang tersebut dipantulkan ke dalam fan *stirrer* dan dinding dari ruangan didalam oven, dan kemudian gelombang tersebut diserap oleh makanan. *Microwave* dapat membuat air berputar, putaran molekul air akan mendorong terjadinya tabrakan antar molekul. Tabrakan antar molekul inilah yang akan membuat molekul-molekul tersebut memanaskan. Perlu diingat bahwa sebagian besar makanan memiliki kadar air didalamnya dan jika makanan tersebut memiliki kadar air berarti efek yang sama akan terjadi jika makanan tersebut dimasukan dalam *microwave*. Selain itu harus diingat juga bahwa

molekul makanan yang lain akan menjadi panas karena ada kontak langsung antara molekul tersebut dengan molekul air yang memanaskan. Melalui perpindahan energi, panas disebabkan oleh pergerakan molekul-molekul.

Perpindahan energi ini dapat terjadi dengan 3 cara berbeda, yaitu:

- **Konduksi**

Terjadi karena adanya kontak langsung dengan sumber panas, contoh papan penggorengan yang menjadi panas setelah bersentuhan dengan sumber api pada kompor.

- **Konveksi**

Konveksi terjadi ketika uap panas naik atau uap berputar di dalam ruangan tertutup seperti oven. Panas uap ini akan memanaskan bagian luar makanan dan diteruskan sampai bagian dalam makanan tersebut.

- **Radiasi**

Terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik yang membuat molekul-molekul air bergerak.