

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Ringan

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton atau bata ringan merupakan jenis unsur bangunan yang terbuat dari semen Portland, air dan aregat. Bata ringan digunakan sebagai pasangan pada dinding dengan beban struktur yang ringan. Bata beton termasuk salah satu bahan bangunan yang pengerasannya tidak dibakar dengan campuran pasir, semen, air dan dapat ditambahkan dengan bahan lainnya (*additive*) dimana dicetak melalui proses pemadatan sehingga terbentuk balok-balok dengan ukuran tertentu dan pemeliharaannya ditempatkan pada tempat lembab dengan tidak terkena sinar matahari secara langsung.

Menurut SNI 03-0349-1989, jenis bata ini terdiri dari :

1. Mutu I, merupakan bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan konstruksi tidak terlindung (di luar atap).
2. Mutu II, merupakan bata beton yang memikul beban tetapi penggunaannya hanya konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (dibawah atap).
3. Mutu III, merupakan bata beton yang digunakan dengan tidak dibebani, terlindung dan tidak diplester.
4. Mutu IV, bata yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat dan lain-lain serta konstruksinya yang terlindung dari cuaca luar.

Bata ringan/ beton ringan merupakan bata dengan inovasi terbaru dalam pembuatannya. Bata ringan memiliki keuntungan dibandingkan dengan bata pada secara umum, yaitu : tahan panas yang baik, kedap suara (peredam suara), tahan api sedangkan kelemahan dari bata ringan adalah nilai kuat tekan yang kecil dibandingkan dengan beton normal sehingga tidak dianjurkan untuk structural berat. Adanya perkembangan teknologi, beberapa peneliti telah menemukan bata ringan yang dapat dijadikan sebagai pasangan dinding dengan penambahan bahan tertentu seperti *foam agent* atau bahan *additive* lainnya. Gambar bata ringan dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Bata Ringan (Celcon)

Sumber : <http://hargasuper.com/>

Persyaratan fisis dan sifat fisik bata beton dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Syarat Fisik Bata Beton

Syarat Fisik	Satuan	Tingkatan Mutu Bata Beton			
		Pejal			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	Kg/cm ²	100	70	40	25
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	Kg/cm ²	90	65	35	21
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	35	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-1989

Catatan:

- 1) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukurannya dari permukaan bata yang tertekan, termasuk luas lobang serta cekungan tepi
- 2) Tingkat Mutu:
 - Tingkat I : Untuk dinding struktural tidak terlindungi
 - Tingkat II : Untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban)
 - Tingkat III : Untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas
 - Tingkat IV : Untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca

Penambahan bahan lain seperti polimer dapat meringankan massa bata. Polimer dapat berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi seperti batu kapur, pasir, dan semen serta dapat mengurangi penggunaan *foam agent* dan air. Polimer yang digunakan berupa polimer *thermoplastic* (Juwairiah, 2009). Beton polimer memiliki sifat tahan terhadap penyerapan air, tidak terpengaruh terhadap sinar ultra violet, daya tahan korosi yang lebih baik, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya. Beton polimer dapat digunakan untuk memperbaiki bangunan dalam air.

2.2 Bahan Penyusun Bata Ringan

Bahan dasar pembentuk/penyusun bata ringan pada penelitian ini terdiri dari semen, pasir, batu kapur dan HDPE (*High Density Poly Ethylene*) sedangkan untuk bata ringan normal hanya menggunakan semen, pasir dan air dengan bahan tambah *foam agent*. Umumnya, bata tersusun atas dua komponen yaitu bahan *binder* (bahan pengikat) dan bahan *filler* (bahan pengisi). Semen dan air berperan sebagai *binder* dimana semen yang terhidrasi oleh air dan akan mengikat agregat halus sedangkan agregat yang terdiri atas pasir, batu kapur atau agregat lainnya merupakan bahan pengisi (*filler*) dari bata. *Foam agent* merupakan komponen tambahan yang digunakan untuk memperbesar volume bata sehingga memperkecil massa bata. HDPE dapat dijadikan sebagai substitusi bahan *binder* pada bata ringan dimana sifat HDPE leleh dapat mengikat bahan-bahan lainnya (Lawrence, 2007). Sifat HDPE yang memiliki gaya adhesi dan kohesi yang baik pada bentuk lelehnya akan dapat mengikat bahan pengisi seperti pasir dan semen. Batu kapur dijadikan variabel tambahan dan difungsikan sebagai bahan pengisi tambahan untuk memperkuat struktur bata.

2.2.1 Semen Portland

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 tentang Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen ditemukan oleh Joseph Aspidin di tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Semen dinamakan Semen Portland karena yang dihasilkan mempunyai warna yang sama dengan tanah liat alam di Portland. Adapun jenis-jenis semen diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Tipe I: Semen biasa digunakan untuk pembuatan beton bagi konstruksi yang tidak dipengaruhi sifat-sifat lingkungan yang mengandung bahan sulfat, perbedaan temperatur yang ekstrim. Pemakaian tipe ini umumnya bagi konstruksi beton pada bangunan:
 - a. Jalan;
 - b. Bangunan beton bertulang;
 - c. Jembatan-jembatan;
 - d. Tangki, waduk, pipa-pipa, batako.
2. Tipe II: Semen ini digunakan untuk pencegahan serangan sulfat dari lingkungan, seperti sistem drainase dengan sifat kadar konsentrasi sulfat tinggi di dalam air tanah.
3. Tipe III: Jenis semen dengan waktu pengerasan yang cepat, dalam waktu kurang dari seminggu. Semen tipe III digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai.
4. Tipe IV: Semen dengan hidrasi panas rendah yang digunakan pada struktur-struktur dam, bangunan-bangunan masif, atau konstruksi lain dimana panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu keutuhan beton.
5. Tipe V: Semen penangkal sulfat. Semen tipe IV digunakan untuk beton yang berada di lingkungan mengandung sulfat terutama pada tanah/air tanah dengan kadar sulfat tinggi.

Di samping yang disebutkan di atas terdapat semen-semen khusus, seperti:

- a. Semen untuk sumur minyak;
- b. Semen kedap air;
- c. Semen plastik;
- d. Semen ekspansif;
- e. *Regulate-Set Cement*.

Gambar semen Portland dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Semen Portland

Sumber : Borobudurpedia.id

Adapun ringkasan penggunaan dari jenis-jenis portland semen yaitu seperti tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jenis-jenis Semen Portland

Jenis Semen	Penggunaan
Tipe I	Konstruksi biasa di mana sifat yang khusus tidak diperlukan
Tipe II	Konstruksi biasa di mana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang
Tipe III	Konstruksi pada bahan dengan tingkat permulaan yang tinggi.
Tipe IV	Konstruksi dengan panas hidrasi yang rendah
Tipe V	Konstruksi dengan daya tahan sulfat.

Sumber : Wang, 1993

Agar semen tetap memenuhi syarat meskipun disimpan dalam waktu lama, cara penyimpanan semen perlu diperhatikan. Jika semen disimpan kering, maka kondisinya tetap baik. Penyimpanan di tempat lembab mengakibatkan penurunan kekuatan. Oleh karena itu, kelembaban ruang penyimpanan harus tetap dijaga. Sebaiknya penimbunan karung semen rapat satu sama lain, berada di atas ganjalan kayu dan tidak dirapatkan ke dinding. Penyimpanan yang lama seharusnya mempunyai tutup-tutup kedap air. Semen harus terbebas dari bahan kotoran dari luar. Semen dalam kantong harus disimpan dalam gudang tertutup, terhindar dari basah dan lembab dan tidak tercampur dengan bahan lain. Semen dari jenis yang berbeda harus dikelompokkan sedemikian rupa untuk mencegah

kemungkinan tertukarnya jenis semen yang satu dengan yang lainnya. Urutan penyimpanan harus diatur sehingga semen yang lebih dahulu masuk gudang terpakai lebih dahulu (Mulyono, 2003).

2.2.2 Pasir

Pasir adalah bahan butiran batuan halus yang berukuran 0,14-5 mm, didapat dari hasil desintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dengan memecah batuan (*artificial sand*). Pasir diperoleh biasanya dari penggalian di dasar sungai. Pasir digunakan untuk pembuatan bata konstruksi. Pasir terbentuk ketika batu-batu dibawa arus sungai dari sumber air ke muara sungai. Pasir dan kerikil dapat juga digali dari laut dimana zat pengotor dan garam-garamnya (klorida) dibersihkan. Jenis pasir dapat dibedakan berdasarkan asal dan sifat pasir yaitu sebagai berikut :

- a. Pasir gunung, ditemukan di daerah-daerah yang terletak agak tinggi dan banyak mengandung kerikil.
- b. Pasir sungai, jenis pasir ini yang mempunyai butiran yang tak merata. Jenis pasir sungai sangat baik untuk membuat mortar (adukan) karena unsur-unsur pengikatnya.
- c. Pasir laut, merupakan pasir yang banyak mengandung kapur karena sisa-sisa kulit kerang.
- d. Pasir gunung tepi pantai, pasir ini juga sama dengan pasir laut dimana mengandung kapur yang tinggi. Pasir gunung tepi pantai adalah pasir yang terbawa angin. Pembentukan pasir disebabkan oleh arus laut dan ombak.
- e. Pasir perak, merupakan jenis pasir yang banyak digunakan sebagai penghias pada dinding dan langit-langit ruangan.
- f. Pasir lembek, jenis pasir ini merupakan pasir halus dengan butiran bulat, sedikit mengandung tanah liat namun banyak mengandung lumpur dan air.
- g. Pasir timah, merupakan pasir yang dihanyutkan oleh air hujan dan sisa-sisa humus. Warna pasir ini berwarna abu-abu timah.

Gambar pasir dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pasir

Sumber : *Borobudurpedia.id*

2.2.3 Batu Kapur (*Limestone*)

Batu kapur (*limestone*) merupakan salah satu bahan galian industri non logam yang sangat besar potensinya dan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia (Shubri dan Armin, 2014). Batu kapur (*gamping*) terbentuk melalui beberapa proses yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Sebagian besar batu kapur yang terdapat di alam terbentuk secara organik. Pembentukan batu kapur berasal dari pengendapan cangkang/rumah kerang dan siput, *foraminifera* atau berasal dari kerangka binatang koral/kerang. Batu kapur memiliki warna putih susu, abu-abu muda, abu-abu tua, coklat bahkan hitam, dimana dipengaruhi oleh keberadaan mineral pengotornya. Gambar batu kapur dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Batu kapur (*limestone*)

Sumber: *geology.com*

Batu kapur banyak digunakan untuk keperluan bahan bangunan seperti tiang untuk plester, adukan bata, pembuatan semen tras ataupun semen merah. Kapur berfungsi untuk mengurangi plastisitas, mengurangi penyusutan dan pemuaian fondasi jalan raya (Shubri dan Armin, 2014). Batu kapur juga dapat dimanfaatkan sebagai pembasmi hama dimana berperan sebagai warangan timbal dan warangan kalsium (CaAsO_3) atau sebagai serbuk belerang. Pada bidang pertanian, bubuk batu kapur umum ditaburkan untuk menetralkan tanah asam yang relatif tidak banyak air, sebagai pupuk untuk menambah unsur kalsium yang berkurang akibat panen, serta untuk menggemburkan tanah. Kapur dapat dimanfaatkan sebagai disinfektan pada kandang unggas, pembuatan kompos dan sebagainya.

Mineral utama batu kapur adalah kalsit (CaCO_3). Mineral lain merupakan mineral pengotor dimana secara umum terdiri dari kuarsa (SiO_2), karbonat yang berasosiasi dengan mineral besi dan mineral lempung, serta bahan organik sisa tumbuhan. Mineral karbonat lain yang berasosiasi dengan kalsit adalah siderit (FeCO_3), ankerit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$), dan magnesit (MgCO_3) dimana mineral-mineral tersebut umumnya ditemukan dalam jumlah kecil. Mineral kalsit terbentuk melalui proses sedimentasi sehingga batu kapur disebut batuan sedimen. Mineral kalsit berstruktur kristal sistem heksagonal. Selain kalsit, dapat ditemukan mineral karbonat lainnya yaitu aragonit (CaCO_3) yang mempunyai komposisi kimia sama dengan kalsit namun struktur kristalnya berbeda yaitu sistem ortorombik. Aragonit ditemukan pada kulit kerang (*oyster shells*) dan keong (*oolites*). Aragonit bersifat metastabil dimana dalam waktu lama akan berubah menjadi kalsit.

Mineral-mineral karbonat tidak mudah dibedakan antara satu mineral dengan mineral lainnya karena mempunyai sifat-sifat fisis yang hampir sama. Pengotor yang paling umum terdapat dalam batuan karbonat adalah lempung (*clay*). Mineral-mineral lempung, terutama *kaolinit*, *ilit*, *khlorit*, dan *smektit* dapat tersebar diseluruh batuan atau terkonsentrasi dalam lapisan tipis (*laminae*) pada batuan. Selain lempung, pengotor lain adalah kuarsa, yang tersebar dalam batuan karbonat berupa butiran halus berukuran 1 sampai 10 mikron (*microcrystalline quartz*) sampai butiran pasir (*sandsize quartz*). Pengotor lain adalah bitumen yaitu zat organik yang tersebar dalam bentuk halus di dalam batuan karbonat. Zat organik ini memberikan warna coklat sampai hitam pada batuan. Untuk beberapa penggunaan

tertentu seperti pengisi dan pelapis kertas, bitumen dalam batu kapur harus dihilangkan dan dikurangi jumlahnya.

Batu kapur memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang umumnya bervariasi. Sifat-sifat fisis maupun kimia yang diteliti pada batu kapur bertujuan untuk mengklasifikasikan penggunaannya (Boynton, 1999).

Beberapa sifat fisika batu kapur :

- Rumus molekul : CaCO_3
- Fase : Padat (Solid)
- Warna : Putih kekuningan
- Kadar air : $\pm 3\%$
- *Bulk Density* : 1378 g/l (kasar), 1360 g/l (sedang), 1592 g/l (halus)
- Ukuran material : > 60 mm

2.3 Plastik

Plastik merupakan material yang terbentuk dari proses polimerisasi karbon dan hidrogen yaitu proses penggabungan beberapa molekul sederhana menjadi molekul besar. Menurut Lawrence, dalam buku “Ilmu dan Teknologi Bahan” mengatakan bahwa :

“ plastik berasal dari kata sifat yang memiliki pengertian bahan yang dapat diubah bentuknya secara permanen akan tetapi plastik juga dapat memiliki pengertian plastik merupakan bahan yang dapat diubah bentuknya secara deformasi plastik.”(Lawrence, 2007)

Plastik merupakan polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang pada rantai utamanya. Rantai utama merupakan bagian dari rantai yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan.

Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60 kg/orang/tahun, di

Amerika Serikat mencapai 80 kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2 kg/orang/tahun (PlasticEurope.com, 2010). Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, *shellac*) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, *nitrocellulose*) dan akhirnya ke molekul buatan manusia (seperti: *epoxy*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene*). Gambar produk plastik dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Produk Plastik
Sumber : *Tribunnews.com*

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan (umumnya polimer polivinil) terbuat dari *Polychlorinated Biphenyl* (PCB) yang mempunyai struktur mirip *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT) dan kantong plastik yang sulit untuk diurai oleh tanah hingga membutuhkan waktu antara 100 hingga 500 tahun untuk menguraikannya. Akibatnya terjadi pencemaran pada tanah, air tanah dan makhluk bawah tanah. PCB yang tidak dapat terurai meskipun termakan oleh binatang maupun tanaman akan menjadi racun berantai sesuai urutan rantai makanan. Kantong plastik juga akan mengganggu jalur air yang meresap ke dalam tanah dan menurunkan kesuburan tanah karena plastik menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah dan ruang gerak makhluk bawah tanah yang mampu menyuburkan tanah. Senyawa tersebut menyebabkan racun-racun dari partikel plastik yang masuk ke dalam tanah dan membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing.

Berdasarkan kata sifatnya, maka plastik tergolong ke dalam bahan yang dapat mudah diubah bentuk. Sifat plastik menurut Obeid, (2014) mengatakan bahwa plastik merupakan material yang kuat dan tidak mudah pecah, ringan, anti karat,

mudah diwarnai dan dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik. Sifatnya tersebut menyebabkan penggunaan plastik dalam berbagai aktivitas di kehidupan sehari-hari cukup besar sehingga menghasilkan sampah dengan jumlah yang besar pula (Sarker, 2012).

2.3.1 Jenis Plastik

a. Berdasarkan Kegunaannya

Jenis plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan ekonomis dan kegunaannya yaitu plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik-plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah. Plastik ini bisa diperbandingkan dengan baja dan aluminium dalam industri logam. Jenis plastik ini sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang (*disposable*) seperti lapisan pengemas. Namun, penggunaan plastik juga ditemukan pada barang-barang yang tahan lama.

Plastik komoditi pada prinsipnya terdiri dari empat jenis polimer utama yaitu *polietilena*, *polipropilena*, *polivinil klorida* dan *polistirena*. Polietilena dibagi menjadi produk massa jenis rendah (*Low Density Poly Ethylene*) dengan massa jenis $< 0,94 \text{ g/cm}^3$ dan produk massa jenis tinggi (*High Density Poly Ethylene*) dengan massa jenis $> 0,94 \text{ g/cm}^3$. Perbedaan kedua polimer selain massa jenisnya, terletak pada struktur polimer. Polietilena massa jenis tinggi (HDPE) secara esensial merupakan polimer linier dan polietilena massa jenis rendah bercabang. Plastik-plastik komoditi mewakili sekitar 90% dari seluruh produksi termoplastik, dan sisanya terbagi di antara kopolimer stirena-butadiena, kopolimer Akrilonitril-Butadiena-Stirena (ABS), poliamida dan polyester.

Plastik teknik memiliki harga yang lebih mahal dan volumenya lebih rendah. Kelebihannya adalah memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik dibandingkan plastik komoditi. Jenis plastik ini biasa digunakan dengan menggantikan logam, keramik dan gelas dalam berbagai aplikasi terkhususnya aplikasi teknik. Plastik teknik digunakan terutama dalam bidang transportasi (mobil, truk, pesawat udara), konstruksi (perumahan, instalasi pipa ledeng, perangkat keras), barang-barang perlengkapan konsumsi (piring, gelas, dan sebagainya).

b. Berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya, plastik terbagi menjadi 2 jenis yaitu *thermoplastik* dan *thermosets*. Thermoplastik merupakan plastik yang jika dipanaskan hingga suhu tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali sesuai kebutuhan. Thermoplastik umumnya digunakan sebagai bahan pembuat botol kemasan dan dapat didaur ulang. Plastik jenis ini digunakan sebagai bahan baku kantong plastik sedangkan *thermosets* adalah plastik yang apabila dipanaskan tidak dapat mencair kembali. Plastik jenis *thermoset* sering dijumpai pada alat-alat listrik seperti *steker*, dan sebagainya. *Thermoplastik* terdiri menjadi beberapa jenis sesuai dengan titik leburnya dan monomer penyusunnya. Jenis-jenis plastik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jenis Plastik Thermoplastik

Jenis Plastik	Titik Leleh, °C	Monomer Penyusun
PET (<i>Polyethylene terephthalate</i>)	250	<i>Ethylene Glycol</i> (EG) dan <i>Terephthalic Acid</i> (TPA) atau <i>Dimethyl Ester Terephthalat</i> (DMT)
HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	200-280	-
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	160-180	Monomer vinil klorida
LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)	160-240	-
PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	200-300	Polimerisasi gas propilena
PS (<i>Polystyrene</i>)	180-260	Monomer – monomer stirena hasil dehidrogenase etil benzena
PC (<i>Polycarbonat</i>)	280-310	kondensasi Bisphenol A dengan Fosgen dalam media Alkali.
ABS (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>)	180-240	<i>Acrylonitrile, Butadiene, Styrene</i>
PA (<i>Polyamide</i>) atau nilon	260-290	-
PA (<i>Polyacetal</i>)	185-225	Homopolimer (Asetal Homopolimer) dan kopolimer.

Sumber : Surono, 2013

2.4 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly = banyak; mer = bagian). Polimer merupakan molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Suatu polimer akan terbentuk apabila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer) saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya. Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil.

2.4.1 Penggolongan Polimer

Penggolongan polimer berdasarkan asalnya yaitu polimer berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang dibuat oleh manusia (polimer sintesis).

a. Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti: amilum dalam beras, jagung dan kentang, pati, selulosa dalam kayu, protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet. Protein, *Deoxyribo Nucleic Acid* (DNA), *Ribose Nucleic Acid* (RNA), kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kempompong mengikat merupakan polimer-polimer yang terbentuk secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh dari Polimer Alam

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, kayu, kapas
Protein	Asam Amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam Nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA
Karet Alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

Sumber : *Kimia Polimer, 2001*

b. Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, *Poly Vinyl Chlorida* (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri atau mainan anak-anak.

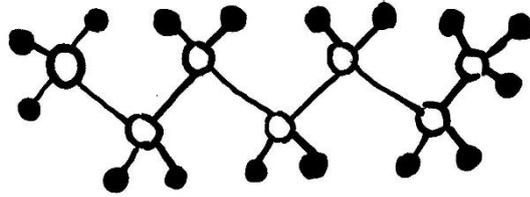
2.4.2 Pembagian Polimer Berdasarkan Sifat

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosetting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termosetting.

a. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan

silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Bentuk struktur termoplastik dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar. 2.6. Struktur Molekul *Thermoplastic*
Sumber : Lawrence, 2007

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

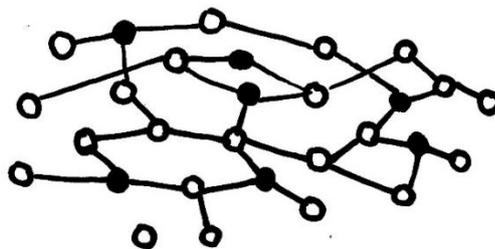
1. Berat molekul kecil
2. Tidak tahan terhadap panas dan akan melunak
4. Pada suhu ruang akan mengeras
5. Mudah untuk diregangkan
6. Fleksibel
7. Titik leleh rendah, 120°C – 200°C
8. Dapat di-*recycle* (didaur ulang)
9. Memiliki struktur molekul linear/bercabang

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut:

1. Polietilena (PE) = botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
3. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil dan permadani.
4. Polistirena = insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju

b. Polimer *Thermosetting*

Polimer *thermosetting* adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan maka tidak akan meleleh sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Apabila kondisi polimer rusak/pecah maka tidak dapat disambung atau diperbaiki. Polimer *thermosetting* memiliki ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Apabila polimer *thermosetting* dipanaskan untuk kedua kali, maka akan menyebabkan rusak atau putusya ikatan silang antar rantai polimer. Bentuk struktur ikatan silang dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Ikatan silang Polimer *Thermosetting*
Sumber : Lawrence, 2007

Sifat polimer *thermosetting* sebagai berikut:

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
3. Tidak dapat didaur ulang
4. Tidak dapat larut dalam pelarut (polar atau nonpolar)
6. Tahan terhadap asam dan basa
7. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul

2.5 *High Density Polyethylene (HDPE)*

Polyethylene berdensitas tinggi (*High Density Polyethylene*, HDPE) adalah *Polyethylene* termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE merupakan *thermoplastic* yang terbentuk dari monomer *ethylene* yang membentuk *polyethylene*. Karakteristik HDPE yaitu memiliki densitas yang tinggi dimana HDPE digunakan pada barang yang membutuhkan *fleksibilitas* dan kekuatan tinggi.

HDPE dapat digunakan untuk membuat berbagai macam tipe botol. Botol-botol yang tidak diberi pigmen bersifat tembus cahaya, kaku, dan cocok untuk mengemas produk yang memiliki umur pendek seperti susu. HDPE memiliki ketahanan kimiawi yang baik dimana plastik tipe ini dapat digunakan untuk mengemas deterjen dan *bleach* (bahan kimia pemutih). Hasil daur ulang HDPE dapat digunakan sebagai kemasan produk non-pangan seperti *shampo*, kondisioner, pipa, ember, dll. HDPE dicirikan dengan densitas yang melebihi atau sama dengan 0.941 g/cm^3 . Gambar simbol HDPE dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Simbol HDPE pada plastik
Sumber : Lawrence, 2007

HDPE memiliki percabangan yang sangat sedikit. Percabangan yang sedikit menyebabkan HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (120°C). HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas, Karakteristik HDPE dapat diamati pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Karakteristik *Poly Ethylene*

Karakteristik	<i>High Density Poly Ethylene</i> (HDPE)
Berat jenis, g/cm^3	0,96
Kristalinitas, v/o	~50
Muai Panas, $^{\circ}\text{C}^{-1}$	120×10^{-6}
Daya Hantar Panas, $(\text{watt/m}^2)(^{\circ}\text{C/m})$	0,52
Kekuatan Tarik, MPa	20-40
Modulus Young, MPa	400-1200
Ketahanan panas terhadap pemakaian terus menerus, $^{\circ}\text{C}$	80-120
Daya tahan 10 menit, $^{\circ}\text{C}$	120-125

Sumber : Lawrence, 2007

2.6 Pengertian Pelumas (Oli)

Pelumas atau oli merupakan sejenis cairan kental yang berfungsi sebagai pelicin, pelindung, dan pembersih bagi bagian dalam mesin. Kode pengenal Oli adalah berupa huruf SAE yang merupakan singkatan dari *Society of Automotive Engineers*. Selanjutnya angka yang mengikuti dibelakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 15W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Huruf W yang terdapat dibelakang angka awal, merupakan singkatan dari Winter. SAE 15W-50, berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40-50 menurut standar SAE

2.6.1 Fungsi Pelumas

Semua jenis oli pada dasarnya sama yakni sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan dan sekaligus berfungsi sebagai pendingin dan penyekat. Oli mengandung lapisan-lapisan halus yang berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Untuk beberapa keperluan tertentu dengan aplikasi khusus pada fungsi tertentu, oli dituntut memiliki sejumlah fungsi-fungsi tambahan.

2.6.2 Sifat-sifat Oli

a. *Lubricant*

Oli mesin bertugas melumasi permukaan logam yang saling bergesekan satu sama lain dalam blok silinder. Caranya dengan membentuk semacam lapisan film yang mencegah permukaan logam saling bergesekan atau kontak secara langsung.

b. *Coolant*

Pembakaran pada bagian kepala silinder dan blok mesin menimbulkan suhu tinggi dan menyebabkan komponen menjadi sangat panas. Jika dibiarkan terus maka komponen mesin akan lebih cepat mengalami keausan. Oli mesin yang

bersirkulasi di sekitar komponen mesin akan menurunkan suhu logam dan menyerap panas serta memindahkannya ke tempat lain.

c. Sealant

Oli mesin akan membentuk sejenis lapisan film di antara piston dan dinding silinder. Karena itu oli mesin berfungsi sebagai perapat untuk mencegah kemungkinan kehilangan tenaga. Sebab jika celah antara piston dan dinding silinder semakin membesar maka akan terjadi kebocoran kompresi.

d. Detergent

Kotoran atau lumpur hasil pembakaran akan tertinggal dalam komponen mesin. Dampak buruk 'peninggalan' ini adalah menambah hambatan gesekan pada logam sekaligus menyumbat saluran oli. Tugas oli mesin adalah melakukan pencucian terhadap kotoran yang masih 'menginap'.

e. Pressure absorbtion

Oli mesin meredam dan menahan tekanan mekanikal setempat yang terjadi dan bereaksi pada komponen mesin yang dilumasi.

2.6.3 Oli Bekas

Oli bekas dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti industri, pertambangan, dan usaha perbengkelan. Oli bekas termasuk dalam limbah B3 yang mudah terbakar sehingga bila tidak ditangani pengelolaan dan pembuangannya akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Semua jenis oli pada dasarnya sama yaitu sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan serta berfungsi sebagai pendingin dan penyekat.

2.6.4 Karakteristik Oli Bekas

Oli bekas selalu diabaikan penanganannya setelah tidak digunakan kembali. Dampak pembuangan oli bekas dapat menambah pencemaran lingkungan. Bahaya dari pembuangan oli bekas memiliki efek yang lebih buruk daripada efek tumpahan minyak mentah biasa. Ditinjau dari komposisi kimianya sendiri, oli adalah campuran dari hidrokarbon kental ditambah berbagai bahan kimia aditif. Oli bekas memiliki campuran yang mengandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang

bersifat asam korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan oli bekas antara lain :

1. Dimurnikan kembali (proses *refinery*) menjadi *refined lubricant*. Tidak banyak yang tertarik untuk berbisnis di bidang ini karena harga yang tinggi relatif terhadap *Lube Oil Blending Plant* (LOBP) dengan bahan baku fresh, sehingga harga jual ekonomisnya tidak akan mampu bersaing di pasaran.
2. Digunakan sebagai fuel oil/minyak bakar dimana masih menjadi kendala adalah tingkat emisi bahan bakar ini masih tinggi.

2.6.5 Pengolahan Oli Bekas

Oli bekas dapat diolah kembali untuk menghilangkan kandungan Bahan Berbahaya Beracun (B3) di dalamnya. Penggunaan oli bekas dalam beberapa proses dapat mengurangi tingkat pencemaran oli bekas. Oli bekas dapat diolah menjadi bahan bakar cair (*fuel*) terutama pada proses pembuatan bahan bakar *biodiesel*. Selain itu oli bekas dapat diolah dengan cara disaring (*filtrasi*) sehingga kadar B3 dalam limbah oli bekas berkurang dan dapat dilakukan penanganan selanjutnya.

Salah satu pengolahan oli bekas saat ini adalah solidifikasi dimana limbah cair diolah dengan cara dipadatkan dengan bahan pengikat seperti semen, pasir. Penelitian yang telah dilakukan oleh Hatta (2014), dimana melakukan solidifikasi oli bekas dengan media pengikat plastik dan bahan tambahan lain seperti CPO, pasir, batu kapur menjadi *paving block* sintetis. Oli bekas dimanfaatkan menjadi media pemanas yang membantu pelelehan plastik menjadi lebih cepat sehingga plastik dapat mengikat bahan-bahan lain dan membentuk *paving block*. Solidifikasi merupakan cara terbaik yang dapat dilakukan dengan mudah dan memiliki harga ekonomis yang lebih sedikit dibandingkan proses penanganan lainnya (Hatta, 2014).

Selain penelitian oleh Hatta, 2014, berdasarkan video berjudul *Plastic Melter Densifier (Waste Plastic Recycling into bricks etc.)* pada laman <https://www.youtube.com/watch?v=wPe5a8lGAhg>, yang diunggah oleh Jervin, 2017, oli dimanfaatkan juga dalam pembuatan *paving block* sintetis. Penggunaan oli bekas ditujukan sebagai medium pemanas dimana ketika HDPE dilelehkan dengan pemanas. Panas yang diterima akan merata pada seluruh HDPE melalui oli.

Titik didih oli yang lebih rendah dibandingkan dengan titik leleh HDPE menyebabkan pelelehan HDPE lebih cepat. Titik didih oli pada temperatur 150 °C dan titik leleh HDPE pada temperatur 200 – 250 °C. Oleh karena itu, penanganan oli saat ini telah dapat diaplikasikan pada salah satu material maju.

2.7. Analisa Bata Ringan

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 maka digunakan beberapa metode dalam menganalisa kualitas bata. Analisa bata ringan terdiri dari kuat tekan, kuat tarik/kuat lentur, daya serap air, densitas. *Scan Electron Microscopy* (SEM) digunakan dalam analisa sebagai penguat analisa dimana pori-pori dan struktur permukaan pada bata ringan dapat diamati dengan metode SEM.

2.7.1 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan bahan untuk menahan gaya tekan yang diberikan terhadap penampang sampel uji yang mengakibatkan sampel tersebut hancur. Dalam pengujian kuat tekan rumus yang digunakan dengan persamaan :

$$P=F/A.....(1)$$

(Lawrence, 1989)

Dengan P adalah kuat tekan dalam satuan kg/cm^2 , F adalah beban retak maksimum dalam satuan kg, A adalah luas bidang tekan sampel. Semakin besar kuat tekan/kemampuan bahan terhadap suatu tekanan menunjukkan besarnya beban yang mampu ditahan oleh bahan hingga patah per satuan luas permukaannya.

2.7.2 Daya Serap Air

Bata ringan yang dihasilkan ditimbang untuk mendapatkan massa sebelum perendaman (m_a), kemudian direndam dalam air selama 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Setelah dilakukan perendaman kemudian sampel ditimbang dan didapatkan berat sesudah perendaman (m_b). Daya serap air dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{m_a \times m_b}{m_a} \times 100\%(3)$$

(Lawrence, 1989)

Berdasarkan standar SNI, daya serap bata ringan yang baik memiliki daya serap yang rendah. Daya serap yang ditoleransi yaitu 35% dimana bata ringan termasuk pada tipe I dan tipe II (SNI 03-0349-1989).

2.7.3 Densitas

Densitas bata ringan pada normalnya memiliki densitas 900-1100 kg/m³. Pengujian densitas dapat dilakukan dengan cara :

$$\rho = m/v \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

ρ = densitas benda, kg/m³ atau gr/cm³

m = massa benda, kg

v = volume benda, m³

Persamaan diatas digunakan dalam menganalisa densitas suatu fluida atau padatan yang memiliki bentuk seragam dan cenderung mengarah pada bentuk serbuk atau partikel. Sedangkan untuk menganalisa bentuk padatan yang tidak dapat tenggelam jika diubah bentuknya menjadi serbuk menggunakan metode Archimedes.

Menurut Archimedes jika sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu fluida diangkat ke atas oleh sebuah gaya yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Persamaan Archimedes untuk menentukan densitas padatan dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho_b = \frac{m}{m-m'} \rho_a \dots\dots\dots(5)$$

(Paul, 1991)

Dimana :

m = massa benda di udara, Kg atau gram

m' = massa benda di air, Kg atau gram

ρ_a = massa jenis air atau fluida yang digunakan pada temperatur tertentu, Kg/m³ atau gram/ml

ρ_b = massa jenis benda, Kg/m³ atau gram/ml

Berdasarkan densitas, bata ringan dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Kepadatan rendah ($400-600 \text{ kg/m}^3$) biasa digunakan untuk bahan isolasi, sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan thermocole, glasswool, woodwool, dan lain-lain.
2. Kepadatan sedang ($800-1000 \text{ kg/m}^3$) dapat digunakan untuk pembuatan *precast blocks* dengan dimensi $500 \times 250 \times 200/100 \text{ mm}$ yang digunakan sebagai dinding (pengganti batu bata).
3. Kepadatan tinggi ($1200-1800 \text{ kg/m}^3$) dengan kuat hancur (*crushing strength*) antara $65-250 \text{ kg/m}^3$, biasa dipakai sebagai struktur:
 - a. *Load bearing walls* dan atap perumahan
 - b. *Reinforced structural cladding* atau panel partisi
 - c. *Pre-cast blocks* untuk dinding dari bangunan tingkat rendah

2.7.4 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan suatu jenis mikroskop electron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scan* dengan menggunakan pancaran energy yang tinggi dari electron dalam suatu pola raster. SEM dapat menghasilkan karakteristik bentuk 3 dimensi yang berguna untuk memahami struktur permukaan dari suatu sampel (Hasrin, 2010 dalam artikel Bambang, 2011). SEM menghasilkan bayangan dengan resolusi tinggi dengan perbesaran yang tinggi (biasanya 25-250000 kali perbesaran). SEM terdiri dari *electron optic Coloumb* dan *electron console*. Sampel yang akan diuji SEM ditempatkan pada *specimen chamber* di dalam *electron optic Coloumb* dengan tingkat kevakuman yang tinggi yaitu sekitar 2×10^{-6} Torr. SEM dapat mengamati struktur bentuk maupun bentuk permukaan yang berskala halus dengan dilengkapi EDS (*Electron Dispersive X Ray Spectroscopy*) dan dapat mendeteksi unsur-unsur dalam material. Gambar alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Alat *Scanning Electron Microscope* (SEM)
Sumber : Laboratorium Forensik POLDA Sumsel

Secara prinsipnya, alat ini berkerja dengan menggunakan sinyal yang dihasilkan dari elektron yang untuk dipantulkan atau berkas sinar elektron sekunder. Suatu berkas elektron diarahkan dari satu titik ke titik yang lain pada permukaan suatu spesimen. Jika seberkas elektron ditembakkan pada suatu permukaan spesimen maka sebagian dari pada elektron itu akan dipantulkan kembali dan sebagian yang lainnya akan diteruskan. Jika permukaan spesimen ditembakkan tidak rata, banyak lekukan, lipatan ataupun lubang – lubang maka tiap bagian permukaan itu akan memantulkan elektron dengan jumlah dan arah yang berbeda dan jika ditangkap oleh detektor akan diteruskan ke layar dan akan diperoleh gambaran yang jelas dari permukaan spesimen dalam bentuk tiga dimensi.