

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

2.1.1 Pengertian Kelapa Sawit

Sawit merupakan tanaman monokotil, yaitu batangnya tidak mempunyai kambium dan umumnya tidak bercabang. Batang sawit berbentuk silinder dengan diameter 20 – 75 cm. Tinggi maksimum yang ditanam diperkebunan antara 15 – 18 m, sedangkan yang dialam mencapai 30 meter. Tanaman sawit rata – rata menghasilkan buah 20 – 22 tandan/tahun (Fauzi dkk.2008). Pertumbuhan produksi sawit meningkat dari tahun ke tahun meskipun diperhitungkan tidak lebih dari 10%. Peningkatan tersebut terdongkrak karena banyak petani yang mengkonversi lahan karet, tebu dan coklat menjadi lahan sawit (Hardianto, dalam Wardani 2013). Secara otomatis peningkatan produksi sawit akan meningkatkan produksi tandan kosong sawit. Tanaman sawit menghasilkan tandan buah sawit (TBS) yang merupakan bahan baku bagi industri pengolahan pabrik sawit. Pabrik sawit mengolah tandan buah sawit menjadi produk minyak sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit (PKO).

2.1.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong sawit merupakan limbah padat dari industri sawit yang jumlahnya cukup besar dan sampai saat ini pemanfaatannya masih terbatas. Tanaman sawit menghasilkan tandan buah sawit yang merupakan bahan baku bagi industri pengolahan pabrik sawit. Pabrik sawit mengolah tandan buah sawit menjadi produk minyak sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit (PKO). CPO dan PKO merupakan bahan baku industri hilir sawit, industri hilir ini dapat dikategorikan menjadi 2 jenis yaitu industri pangan yang berupa industri minyak goreng, dan industri non-pangan yang meliputi industri oleokimia seperti, *fatty acid*, *fatty alcohol*, *stearin*, dan *metallic soap*.

Pemilihan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku papan partikel, karena berdasarkan dari segi sifat fisika dan kimia tandan kosong kelapa sawit sangat potensial untuk pembuatan papan partikel karena mengandung komposisi kimia dalam Snel et al, (1992) adalah lignin (10,5-11,7%), hemiselulosa (16,8-18,9%), selulosa (38,1-42,0%), dan zat ekstraktif

(0,1-3%). Menurut Fauzi,dkk (2008), kandungan serat tandan kosong kelapa sawit 72,67% dan ukuran partikelnya yang sesuai dengan persyaratan. Alasan lain pemilihan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku papan partikel, karena potensi kebun kelapa sawit banyak terdapat di Indonesia baik milik pemerintah, dan swasta ataupun rakyat, serta peningkatan produksi kelapa sawit akan meningkatkan limbah padat berupa tandan kosong, serat peresan buah, pelepah dan sabut kelapa sawit, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku papan partikel dengan jumlahnya cukup banyak.



Sumber : Wardani (2013)

Gambar 2.1 Limbah Tandan Kosong Sawit

Komposisi kimiawi tandan kosong sawit yang terbesar adalah selulosa di samping hemiselulosa dan lignin dalam jumlah yang lebih kecil. Komponen kimiawi TKKS dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.1. Komposisi kimiawi tandan kosong kelapa sawit (% berat)

Komponen	% Berat Kering			
	A	B	C	D
Kadar Abu	7,48	1,23	6,23	4,88
Holoseululosa	64,04	64,00	66,07	-
Selulosa	34,28	49,95	37,50	51,28
Hemiselulosa	-	22,84	-	15,60
Lignin	25,89	16,49	20,62	16,34
Kelarutan dalam air dingin	10,67	-	15,71	14,91
Kelarutan dalam air panas	13,27	-	13,61	14,99
Kelarutan dalam NaOH 1%	27,38	-	30,32	-

Sumber: Fauzi,dkk (2008)

Masalah utama dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit berlignoselulosa ini adalah tingginya kandungan zat ekstraktif dan asam lemak yang dapat menurunkan sifat perekatan dalam pembuatan panel, baik yang menggunakan perekat *thermoplastik*, semen maupun perekat *thermosetting*. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memberi perlakuan khusus pada limbah kelapa sawit untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan zat ekstraktif tersebut sebelum digunakan sebagai bahan baku papan partikel. Berdasarkan penelitian Wardani (2009), perlakuan perendaman partikel dalam air panas merupakan perlakuan yang optimal untuk persiapan partikel TKS sebagai bahan baku papan partikel. Hal ini dikarenakan perendaman dengan air panas mampu mengurangi zat ekstraktif yang terdapat dalam partikel TKS.

2.2 Plastik *Polipropylene* sebagai Perekat Papan Partikel

2.2.1 Plastik Secara Umum

Plastik merupakan polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Secara umum plastik tersusun dari polimer yaitu rantai panjang satuansatuan yang lebih kecil yang disebut monomer. Plastik berbahaya bagi kesehatan manusia karena migrasi residu monomer vinil klorida sebagai unit penyusun polivinilklorida (PVC) yang bersifat karsinogenik (Siswono, 2008). Monomermonomer tersebut akan masuk ke dalam makanan dan selanjutnya akan masuk ke dalam tubuh orang yang mengkonsumsinya. Penumpukan bahan kimia yang telah masuk ke dalam tubuh ini tidak dapat larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang keluar bersama urin maupun feses. Penumpukan bahan-bahan inilah yang bisa menimbulkan gangguan kesehatan bagi pemakainya dan bisa mengakibatkan kanker (Siswono, 2008).

Plastik merupakan bahan yang relative nondegradable sehingga pemanfaatan plastik harus diperhatikan mengingat besarnya limbah yang dihasilkannya. Plastik mudah terbakar, ancaman terjadinya kebakaran pun semakin meningkat. Asap hasil pembakaran bahan plastik sangat berbahaya karena mengandung gas-gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO). Hidrogen sianida berasal dari polimer berbahan dasar

akrilonitril, sedangkan karbon monoksida sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Hal inilah yang menyebabkan sampah plastik sebagai salah satu penyebab pencemaran udara dan mengakibatkan efek jangka panjang berupa pemanasan secara global pada atmosfer bumi (Ahmann D dan Dorgan J R, 2007). Konsumsi berlebih terhadap plastik, pun mengakibatkan jumlah sampah plastik yang besar. Karena bukan berasal dari senyawa biologis, plastik memiliki sifat sulit terdegradasi (non-biodegradable).

Plastik diperkirakan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun hingga dapat terdekomposisi (terurai) dengan sempurna. Sampah kantong plastik dapat mencemari tanah, air, laut, bahkan udara. 6 Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik, saat ini telah dikembangkan plastik biodegradable, artinya plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara. Sementara plastik biodegradable terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan.

Pada penelitian ini plastik yang digunakan adalah plastik jenis PP (*Polypropylene*) karena plastik ini penggunaannya cukup banyak digunakan di Indonesia, walaupun plastik ini digunakan dalam jangka waktu yang lama, namun setelah tidak dipakai biasanya langsung dibuang menjadi sampah dikarenakan jika ingin diolah menjadi suatu kerajinan tangan akan susah karena melihat dari bentuk plastiknya. Pada penelitian ini digunakan plastik propilena yang telah diubah menjadi biji.

2.2.2 Sumber Plastik

Terdapat dua macam polimer yang terdapat di kehidupan yaitu polimer alami dan polimer buatan atau polimer sintesis.

1. Polimer Alami

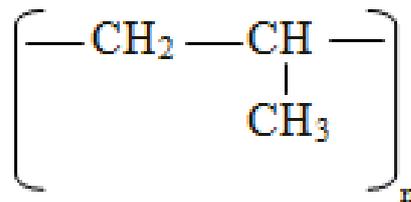
Alam juga menyediakan berbagai macam polymer yang bisa langsung digunakan oleh manusia sebagai bahan. Polymer tersebut ialah : Kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut dan lain sebagainya.

2. Polimer Sintetis

Semakin meningkatnya dan beragamnya kebutuhan manusia menyebabkan manusia harus mencari jalan untuk mencukupinya dengan cara membuat kebutuhannya tersebut. Termasuk juga polimer, manusia membuat polimer melalui reaksi kimia (sintesis) yang tidak disediakan oleh alam. Ada banyak sekali macam- macam polimer sintesis hasil rekayasa manusia diantaranya adalah :

- Tidak terdapat secara alami : *Nylon, polyester, polypropilen, polystiren*
- Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis
- Polimer alami yang dimodifikasi : *seluloid, cellophane* (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

2.2.3 Plastik *Polypropylene*



Sumber: Aji (2008)

Gambar 2.2 Struktur Polipropilena

Bahan perekat yang digunakan pada pembuatan papan partikel ini adalah plastik polipropilena. Polipropilena merupakan sebuah polimer hidrokarbon linier hasil reaksi polimerisasi dari propilena (C₃H₆) (Aji, 2008). Struktur polipropilena dapat dilihat pada Gambar 2.4. Polipropilena (PP), seperti polietilena dan polibutena adalah suatu jenis polimer alifatik jenuh (rantai lurus, tanpa ada ikatan rangkap pada atom karbon) dari golongan poliolefin yang berasal dari gas hasil pemecahan (*cracking*) minyak bumi. Polipropilena merupakan salah satu polimer yang paling tahan terhadap berbagai kondisi sehingga sering digunakan sebagai plastik dan serat (Aji, 2008).

Polipropilena (PP) adalah sebuah polimer termo-plastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil, alat tulis, perlengkapan laboratorium, komponen otomotif, uang kertas

polimer, dan keperluan medis atau laboratorium bisa karena mampu menahan panas di dalam autoklaf (Nasution, 2012). Polimer ini mempunyai derajat kristalinitas antara *low density polyethylene* (LDPE) dan *high density polyethylene* (HDPE) dan kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan HDPE dan fleksibilitasnya lebih rendah dari LDPE. Densitasnya antara 0,85-0,95 g/cm³, temperatur transisi gelas, $T_g = -150^\circ\text{C}$, nomor *Chemical Abstract Service* (CAS) 9003-07-0, titik leleh 180°C dan rumus molekul $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$ (Nasution, 2012).

Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) yang tinggi terhadap pelarut kimia, basa dan asam, tetapi ketahanan pukuhnya (*impact strength*) rendah. Polipropilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lainnya. Secara umum pembuatan polipropilena dibagi menjadi tiga jenis antara lain *homopolymer*, *random copolymer* dan *impact copolymer*. Polipropilena memiliki permukaan yang tidak rata, seringkali lebih kaku daripada beberapa plastik yang lain dan bisa dibuat transparan atau bening saat tidak berwarna tetapi tidak setransparan polistirena, akrilik maupun plastik tertentu lainnya. Polipropilena bisa juga dibuat buram atau berwarna-warni melalui penggunaan pigmen.

Polimerisasi propilena menjadi polipropilena berlangsung secara adisi dengan mekanisme radikal bebas dengan adanya suatu inisiator peroksida atau melalui mekanisme senyawa kompleks dengan adanya katalis Ziegler-Natta (Harwanda, 2015). Katalis ini mampu mengarahkan monomer ke orientasi spesifik sehingga menghasilkan polipropilena isotaktik dengan derajat kristalinitas yang tinggi. Kristalinitas yang tinggi pada polipropilena mengakibatkan polimer ini mempunyai daya regang tinggi dan kaku. Polimerisasi propilena secara radikal bebas umumnya akan menghasilkan polipropilena ataktik dengan derajat kristalinitas rendah dan cenderung *amorf*. Tahapan reaksi polimerisasi polipropilena meliputi tahap inisiasi, propagasi dan terminasi (Harwanda, 2015).

Harwanda (2015) juga mengemukakan bahwa polipropilena mempunyai konduktivitas panas rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik. Terhadap termal polipropilena kurang stabil hal ini adalah karena adanya hidrogen tertier yang labil. Pencampuran menjadi bahan yang tahan terhadap

tekanan meskipun pada suhu tinggi. Kerapuhan pada suhu rendah juga dapat dihilangkan dengan menggunakan bahan pengisi dan penguat.

Polipropilena mempunyai tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap berbagai pelarut organik (Parni, 2012). Polipropilena juga mempunyai sifat isolator yang baik mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena sedikit sekali menyerap air dan sifat kekakuan yang tinggi. Seperti poliolefin, polipropilena juga mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol, dan sebagainya. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan data regangnya tinggi, kaku dan keras (Parni, 2012).

Polipropilena mempunyai kedudukan penting di antara polimer sintesis karena aplikasi komersialnya. Kekurangan dari polipropilena adalah sensitif terhadap foto oksidasi, sukar diwarnai dan permukaannya bersifat hidrofobik sehingga membatasi pemakaiannya dalam beberapa bidang penting secara teknologi (Harwanda, 2015). Kekurangan ini dapat diatasi dengan fungsionalisasi dengan teknik *grafting*, yaitu mencangkokkan monomer maupun polimer ke rantai polipropilena. Penggunaan teknik ini mengakibatkan polipropilena memperoleh sifat-sifat tambahan yang diperlukan untuk aplikasi khusus tanpa mengubah sifat-sifat asli yang diinginkan (Harwanda, 2015).

2.3 Papan Partikel

2.3.1 Pengertian Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas (Maloney 1993, dalam Fuadi 2009).

Menurut (Iskandar dalam Hesty 2009), papan partikel adalah lembaran hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik dan bahan lainnya.

Menurut Maloney (1993), penggunaan bahan baku produk komposit tidak harus berasal dari bahan baku yang berkualitas tinggi tetapi bahan baku yang digunakan dapat diperoleh dari limbah seiring dengan timbulnya isu lingkungan,

kelangkaan sumber bahan baku, penggunaan teknologi dan berbagai faktor lainnya. Bahan baku dengan kualitas yang tinggi maupun rendah tidak menjadi suatu masalah karena papan partikel dapat dibuat sesuai dengan kerapatan yang diinginkan.

Berdasarkan kerapatannya, Maloney (1993) membagi papan partikel menjadi beberapa golongan, yaitu:

- a. Papan partikel berkerapatan rendah (low density particle board), yaitu papan yang mempunyai kerapatan kurang dari 0,4 gr/cm³.
- b. Papan partikel berkerapatan sedang (medium density particle board), yaitu papan yang mempunyai kerapatan antara 0,4-0,8 gr/cm³.
- c. Papan partikel berkerapatan tinggi (high density particle board), yaitu papan yang mempunyai kerapatan lebih dari 0,8 gr/cm³.

Sedangkan berdasarkan keragaman ukuran partikel yang digunakan, papan partikel dibedakan menjadi:

1. Papan partikel homogen (single-layer-particle board), tidak memiliki perbedaan ukuran partikel antara lapisan tengah dengan lapisan permukaan.
2. Papan partikel berlapis tiga (three-layer-particle board), partikel pada lapisan permukaan lebih halus dibandingkan partikel pada lapisan tengahnya.
3. Papan partikel bertingkat berlapis tiga (graduated three-layer particle board), memiliki ukuran partikel dan kerapatan yang berbeda antara lapisan permukaan dengan lapisan tengahnya (Maloney 1993).

Pada dasarnya sifat papan partikel dipengaruhi oleh bahan baku kayu pembentuknya, jenis perekat, dan formulasi yang digunakan serta proses pembuatan papan partikel tersebut mulai dari persiapan bahan baku kayu, pembentukan partikel, pengeringan partikel, pencampuran perekat dengan partikel, proses kempa, dan finishingnya.

2.3.2 Jenis Papan Partikel

Adapun faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel adalah sebagai berikut (Sutigno, dalam Hesty 2009) :

- a. Berat jenis partikel

Perbandingan antara kerapatan atau berat jenis papan partikel dengan berat jenis kayu harus lebih dari satu, yaitu sekitar 1,3 agar mutu papan partikelnya

baik. Pada keadaan tersebut proses pengempaan berjalan optimal sehingga kontak antar partikel baik.

b. Zat ekstraktif partikel

Partikel yang berminyak akan menghasilkan papan partikel yang kurang baik dibandingkan dengan papan partikel dari kayu yang tidak berminyak. Zat ekstraktif semacam ini akan mengganggu proses perekatan.

c. Jenis partikel

Jenis kayu (misalnya Meranti Kuning) yang kalau dibuat papan partikel emisi formaldehidnya lebih tinggi dari jenis lain (misalnya Meranti Merah). Masih diperdebatkan apakah karena pengaruh warna atau pengaruh zat ekstraktif atau pengaruh keduanya.

d. Campuran jenis kayu

Keteguhan lentur papan partikel dari campuran jenis kayu ada diantara keteguhan lentur papan partikel jenis tunggalnya, karena itu papan partikel struktural lebih baik dibuat dari satu jenis kayu daripada dari campuran jenis kayu.

e. Ukuran partikel

Papan partikel yang dibuat dari tatal akan lebih daripada yang dibuat dari serbuk karena ukuran tatal lebih besar daripada serbuk. Karena itu, papan partikel struktural dibuat dari partikel yang relatif panjang dan relatif lebar.

f. Kulit kayu

Makin banyak kulit kayu dalam partikel kayu sifat papan partikelnya makin kurang baik karena kulit kayu akan mengganggu proses perekatan antar partikel. Banyaknya kulit kayu maksimum sekitar 10%.

g. Perekat

Macam partikel yang dipakai mempengaruhi sifat papan partikel. Penggunaan perekat eksterior akan menghasilkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior akan menghasilkan papan partikel interior. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan, misalnya karena ada perbedaan dalam komposisi perekat dan terdapat banyak sifat papan partikel. Sebagai contoh, penggunaan perekat urea formaldehid yang kadar formaldehidnya tinggi akan menghasilkan papan partikel yang keteguhan

lentur dan keteguhan rekat internalnya lebih baik tetapi emisi formaldehidnya lebih jelek.

h. Pengolahan

Proses produksi papan partikel berlangsung secara otomatis. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan yang dapat mengurangi mutu papan partikel. Sebagai contoh, kadar air hamparan (campuran partikel dengan perekat) yang optimum adalah 10 – 14%, bila terlalu tinggi keteguhan lentur dan keteguhan rekat internal papan partikel akan menurun.

2.3.3 Mutu Papan Partikel

Dibawah ini adapun mutu papan partikel yaitu meliputi (Hesty, 2009):

1. Cacat
2. Ukuran
3. Sifat fisis
4. Sifat mekanis

Dalam standar papan partikel yang dikeluarkan oleh beberapa negara masih mungkin terjadi perbedaan dalam hal kriteria, cara pengujian dan persyaratannya. Walaupun demikian, secara garis besarnya sama. Dibawah ini dapat ditunjukkan standar SNI 03–2105–2006 dan JIS A 5908–2003 untuk pengujian papan partikel .

Tabel 2.2 Sifat fisis dan mekanis papan partikel

No.	Sifat Fisis mekanis	SNI 03-2105-2006
1.	Kerapatan (gr/cm^3)	0,5-0,9
2	Kadar Air (%)	<14
3.	Daya Serap Air	-
4.	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
5.	MOR (kg/cm^2)	Min 80
6.	MOE (kg/cm^2)	Min 15000
7.	Internal Bond (kg/cm^2)	Min 1,5
8.	Kuat Pegang Sekrup (kg)	Min 30
9.	Linear Ekspnsion (%)	-
10.	Hardness (N)	-
11.	Emisi Formaldehyde (ppm)	-

Sumber : SNI 03–2105- 2006

Sifat papan partikel dipengaruhi oleh bahan baku pembentuknya, perekat dan formulasi yang digunakan serta proses pembuatan papan partikel tersebut

mulai dari persiapan bahan baku kayu, pembentukan partikel sampai proses kempa dan penyelesaiannya. Penggunaan papan partikel yang tepat akan berpengaruh terhadap lama dan pemanfaatannya yang diperoleh dari papan partikel yang digunakan. Sifat bahan baku yang berpengaruh terhadap sifat papan partikel antara lain yaitu jenis dan kerapatan kayu, bentuk dan ukuran bahan baku kayu yang digunakan, kadar air kayu, ukuran dan geometri partikel kayu, tipe dan penggunaan kulit kayu (Hadi 1998, dalam Hesty 2009).

Menurut (Haygreen dan Bowyer 1989, dalam Hesty 2009), bentuk bahan baku (serbuk gergaji, pasahan, tatal atau kayu bundar) mempengaruhi sifat-sifat papan partikel terutama karena bahan tersebut menentukan ukuran dan bentuk partikel yang dapat dihasilkan dalam mesin pembuat serpih dan mesin penghalus. Sifat fisis papan partikel adalah sifat yang telah dimiliki oleh papan partikel tanpa adanya pengaruh beban dari luar dan sifatnya tetap. Sifat ini meliputi kerapatan, kadar air, berat jenis, pengembangan tebal dan penyerapan air (Surjokusumo, et al 1985, dalam Hesty 2009).

Menurut (Tsoumis 1991, dalam Hesty 2009) sifat mekanis kayu dipengaruhi oleh kekuatan dalam menahan beban dari luar. Sifat ini dipengaruhi oleh kelembaban, kerapatan, suhu dan kerusakan kayu. Sifat fisis mekanis papan partikel meliputi kerapatan, kadar air, penyerapan air, pengembangan tebal, modulus lentur dan keteguhan rekat internal.

Menurut (Widarmana 1977, dalam Hesty 2009), kerapatan adalah suatu kekompakan partikel dalam lembaran yang tergantung pada besarnya tekanan kempa yang diberikan selama proses pembuatan lembaran. Makin tinggi kerapatan papan partikel yang akan dibuat semakin besar tekanan yang digunakan pada saat pengempaan. Sedangkan kadar air papan partikel akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya suhu dan semakin banyaknya perekat yang digunakan karena ikatan antar partikel akan semakin kuat sehingga air sukar untuk masuk kedalam papan partikel.

Menurut (Haygreen dan Bowyer 1989, dalam Hesty 2009) semakin tinggi kerapatan papan partikel dari suatu bahan baku tertentu maka semakin tinggi kekuatannya, tetapi kestabilan dimensinya menurun oleh naiknya kerapatan. Kerapatan papan partikel dipengaruhi kerapatan kayu. Kerapatan papan partikel

merupakan faktor utama dengan kerapatan 5%-20% lebih tinggi dibandingkan kerapatan kayu. Penambahan perekat akan mempengaruhi kerapatan dan menghasilkan papan partikel yang berat (Tsoumis 1991, dalam Hesty 2009). Menurut (Siagian 1983, dalam Hesty 2009), berdasarkan hasil analisa ragam kerapatan massa papan partikel tidak dipengaruhi oleh suhu kempa tetapi dipengaruhi oleh tekanan kempa dan kombinasi suhu dan tekanan kempa.

Papan partikel mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan kayu asalnya yaitu papan partikel bebas dari mata kayu, pecah dan retak, ukuran dan kerapatan papan partikel dapat disesuaikan dengan kebutuhan, tebal dan kerapatannya seragam dan mudah dikerjakan, mempunyai sifat isotropis, sifat dan kualitasnya dapat diatur. Kelemahan papan partikel adalah stabilitas dimensinya yang rendah .

Bahan kimia yang berpengaruh terhadap papan partikel yang dihasilkan adalah zat ekstraktif dan lignin. Zat ekstraktif antara lain berupa lemak, minyak, tanin dan resin. Lemak dan minyak berpengaruh negatif terhadap papan partikel, karena dapat mengurangi daya ikat serat, sedangkan tanin dan resin berpengaruh positif karena dapat menambah kekuatan ikatan lembaran sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan penolong. Lignin berfungsi sebagai bahan pengikat dalam lembaran papan partikel.

2.4 Ekstruksi

2.4.1 Pengertian Ekstruksi

Ekstruksi adalah satuan proses yang memaksa suatu bahan untuk mengalir pada suatu ruangan yang sempit dan akhirnya memaksanya untuk keluar melalui sistem bukaan (*die*) yang sempit juga. Bahan mengalami beberapa satuan proses sekaligus meliputi proses pencampuran, pengadukan, pemasakan, pengulian, pembentukan, pengembangan, atau pengeringan tergantung dari desain ekstruder dan kondisi proses.

Ekstruder merupakan suatu alat yang terdiri dari komponen tabung stainless steel (*barrel*) yang diletakkan horizontal dengan satu atau dua *Screw* di dalamnya yang bergerak sepanjang area pencampuran untuk memperkecil ukuran partikel, menghomogenisasi campuran partikel, mendispersi partikel, dan mendorong campuran keluar. Selain itu, ekstruder juga sebagai tempat untuk

melangsungkan reaksi sehingga dapat disebut sebagai reaktor. Dalam perkembangannya, ekstruder memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari reaktor aliran sumbat. Bahan-bahan yang memiliki viskositas yang tinggi, seperti polimer, membutuhkan ekstruder untuk bisa melangsungkan reaksi maupun menghomogenkan campuran (Nazaruddin and Sulaiman, 2020).

Screw Extruder didesain sebagai mixer yang kontinu. Pengadukan yang baik dalam ekstruder ditentukan oleh geometri dari screw dan kondisi operasi screw. Waktu pengadukan dalam continuous mixing ditentukan oleh kondisi operasi, geometri screw, dan panjang ekstruder. Panjang ekstruder akan menentukan waktu tinggal (*residence time*) bahan baku dalam ekstruder.

2.4.2 Prinsip Kerja Ekstruder

Prinsip kerja dari alat *Screw Extruder* yaitu bahan diisikan melalui corong ke dalam laras atau tabung berulir secara berkesinambungan. Putaran ulir menyebabkan bahan terdorong ke bagian die. Selama proses ini, bahan mengalami gaya tekan dan gesekan antara ulir dengan bahan. Gesekan yang dialami oleh bahan turut serta menimbulkan kalor yang memanaskan bahan tersebut. Bahan yang keluar selanjutnya masuk kedalam cetakan yang telah dipasang pada ujung die. Bahan yang telah keluar dari ekstruder mengalami perubahan tekanan dan suhu yang jauh lebih rendah daripada di dalam ekstruder. Pada kondisi tersebut air di dalam bahan, sebelumnya dalam keadaan bersuhu tinggi ($120 - 160^{\circ}\text{C}$) dan bertekanan tinggi ($70 - 150 \text{ atm}$) di dalam ekstruder, akan mudah menguap ke udara. Hal ini menyebabkan terciptanya rongga – rongga udara di dalam bahan sekaligus tertariknya molekul bahan. Kondisi ini menyebabkan proses pengembangan bahan.

2.4.3 *Screw Extruder*

Screw Extruder secara umum digunakan sebagai alat pencampur di industri plastik. Cara kerja dari *Screw Plastic Extruder* yaitu pertama nyalakan *heater* dan diatur dengan suhu berdasarkan titik leleh dari jenis plastik yang digunakan melalui control. Kemudian setelah panas dari *heater* sudah sesuai dan stabil motor dihidupkan. Pada poros terdapat *screw* yang mempunyai fungsi untuk *conveying* jenis perekat dan bahan baku. Bahan baku yang telah di beri perlakuan

dimasukkan ke dalam tempat masukan (*hopper*) yang kemudian dihantarkan (*conveying*) oleh *screw* menuju *barrel*, saat di dalam *barrel* biji plastik akan melalui proses pemanasan hingga mencair oleh *heater* yang sudah dipasang di *barrel*. Setelah mencair biji plastik akan dihantarkan kembali oleh *screw* keluar dari *extruder* masuk kedalam *nozzle* dan dikeluarkan menuju cetakan (*die*). Disaat yang bersamaan motor pendorong cetakan mendorong produk untuk proses penginjeksian, kemudian biji plastik yang sudah dilelehkan memenuhi ruang cetakan dan motor penggerak dimatikan. Pada tahap akhir proses cetakan dibuka untuk mengeluarkan produk

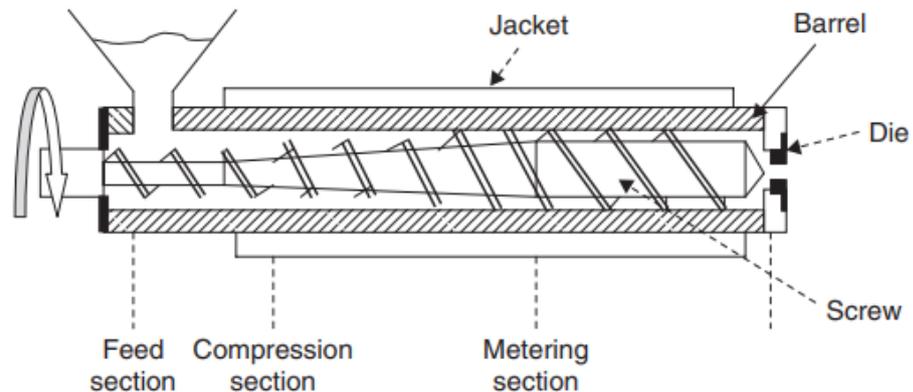
Berdasarkan (Nazaruddin and Sulaiman, 2020) ekstruder memiliki banyak jenis ukuran, bentuk dan metode pengoperasian, yaitu:

a. Ekstruder berulir tunggal (*Single Screw Extruder/SSE*)

Pada ekstruder ulir tunggal, gaya untuk menggerakkan bahan berasal dari pengaruh dua gesekan, yang pertama adalah gesekan yang diperoleh dari ulir dan bahan sedangkan yang kedua adalah gesekan antara dinding barrel ekstruder dan bahan. Ekstruder ulir tunggal membutuhkan konfigurasi dinding barrel ekstruder tertentu untuk menghasilkan kemampuan menggerakkan bahan yang baik, maka dari itulah dinding selubung ekstruder pada ekstruder ulir tunggal memainkan peran penting dalam menentukan rancangan ekstruder. Jika bahan yang diolah menempel pada permukaan ulir dan tergelincir dari permukaan barrel maka tidak akan ada produk yang mengalir dalam ekstruder karena bahan ikut berputar bersama ulir tanpa terdorong ke depan.

Huber dalam Rooney (2002) menyatakan bahwa Ekstruder ulir tunggal dapat dibagi menjadi empat kategori berdasarkan kebutuhan mekanikal energi dari gesekan yang terjadi, yaitu:

1. Low-shear forming
2. Low-shear cooking
3. Medium-shear cooking
4. High-shear cooking extruder



Sumber: Satito 2016

Gambar 2.3 Struktur Dasar Single-screw Extruder

b. Extruder dengan ulir ganda (*Twin Screw Extruder/TSE*).

Pada ekstruder ulir ganda, dua ulir yang paralel ditempatkan dalam barrel berbentuk angka 8. Jarak ulir yang diatur rapat akan mengakibatkan bahan bergerak di antara ulir dan barrel dalam ruang yang berbentuk C. Sebagai hasilnya bahan akan terhindar dari aliran balik (negatif) ke arah bahan masuk, tetapi digerakkan pada arah positif yaitu menuju die tempat bahan keluar. Pada ekstruder tipe ini, gesekan pada dinding barrel tidak terlalu penting untuk diperhatikan walaupun sebenarnya hal ini tergantung dari proses pengolahan apa yang dilakukan. Namun demikian, bentuk geometris ulir sangatlah penting untuk diperhatikan karena bentuk ulir ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan pada ruang ekstruder yang akan menyebabkan aliran bahan dari satu ruang ke ruang yang lain, baik ke arah negatif maupun ke positif.

Secara umum, ulir pada ekstruder ulir ganda dapat dibagi menjadi dua kategori utama yaitu ulir intermeshing dan non-intermeshing. Pada ulir ekstruder tipe non-intermeshing, jarak antara poros ulir setidaknya sama dengan diameter luar ulir. Sedangkan pada ulir tipe intermeshing, jarak antar poros ulir lebih kecil daripada diameter luar ulir, atau permukaan ulir dalam keadaan saling bersentuhan. Pada ulir tipe ini bahan yang tergelincir dari dinding barrel mungkin, tetapi tidak akan menempel pada ulir karena ulir intermeshing yang satu akan mencegah bahan pada ulir lain untuk berputar dengan bebas atau slip di ulir

2.4.4 Komponen Utama Mesin Ekstrusi (*Extruder*)

Secara global, cara kerja dari mesin ekstrusi ini hampir sama dengan mesin injection molding, hanya saja perbedaannya jika pada mesin injection molding yaitu mesin injection dalam mencetak satu persatu dan cetaknya berpisah dengan tabung screwnya, sedangkan pada mesin ekstrusi dalam mencetak biasanya akan berkesinambungan dan hasilnya bisa langsung dicetak. Komponen pada mesin ekstrusi (extruder) adalah sebagai berikut :

a. Hoper

Hoper adalah sebuah komponen dari mesin extruder dimana fungsi dari hoper ini adalah untuk memasukkan cacahan plastik sebagai bahan baku. biji plastic atau bahan baku biji plastik. Didalam hopper terdapat ruang pemanas yang bertujuan untuk memasak atau memanaskan plastik agar melumer. Biasanya hopper ini terbuat dari plat besi baja, mild steel, plat stainlest steel tergantung selera dan keinginan konsumen.

b. Screw

Salah satu komponen utama dari mesin ekstrusi adalah *screw* *Screw* yang berfungsi sebagai poros pendorong dan pengaduk plastik yang telah lumer yang terdapat didalam *barrel*. Bentuk *single screw* yang dibuat adalah tipe *metering screw*, dengan perbedaan kedalaman spiral untuk setiap daerah yaitu *feed section*, *compression section*, dan *metering section*. Dalam penggunaannya diameter *screw* mempengaruhi laju aliran plastik dalam *barrel*.

c. Barrel

Barrel adalah komponen pasangan Screw yang berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana screw berada didalamnya. *Barrel* berfungsi sebagai tempat proses plastisisasi, tempat dimana berlangsungnya proses pengumpanan, pemanasan, dan pengadukan. Oleh karenanya *barrel* dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dijadikan tempat pemasangan elemen pemanas dan *die* produk.

d. Motor penggerak

Dalam hal penggerak ini kita bisa menggunakan berbagai macam pilihan yakni bisa menggunakan motor listrik atau bisa juga menggunakan mesin diesel , atau bisa juga menggunakan motor bensin, dari masing-masing motor

penggerak ini mempunyai kelebihan dan juga mempunyai kekurangan. Fungsinya adalah untuk memutar screw agar plastik yang melumer bisa terdorong menuju ke arah cetakan.

e. Gear box

Fungsinya untuk mengubah putaran tinggi yang dihasilkan oleh motor listrik / mesin diesel menjadi putaran lambat namun lebih kuat. Untuk gearbox sendiri ada berbagai macam type, untuk masing-masing type bisa dibedakan dengan ukurannya seperti misalnya type -60 lebih kecil daripada gearbox yang berukuran type-80.

f. Cetakan (dies)

Kebanyakan die didesain berdasarkan pengalaman agar memberikan bentuk sesuai, kemudian diikuti dengan unit – unit sizing yang menyempurnakan bentuk ekstrudat sekunder dari die. Bila bentuk telah tepat, harus segera didinginkan. Misalnya dilewatkan pada bak air dingin. Begitu bahan plastic muncul dari die, bahan panas, lunak dan mudah dibentuk. Jadi begitu ekstrusi terbentuk, harus segera diambil dan dijaga bentuk dan ukurannya. Pendinginan dengan udara atau air dapat membantu. (Hartomo, 1993)

g. Elemen pemanas (*heater element*)

Elemen pemanas adalah komponen yang menghasilkan panas untuk pemrosesan plastik pada mesin ekstrusi ini. Elemen ini terdiri dari tiga buah dan dipasang pada *barrel*. Elemen ini diletakkan pada bagian pengumpan (*feed section*), penekan (*compression section*) dan bagian pengaduk (*metering section*). Untuk pengaturan temperature proses *plastinisasi*, elemen pemanas ini dihubungkan ke box control temperatur (*thermopel*).

2.4.5 Sistem Kerja Screw Extruder

Sistem kerja mesin ini menjadi 3 bagian yaitu :

1. Pemanasan atau pelumeran

Pemanasan atau pelumeran adalah dengan cara menampung cacahan plastik kedalam hopper, yang di dalamnya telah di aliri panas oleh heater yang terpasang di sekeliling dinding hopper. Panas yang di aplikasikan untuk pelumeran adalah 200° C di atas titik cair plastik *Polypropylene* (PP) yaitu 150° - 180° C. Tujuannya agar plastik

melumer dengan sempurna.

2. Pengadukan

Pengadukan dalam mesin ini menggunakan screw yang di putar oleh motor, tujuan pengadukan adalah agar plastik tidak menggumpal dan mudah saat keluar melalui cetakan.

3. Pencetakan

Pencetakan bertujuan agar lebih mempermudah pengemasan, Sistem cetakan pada mesin sangat sederhana, Plastik yang melumer di dalam barel di aduk dan di dorong oleh screw dan keluar melalui mulut barel yang terpasang dies (cetakan). Bentuk hasil cetakannya berbentuk balok.

2.4.6 Perhitungan Alat Screw Extruder

Pada proses ekstrusi terjadi peristiwa transfer (conveying) resin dari satu titik ke titik lain menggunakan ulir (screw), kemudian pelelehan dan penekanan. Secara prinsip resin masuk dalam wadah (hoper) kemudian dibawa oleh ulir sambil mengalami proses pelelehan. Panas berasal dari kumparan yang dipasang di sekeliling ulir. Begitu pergerakan bahan menuju ujung, terjadi kenaikan tekanan karena bahan polimer mesti melalui lubang kecil sedangkan dari belakang ulir terus bergerak menekan. Bahan keluar selanjutnya diterima oleh molding untuk dicetak, atau kembali dibuat resin dimana resin yang keluar berbeda dengan resin yang masuk. Dalam kasus ini resin yang masuk dicampur dengan bahan lain sehingga resin yang keluar mempunyai spesifikasi yang khusus. Berdasarkan Maradu (2018) yaitu mencari diameter screw menggunakan rumus:

1. Kapasitas Screw Extruder Desain

$$- D_{Screw} = D_{barrel} - 2 \text{ mm}$$

Laju aliran pada 20 rpm

$$- Q = 60 \frac{\pi D^2}{4} S N \Psi \Upsilon C$$

2. Daya yang dibutuhkan

$$N_0 = \frac{Q L W_0}{367} \sin \phi$$

3. Daya heater (Q)

Dalam pemilihan pemanas elektrik ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti target panas yang diinginkan, waktu pemanasan awal dari benda kerja yang dipanaskan, dan panas dari material yang dipanaskan.

- Daya pemanas ditentukan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{m \times c \times \Delta t}{860 \times t \times n}$$

4. Jumlah kalori pada barrel

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

