

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Papan Serat



Gambar 2.1 Papan Serat
Sumber: Harwanda (2015)

Papan serat adalah panel yang dihasilkan dari pengembangan serat kayu atau bahan berlignoselulosa lain dengan ikatan utama berasal dari bahan baku yang bersangkutan (khususnya lignin) atau bahan lain (khususnya perekat) untuk memperoleh sifat khusus (Badan Standarisasi Nasional, 2006). Papan serat merupakan salah satu jenis produk panel kayu yang terbuat dari bahan berlignoselulosa yang diikat dengan perekat sintesis atau bahan pengikat lain dan dikempa dengan panas. Papan serat umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, lebar, dan tipis sehingga disebut panel (Muzata, 2015).

Berdasarkan kerapatannya papan serat diklasifikasikan menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Papan serat berkerapatan rendah (*Low Density Particleboard*), yaitu papan serat yang mempunyai kerapatan kurang dari $0,4 \text{ g/cm}^3$
2. Papan serat berkerapatan sedang (*Medium Density Particleboard*), yaitu papan serat yang mempunyai kerapatan antara $0,4-0,8 \text{ g/cm}^3$
3. Papan serat berkerapatan tinggi (*High Density Particleboard*), yaitu papan serat yang mempunyai kerapatan lebih dari $0,8 \text{ g/cm}^3$.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bahan

komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik yang saling berhubungan (Purba, 2011).

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu (Purba, 2011):

1. *Continuous Fiber Composite*

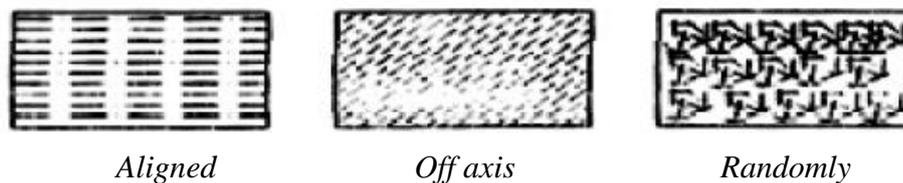
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

2. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

3. *Discontinuous Fiber Composite*

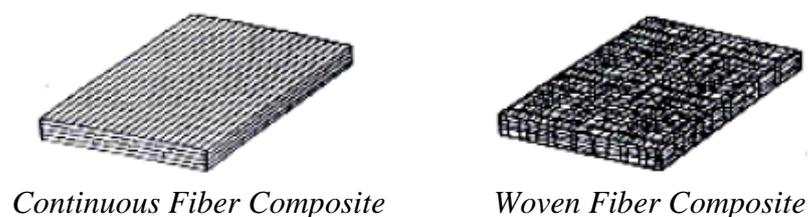
Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 jenis yaitu:

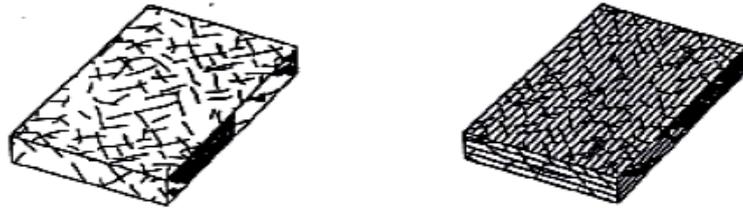


Gambar 2.2 Tipe *Discontinuous Fiber*
Sumber: Purba (2011)

4. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.





Randomly Oriented Discontinuous Fiber Hybrid Fiber Composite

Gambar 2.3 Tipe Komposit Serat

Sumber: Purba (2011)

2.1.1 Karakteristik Papan Serat

Menurut Jatmiko (2006) karakteristik papan serat yang terdiri dari sifat fisis dan mekanis yang digunakan sebagai parameter untuk menduga kualitas papan serat yang dihasilkan antara lain:

1. Kadar Air

Kadar air papan merupakan jumlah air yang masih tertinggal di dalam rongga sel, rongga intraselular dan antar partikel selama proses pengerasan perekat dengan kempa panas. Kadar air ini ditentukan oleh kadar air sebelum kempa panas, jumlah air yang terkandung pada perekat serta kelembaban udara sekeliling karena adanya lignoselulosa yang bersifat higroskopis. Kadar air papan akan semakin rendah dengan meningkatnya kadar perekat yang digunakan karena kontak antar partikel semakin rapat sehingga air akan sulit untuk masuk di antara partikel kayu

2. Kerapatan

Kerapatan adalah suatu kekompakan partikel dalam lembaran yang tergantung pada besarnya tekanan kempa yang diberikan selama proses pembuatan lembaran. Kerapatan merupakan faktor penting dalam menentukan jenis bahan yang akan digunakan dalam pembuatan produk papan komposit, dimana sifat ini sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis papan lainnya. 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.

3. Daya Serap Air

Daya serap air dipengaruhi oleh jenis partikelnya. Semakin besar tekanan kempa, suhu kempa dan kombinasi keduanya maka makin kecil daya serap air

papan serat. Perbedaan daya serap papan serat terhadap air berhubungan dengan kerapatan papan yang berbanding terbalik dengan daya serap terhadap air. Semakin besar kerapatan papan maka makin kecil daya serapnya terhadap air.

4. Pengembangan Tebal

Nilai pengembangan tebal yang paling kecil merupakan pengembangan yang paling baik karena dapat mengantisipasi menyerapnya air kedalam papan partikel melalui pori-pori partikel dan ruang kosong antar partikel secara perlahan. Sifat pengembangan tebal papan serat sejalan dengan sifat daya serap air, yaitu semakin banyak air yang diserap makin besar pengembangan tebalnya. Semakin tinggi suhu dan tekanan kempa, makin kecil pengembangan tebal papan serat. Keadaan ini disebabkan pada waktu perendaman serat akan menarik air kembali sehingga serat-serat papan serat akan kembali menjadi bentuk semula akibat hilangnya tekanan setelah perendaman

5. *Modulus of Rapture* (MOR) dan *Modulus of Elasticity* (MOE)

Sifat yang dimaksud adalah tingkat keteguhan papan dalam menerima beban tegak lurus terhadap permukaan papan. Semakin tinggi kerapatan partikel penyusunnya maka akan semakin tinggi sifat keteguhan dari papan yang dihasilkan. Nilai MOR dan MOE dipengaruhi oleh temperatur kempa dan tekanan kempa. Semakin tinggi kerapatan papan partikel dari suatu bahan baku tertentu maka semakin tinggi sifat keteguhan dari papan yang dihasilkan. Semakin banyak komposisi kayu yang dipadatkan maka ikatan partikelnya semakin lebih baik.

6. Keteguhan Rekat Internal

Keteguhan rekat internal adalah suatu ikatan antar partikel dalam lembaran papan serat. Keteguhan rekat internal adalah suatu uji pengendalian kualitas yang penting karena menunjukkan kabaikan pencampurannya, pembentukannya dan pengepresannya dan merupakan ukuran terbaik tentang kualitas pembuatan suatu papan karena menunjukkan ikatan antar partikel.

Karakteristik papan serat digunakan untuk mengetahui dan menganalisis campuran polimer dengan serat. Karakteristik ini meliputi sifat fisik dan sifat mekanis berdasarkan acuan standar papan serat. *Japanese Industrial Standard* (JIS) A 5908-2003 dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006 menetapkan

persyaratan sifat fisis dan mekanis papan serat yang harus dipenuhi, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Standar Sifat Fisis dan Mekanis Papan serat

Sifat Papan	Satuan	SNI 03-2105-2006	JIS A 5908-2003
Sifat Fisis			
Kerapatan	gr/cm ³	0,4-0,9	0,4-0,9
Kadar Air	%	≤ 14	5-13
Daya Serap Air	%	-	-
Pengembangan Tebal	%	≤ 12	≤ 12
Sifat Mekanis			
<i>Modulus of Rapture</i>	kg/cm ²	≥ 82	≥ 82
<i>Modulus of Elasticity</i>	kg/cm ²	≥ 20400	≥ 20400
<i>Internal Bond</i>	kg/cm ²	≥ 1,5	≥ 1,5
Kuat Pegang Sekrup	kg	≥ 31	≥ 30

Sumber: Badan Standardisasi Nasional dan Japanese Industrial Standards

Masruchin (2012) mengemukakan bahwa dalam pemahaman yang sederhana, perekatan yang terjadi pada antar muka merupakan perekatan antara serat dan matrik, namun hal tersebut menjadi hal yang sangat kompleks jika mengingat sifat dari kedua komponen yang bisa saja berbeda (polar dan non polar). Untuk lebih memahami sistem perekatan antara kedua komponen tersebut, berikut adalah beberapa mekanisme perekatan yang mampu terjadi:

1. *Interdiffusion*

Mekanisme perekatan dapat terjadi jika komposisi molekul antar komponen dapat berdifusi satu sama lain. Kekuatan rekat sangat dipengaruhi oleh jumlah molekul yang berdifusi dan membentuk ikatan saling bertaut (*entanglement*). Untuk meningkatkan daya kohesifitas antara kedua komponen dapat dilakukan modifikasi permukaan serat dengan pelapisan atau menciptakan gugus aktif tertentu.

2. *Chemical-Bonding*

Mekanisme ini sering dipergunakan untuk menjelaskan terjadinya perekatan dengan *coupling agent* pada komposit. Prinsip mekanisme *coupling agent* adalah terdapat dua gugus aktif yang bersifat mampu berinteraksi pada serat serta kompatibel dengan matrik. Kekuatan rekat dipengaruhi oleh jumlah dan jenis ikatan antara dua komponen tersebut. Silane *coupling agent* banyak dipergunakan

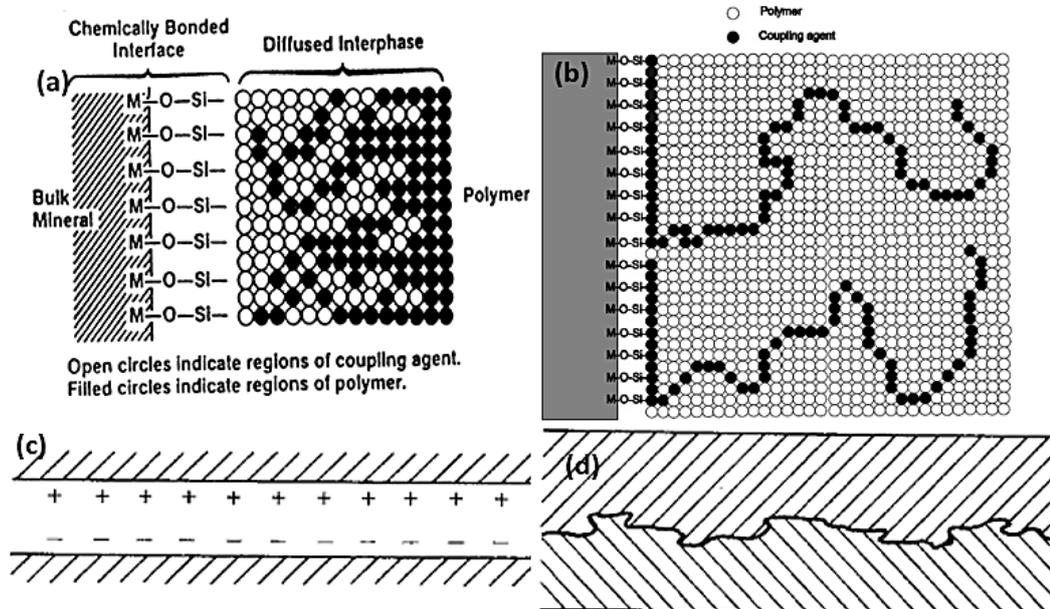
pada komposit dengan serat gelas dan *maleated anhydride graft polypropylene* (MAPP) banyak dipergunakan pada komposit PP dengan berbagai serat penguat.

3. *Electrostatic Attraction*

Pada mekanisme ini, energi untuk terjadinya perekatan adalah gaya saling tarik menarik antara dua buah muatan positif dan negatif atau dapat dinyatakan dalam interaksi ikatan asam-basa (ikatan ionik). Kekuatan rekat sangat dipengaruhi oleh kepadatan dan perbedaan muatan. pH pelarut jika dipergunakan sangat berpengaruh pada pembentukan ikatan asam-basa.

4. *Mechanical Adhesion*

Perekatan antara dua komponen dapat pula terjadi secara mekanis. Kedua permukaan dapat saling mengunci (*interlocking*) dimana resin atau matrik dapat secara sempurna membasahi setiap area permukaan dengan baik. Kekuatan ikatan ini lebih rendah jika dibandingkan dengan beberapa mekanisme perekatan lainnya, namun kekuatan geser akan lebih signifikan tergantung pada derajat kekasaran dari permukaan serat.



Gambar 2.4 Mekanisme Perekatan Serat (a) *Interdiffusion*; (b) *Coupling Agent*; (c) *Electrostatic Attraction*; dan (d) *Mechanical Adhesion*

Sumber: Masruchin (2012)

2.2 Kelapa



Gambar 2.5 Kelapa
Sumber: Harwanda (2015)

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah tanaman perkebunan yang banyak tersebar di wilayah tropis. Produk utamanya adalah kopra, yang berasal dari daging buah yang dikeringkan (Arancon, 1997). Klasifikasi ilmiah tanaman kelapa menurut Wahyudi (2016) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Klasifikasi Ilmiah Tanaman Kelapa

Klasifikasi Ilmiah Tanaman Kelapa	
Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Magnoliophyte</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Ordo	<i>Arecales</i>
Famili	<i>Arecaceae</i>
Genus	<i>Cocos</i>
Spesies	<i>Cocos Nucifera</i>

Sumber: Wahyudi (2016)

Kelapa digolongkan atas dua tipe, yaitu kelapa tipe dalam dan tipe genjah. Kelapa tipe dalam umumnya memiliki batang yang tinggi sekitar 15 m dan bagian pangkal membengkak (disebut bol), mahkota daun terbuka penuh berkisar 30-40 daun, panjang daun berkisar 5-7 m, berbunga pertama lambat berkisar 7-10 tahun setelah tanam, buah masak sekitar 12 bulan setelah penyerbukan, umur tanaman dapat mencapai 80-90 tahun, lebih toleran terhadap macam-macam jenis tanah dan kondisi iklim, kualitas kopra dan minyak serta sabut umumnya baik, pada umumnya menyerbuk silang (Harwanda, 2015).

Kelapa dikenal sebagai tanaman serbaguna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia. Bagian dari tanaman kelapa yang terdiri dari batang, daun, akar, bunga, dan buah memiliki manfaat tersendiri. Buah kelapa

terdiri dari beberapa bagian, yaitu kulit luar, sabut, tempurung, kulit daging buah, daging buah dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan hasil samping dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35% dari bobot buah kelapa yang merupakan sisa buah kelapa yang banyak terdapat di Indonesia. Bagian yang berserabut merupakan kulit dari buah kelapa. Dengan demikian, apabila secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton maka berarti terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan (Palungkun, 1992).

Komposisi buah kelapa terdiri dari empat bagian yaitu 35% sabut (*mesocarp*), 12% tempurung, 28% daging biji (*endosperm*) dan 25% air kelapa dari berat total buah kelapa masak. Berdasarkan data dari Thampan dalam Pamungkas (2006), diperkirakan jumlah sabut kelapa yang dihasilkan pada tahun 2006 adalah sebesar 1,1 juta ton. Besarnya potensi limbah sabut kelapa tersebut tentunya akan sayang apabila disia-siakan.



Gambar 2.6 Serat Sabut Kelapa
Sumber: Harwanda (2015)

Sabut kelapa merupakan bagian terbesar (kurang lebih 35%) dari bobot buah kelapa (Tyas, 2000). Jika produksi buah kelapa di Indonesia mencapai 3,2 juta ton per tahun, maka akan dihasilkan sabut kelapa sebanyak 1,1 juta ton per tahun. Pemanfaatan sabut kelapa masih sebatas untuk kerajinan seperti tali, keset kaki, sapu, matras, bahan isian jok mobil, dan lain-lain. Dari satu buah kelapa dapat diperoleh rata-rata 0,4 kg sabut yang mengandung 30-33% serat.

Komposisi kimia pada sabut kelapa terdiri atas air, pektin, hemiselulosa, lignin, dan selulosa. Sabut kelapa tersusun atas jaringan dasar sebagai jaringan utama penyusun sabut. Jaringan dasar tersebut mempunyai konsistensi seperti gabus. Komponen selulosa dan lignin terdapat di bagian seratnya, sedangkan komponen lainnya seperti tannin dan hemiselulosa terdapat pada jaringan dasarnya

(gabus) (Tyas, 2000). Komposisi kimia pada sabut dan serat sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Sabut dan Serat Sabut Kelapa

Komponen	Sabut (%)	Serat Sabut (%)
Air	26	5,25
Pektin	14,25	3
Hemiselulosa	8,5	0,25
Lignin	29,23	45,84
Selulosa	21,07	43,44

Sumber: Tyas (2000)

Sabut kelapa berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan papan serat karena kandungan seratnya yang cukup tinggi, jumlahnya cukup banyak dan harganya murah sehingga dapat dimanfaatkan untuk menggantikan kayu sebagai bahan baku utama pembuatan papan serat. Potensi sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan papan serat di Indonesia sangat besar karena pertumbuhan tanaman kelapa menyebar hampir di seluruh Indonesia (Harwanda, 2015).

Selulosa merupakan struktur dasar sel-sel tumbuhan dan komponen penting yang dibuat oleh organisme hidup. Di dalam kayu, selulosa terikat erat dengan hemiselulosa yang keduanya membentuk holoselulosa. Selulosa terdiri dari unit-unit anhidroglukopiranososa yang bersambung-sambung membentuk rantai molekul. Oleh karena itu, selulosa dinyatakan sebagai polimer linear glukosa dengan struktur rantai yang seragam. Berbeda dengan selulosa, hemiselulosa terdiri dari komposisi berbagai unit gula dengan rantai molekul yang lebih pendek (Sastrohamidjojo dalam Anton, 2012).

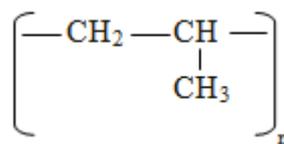
Lignin merupakan zat organik polimer yang mempunyai peranan penting dalam meningkatkan kekuatan mekanik. Kandungan lignin dalam tumbuhan cukup bervariasi, yaitu berkisar 20-40% (Sastrohamidjojo dalam Anton, 2012). Lignin merupakan polimer yang disusun dari tiga derivatif fenilpropana, yaitu kumaril alkohol, koniferil alkohol dan sinapil alkohol. Lignin tidak termasuk dalam kelompok karbohidrat tetapi memiliki hubungan yang erat dengan karbohidrat. Pada penggunaan kayu secara umum, lignin digunakan sebagai bagian integral kayu. Bahan serat dengan kandungan lignin yang tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai papan komposit tanpa perekat eksternal (Anton, 2012). Dengan adanya lignin maka papan mampu meredam kekuatan mekanis yang

dikenakan terhadapnya sehingga memungkinkan usaha pemanfaatan lignin sebagai perekat alami pada pembuatan papan serat (Yurizan, 2015).

Zat ekstraktif merupakan hambatan secara fisik maupun kimiawi terhadap proses perekatan papan serat (Pizzi dalam Anton, 2012). Adanya lapisan ekstraktif di permukaan kayu akan menghalangi resin mencapai selulosa sehingga akan menghasilkan garis perekatan yang kurang baik dan kekuatan rekatnya rendah. Selain itu, zat ekstraktif menyebabkan pemakaian perekat kurang efisien, laju pengerasan perekat terhambat, dan mengurangi sifat tahan air papan serat (Anton, 2012). Kandungan zat ekstraktif dalam kayu antara 5-30%. Peningkatan kadar zat ekstraktif ini dapat mengurangi kerekatan, sehingga akan menghasilkan kekuatan rekat yang rendah.

Pada proses pembuatan papan serat tanpa perekat, ikatan yang terbentuk antar partikel disebut *self-bonding*. *Self-bonding* terjadi karena perubahan atau aktivasi dari komponen kimia penyusun produk selama proses pengempaan panas dan atau dengan injeksi uap panas (Widyorini dkk., 2014). Reaksi kimia yang terjadi dapat berupa degradasi dari sebagian selulosa dan hemiselulosa yang menghasilkan gula sederhana dan dekomposisi lainnya, degradasi termal matriks dinding sel, ikatan silang antara polimer karbohidrat dan lignin, dan peningkatan dari kristalisasi selulosa. Karbohidrat dan monomer gula pada bahan berlignoselulosa tidak hanya berfungsi sebagai agen pengikat saja, tetapi juga sangat berperan terhadap kekuatan dan stabilitas papan yang dihasilkan (Shen dalam Widyorini dkk., 2014).

2.3 Plastik Polipropilena



Gambar 2.7 Struktur Polipropilena

Sumber: Aji (2008)

Bahan perekat yang digunakan pada pembuatan papan serat 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).