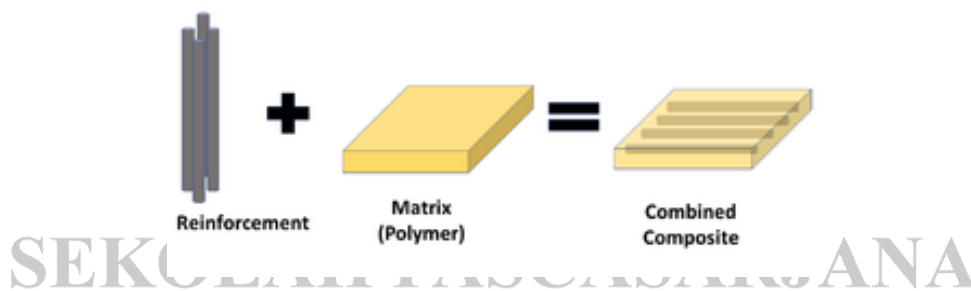


BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah material yang dibuat dari dua atau lebih komponen yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik. Komposit tersusun dari komponen penguat (*reinforcement/filler*) dan pengikat (*matrix*) seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.1. Komponen penguat biasanya merupakan material yang kuat, berfungsi untuk memberikan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik. Sedangkan komponen pengikat merupakan material yang berfungsi sebagai media transfer beban ke penguat, melindungi penguat dari efek lingkungan, biasanya berupa bahan yang lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia. Matrik komposit secara umum dibedakan menjadi tiga yaitu matrik polimer, mineral, dan logam. Matrik organik atau biasa disebut matrik polimer berupa selulosa, laminat yang diperkuat dengan polimer (T. Zhang et al., 2019). Matrik mineral berasal dari semen, pasir, dan keramik (Boltryk et al., 2018). Sedangkan matrik logam menggunakan aluminium dan karbon (Sauer et al., 2013). Agen penguat dibedakan menjadi dua yaitu penguat yang berasal dari bahan organik dan anorganik. Agen penguat berbasis organik biasanya berupa polimer. Sedangkan agen penguat berbasis anorganik berupa mineral, keramik, dan boron.



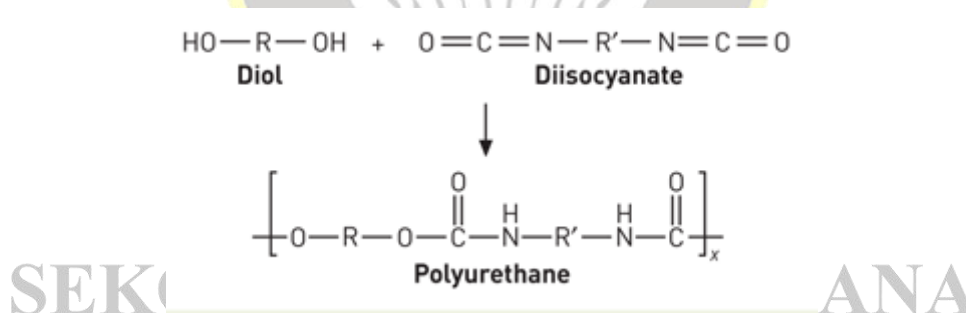
Gambar 2. 1 Pembentukan komposit

Komposit dengan matrik polimer merupakan komposit yang menggunakan bahan berbasis polimer sebagai pengikat. Keunggulan komposit jenis ini adalah ringan dan memiliki fungsi yang spesifik. Terdapat 2 jenis polimer yaitu berdasarkan daya tahan terhadap panas yaitu polimer termoplas dan termoset. Polimer termoplas adalah polimer dengan rantai lurus yang bersifat reversibel dan mudah mencair akibat pemanasan. Polimer termoplas dibuat dengan melelehkan

bahan kemudian dibentuk dengan pencetakan, injeksi, ekstrusi, atau thermoforming. Beberapa polimer termoplas nilon 66, poliester (PE), polipropilena (PP), polieter imida (PIE), polieter keton (PEK), polieter sulfon (PES), polieter eter keton (PEEK). Sedangkan polimer termoset merupakan polimer yang bersifat irreversibel. Pemanasan yang tinggi tidak akan mengubah bentuk polimer. Contoh polimer termoset adalah epoksida, poliamida, poliuretan, polikarbonat, dan silikon (Hsissou et al., 2021).

2.2 Poliuretan

Poliuretan atau polikarbamat adalah turunan ester amida dari asam karbonat. Poliuretan pertama kali disintesis oleh Wurtz pada tahun 1849. Kemudian ditahun 1973, Otto Bayer membuat poliuretan komersial pertama yang dikenal hingga saat ini melalui reaksi polikondensasi antara butana-1,4-diol dan heksana-1,6-diisocyanat menghasilkan poliuretan 28 dengan merek dagang perlon U. Penelitian lanjut menunjukkan poliuretan tidak hanya dalam bentuk serat tetapi juga digunakan untuk busa yang fleksibel dan kuat. Poliuretan dibuat melalui reaksi antara gugus isosianat ($-N=C=O$) dengan gugus hidroksil ($-OH$) dengan adanya surfaktan, katalis, dan zat peniup (Członka et al., 2021). Adapun reaksi umum poliuretan seperti Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Reaksi umum poliuretan

Secara umum, komponen utama pembuatan poliuretan terdiri dari polioliol dan isosianat. Polioliol merupakan senyawa polimer yang mengandung gugus hidroksil, pada pembuatan poliuretan dapat berasal dari polieter atau poliester, serta dioliol. Sedangkan isosianat merupakan senyawa organik yang memiliki gugus isosianat ($-N=C=O$). Terdapat 2 jenis isosianat yaitu alifatik (rantai lurus) dan aromatik (rantai benzena). Isosianat alifatik memiliki karakteristik kurang reaktif dibandingkan

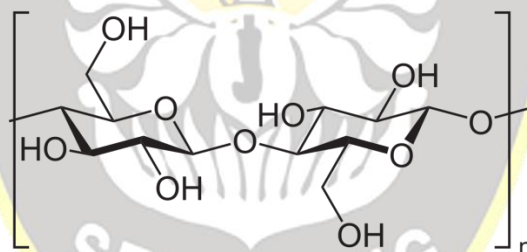
aromatik, namun memiliki ketahanan terhadap sinar ultraviolet yang lebih baik dibandingkan isosianat aromatik. Isosianat aromatik yang sering digunakan dalam industri pembuatan poliuretan antara lain metilen difenil diisosianat (MDI) dan toluen diisosianat (TDI) karena lebih reaktif dan murah. Sedangkan isosianat alifatik yang sering digunakan yaitu heksametilena diisosianat (HDI). Selain bahan utama, terdapat zat aditif lain dalam formulasi RPUF seperti *blowing agent*, surfaktan, dan katalis. Zat tiup atau *blowing agent* berfungsi menciptakan struktur berongga yang memberikan sifat isolasi termal. Zat peniup dibedakan menjadi dua yaitu kimia biasanya berupa air dan fisik biasanya berupa *hydrofluorocarbons* (HFC), *chlorofluorocarbon* (CFC), siklo pentana, dan pentana (Mahmood et al., 2016). Surfaktan berfungsi sebagai emulsi agar semua bahan dapat tercampur dengan mudah secara homogen. Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi. Katalis yang digunakan biasanya berasal dari golongan amida tersier seperti N,N-dimethylcyclohexylamine (DMCHA) dan 1,4-diazobicyclo[2,2,2]octane (DABCO) (Dworakowska et al., 2014).

Poliuretan memiliki kemampuan termal dan sifat mekanik yang baik sehingga memiliki potensi yang besar untuk berbagai aplikasi seperti konstruksi bangunan, pengemasan, bahan perekat, pelapis (*coating*), dan *anti-fouling* (Jin et al., 2020). Poliuretan terdiri dari dua segmen yaitu segmen kaku berupa ikatan hidrogen dan segmen lunak yang merupakan rantai sisa polioli. Poliuretan yang bersifat lunak digunakan pada aplikasi seperti kasur busa, alas kursi, dan jok mobil. Sedangkan poliuretan yang bersifat kaku atau *Rigid Polyurethane Foam* (RPUF) sangat baik digunakan sebagai material insulasi lemari es, konstruksi bangunan, dan kedap suara (Salasińska et al., 2021).

2.3 Nanoselulosa

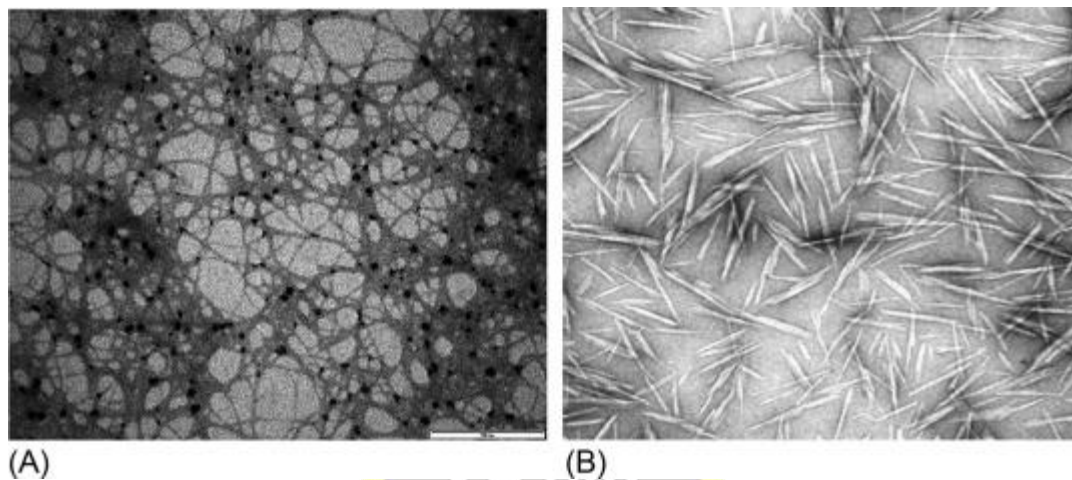
Nanoselulosa merupakan turunan dari selulosa (Gambar 2.3) yang memiliki dimensi ukuran nano (1-100nm). Selulosa merupakan sumber bahan yang dapat diperbaharui dan melimpah, diperkirakan produksi tahunan mencapai 1014 ton yang sebagian besar berasal dari sumber tanaman. Lebih lanjut lagi, selulosa dapat berasal dari limbah biomassa seperti limbah Tandan Kelapa Sawit (TKS) yang sangat melimpah di Indonesia. Produksi limbah kelapa sawit Indonesia rata-rata

mencapai 53 juta ton per tahun dengan proyeksi pertumbuhan tahunan sebesar 5% (Rezk et al., 2019). Limbah padat yang dihasilkan terutama dari proses produksi kelapa sawit adalah limbah TKS. Pada tahun 2020, limbah TKS yang dihasilkan Indonesia diperkirakan berjumlah sekitar 37 juta ton. Indonesia diperkirakan menghasilkan limbah TKS sekitar 20,8 juta ton per tahun, dari 90,5 juta ton tandan buah segar yang diolah pada saat produksi (Januari & Agustina, 2022). Oleh karenanya banyak penelitian terbaru yang menggunakan selulosa sebagai bahan pembuatan nanopartikel karena dianggap lebih ekonomis dibanding nanopartikel lainnya (Gómez H. et al., 2016). Terdapat 4 tahap untuk mensintesis nanoselulosa dari selulosa yaitu tahap hidrolisis asam, *sentrifuse*, ultrasonikasi, dan *freezer drying*. Partikel nanoselulosa merupakan material unik yang mengalami perubahan berupa peningkatan kristalinitas, luas permukaan, dan dispersi. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari selulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler penguat polimer, aditif untuk produksi biodegradable, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat (de Amorim et al., 2020).



Gambar 2. 3 Struktur kimia selulosa (Eichhorn SJ et al., 2010)

Nanoselulosa dari alam dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Cellulose NanoCrystals* (CNC) dan *Cellulose NanoFiber* (CNF). Nanokristal selulosa merupakan nanomaterial turunan selulosa yang berbentuk seperti kristal jarum, disintesis dengan metode hidrolisis asam kuat (Klemm et al., 2018). Sedangkan nanofiber selulosa merupakan nanomaterial turunan selulosa yang berbentuk seperti serat panjang, biasanya disintesis dengan cara fisika. Pada limbah TKS komposisi nanokristal selulosa lebih banyak dibandingkan nanofiber selulosa. Penelitian (de Amorim et al., 2020) dapat menghasilkan nanokristal selulosa sebanyak 84% dan nanofiber selulosa sebanyak 72%. Adapun perbedaan bentuk morfologi CNC dan CNF seperti pada Gambar 2.4 berikut (Masoodi et al., 2012).



Gambar 2. 4 Struktur morfologi (A) nanofiber selulosa dengan (B) nanokristal selulosa (Masoodi et al., 2012).

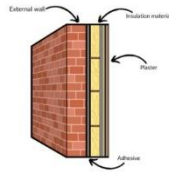
Tabel 2. 1 Perbedaan nanokristal selulosa dan nanofiber selulosa

Indikator	Nanokristal selulosa	Nanofiber selulosa
Derajat kristalinitas	54-88%	59-64%
Derajat polimerisasi	500-15.000	>501
Panjang serat	150-300 nm	85-225 nm
Modulus Young	50-100 GPa	39-78 GPa
Densitas	1,60 gr/cm ³	1,56 gr/cm ³
Ukuran partikel		
Panjang	0.05-0.5 μ m	0.5-2 μ m
Lebar	3-10 nm	4-20 nm
Tinggi	3-10 nm	4-20 nm

(de Amorim et al., 2020)

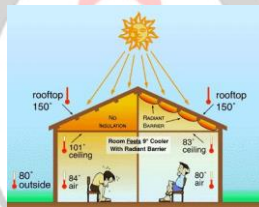
2.4 Insulasi Termal

Insulasi termal merupakan bahan yang berfungsi untuk mengurangi laju perpindahan panas. Pada lemari es insulasi termal merupakan salah satu bidang penting dalam hal penghematan energi memiliki hubungannya dengan isolasi yang memadai, yang membantu mengurangi kehilangan panas didalam lemari es. Misalnya, penghematan energi rata-rata 25% diamati dengan menggunakan panel insulasi vakum (Marques et al., 2014).



Gambar 2. 5 Aplikasi busa poliuretan kaku pada dinding rumah

Salah satu aplikasi insulasi termal yang saat ini populer yaitu insulasi termal RPUF pada dinding, atap dan bangunan seperti pada Gambar 2.5. Insulasi termal pada bangunan berfungsi untuk menjaga suhu ruangan tidak terpengaruh oleh lingkungan. Sehingga ketika suhu lingkungan panas, suhu didalam ruangan tidak ikut panas. Adapun ilustrasi mekanisme proses insulasi termal pada bangunan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Ilustrasi bangunan dengan dan tanpa insulasi termal

SEKOLAH PASCASARJANA