

BAB II

KAJIAN TEORI

II.I KAYU

II.1.1 Sejarah Perkembangan Penggunaan Kayu Sebagai Bahan Bangunan

Sebagai salah satu negara besar penghasil kayu, Indonesia memiliki kira-kira 4000 jenis kayu⁴. Masyarakat Indonesia banyak menggunakan material kayu dalam berbagai macam sektor kebutuhan, termasuk juga diantaranya sektor bangunan dan konstruksi. Di Indonesia penggunaan kayu untuk keperluan konstruksi, dilihat dari segi ekonomi, sangatlah menguntungkan karena jumlah dan jenisnya yang sangat beragam⁵. Selain itu, kayu adalah merupakan material yang berasal dari alam, jadi dapat digunakan tanpa melewati pengolahan sekalipun seperti perannya sebagai kayu bakar. Oleh karena kelebihan-kelebihan yang dimiliki kayu, dapat kita perhatikan bahwa material utama bangunan-bangunan tradisional di Indonesia sebagian besar menggunakan material kayu.

Perdagangan kayu sebagai hasil utama dari hasil hutan di Indonesia; disebutkan bahwa kayu digolongkan menjadi dua, yaitu :⁶

- Kayu perkakas yang terdiri dari kayu kasar / mentah (dolok) dan kayu masak (kayu gergajian)
- Kayu bakar yang juga sebagai arang.

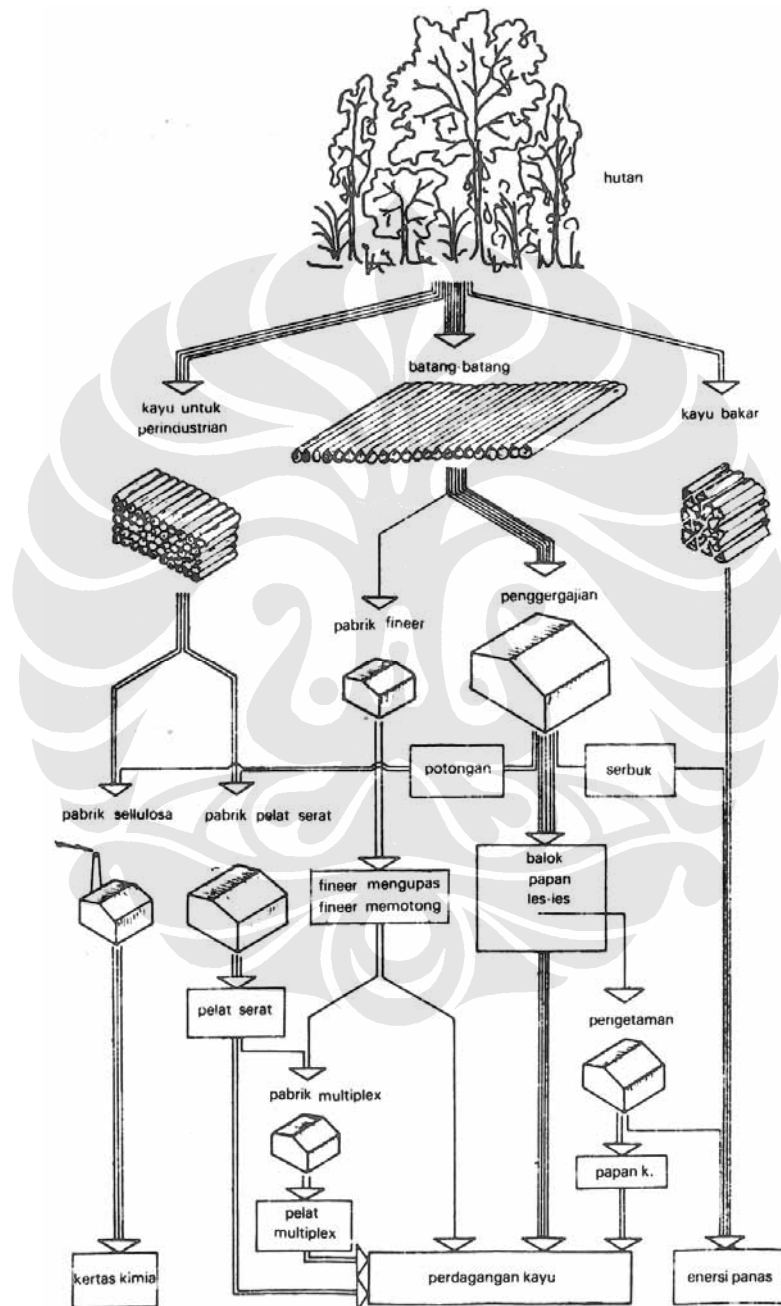
Terjadinya pencurian kayu dan penggundulan hutan di Indonesia yang kemudian diperdagangkan secara gelap ke pasar lokal maupun internasional menjadi bukti bahwa permintaan akan material kayu semakin besar dan bertambah setiap harinya. Kayu-kayu yang diperdagangkan,

⁴ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 2

⁵ Surya, Priatna Eka. 2004. Aneka Cara Menyambung Kayu. Jakarta, Puspa Swara, 2004. h. 1

⁶ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h. 17

yang sudah ada legalisasinya dari instansi kehutanan disebut : kayu resmi / sah. Sedang kayu yang tidak ada legalisasinya dari instansi tersebut dianggap kayu gelap, perdagangannya dilarang⁷. Penggunaan kayu di Indonesia secara umum dapat diklasifikasikan seperti berikut.



Gbr. 1 Bagan Penggunaan Kayu di Indonesia

Sumber: Frick, Heinz Ir.1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h.16

⁷ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h. 17

Kayu yang digunakan sebagai bahan bangunan adalah kayu olahan yang diperoleh dengan jalan mengkonversi kayu bulat menjadi kayu berbentuk balok, papan ataupun bentuk-bentuk lain yang sesuai dengan tujuan penggunaannya⁸. Kayu sebagai bahan bangunan dapat dibagi dalam 3 (tiga) golongan pemakaian yakni⁹:

- Kayu bangunan struktural
ialah kayu bangunan untuk digunakan dalam struktur bangunan
- Kayu bangunan non struktural.
ialah kayu bangunan untuk digunakan dalam bagian bangunan yang tidak berfungsi sebagai struktur bangunan.
- Kayu bangunan untuk keperluan lain
ialah kayu bangunan yang tidak termasuk kedua golongan tersebut di atas, tetapi dapat digunakan sebagai bahan bangunan penolong ataupun bangunan sementara.

II.1.2. Bagian – bagian kayu¹⁰

Sebatang pohon dipotong melintang akan diperoleh secara kasar gambaran dari bagian – bagian kayu.



Gbr. 2 Bagian-bagian dari Kayu

Sumber: Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 18

⁸ Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982) yang dikeluarkan oleh DIREKTORAT PENYELIDIKAN MASALAH BANGUNAN; 1982. h. 70

⁹ Ibid

¹⁰ Sub bab ini berdasarkan : Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 18-20

Kulit luar

- Lapisan luar yang sudah mati
- Fungsinya sebagai pelindung kayu terhadap serangan dari luar, misalnya : iklim, serangan serangga, jamur.

Kulit dalam

- Bersifat hidup dan tipis
- Fungsinya sebagai jalan zat yang mengandung gizi dari akar ke daun

Kambium

- Merupakan jaringan yang tipis dan bening
- Terletak antara kulit dalam dan kayu gubal ke arah melingkar dari pohon
- Fungsinya : ke arah luar membentuk kulit baru yang rusak, ke arah dalam membentuk kayu gubal baru

Kayu gubal

- Bagian kayu muda, terdiri dari sel – sel yang masih hidup
- Terletak di sebelah dalam kambium
- Fungsinya : sebagai penyalur cairan dan tempat penimbunan zat-zat yang mengandung gizi.
- Jenis kayu yang bertumbuh cepat mempunyai lapisan yang lebih tebal, sedang lapisan kayu teras adalah tipis.
- Warnanya biasanya lebih terang dibandingkan kayu teras.

Kayu teras

- Bagian kayu teras, terdiri dari sel-sel yang dibentuk melalui perubahan-perubahan sel hidup pada lingkaran kayu gubal yang paling dalam. Hal ini disebabkan oleh karena tidak berfungsinya kayu gubal sebagai penyalur cairan dan lain-lain proses kehidupan.
- Dibanding dengan kayu gubal, kayu teras lebih awet karena sel-selnya sudah tua, sehingga dinding sel tebal dan kuat. Sel-sel sudah berisi zat ekstraksi yang dapat menambah keawetan kayu.
- Warna kayu teras lebih gelap dibandingkan kayu gubal.

Hati

- Bagian kayu yang terletak di pusat
- Berasal dari kayu awal, yang dibentuk oleh kambium
- Sifatnya: rapuh dan lunak

Renggat (lingkaran tahun)

- Menunjukkan perkembangan kayu dari musim kemarau ke musim hujan dan sebaliknya.
- Renggat juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui umur dari suatu pohon.

Jari-jari

- Terdapat dari luar ke dalam berpusat pada sumbu batang
- Fungsinya: menyampaikan zat bergizi dari kulit dalam ke bagian-bagian dalam dari pohon
- Jari-jari teras tidak sama pada setiap pohon

II.1.3. Karakteristik dan Sifat Kayu

Kayu adalah satu contoh bahan material yang berasal dari alam. Dengan banyak keunggulan yang dimilikinya, kayu menjadi sangat populer digunakan dalam bidang konstruksi dan arsitektur. Kayu memiliki sifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya atau sejajar seratnya¹¹. Keunggulan lain material kayu saat ini diantaranya adalah¹²:

1. Mudah dalam pengerjaannya dan dapat dibuat hanya dengan alat-alat sederhana, misalnya gergaji.
2. Tidak mengantarkan panas.
3. Tidak mengantarkan listrik.
4. Relatif lebih ringan jika dibandingkan dengan besi atau baja.

¹¹ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 17

¹² Surya, Priatna Eka. 2004. Aneka Cara Menyambung Kayu. Jakarta, Puspa Swara, 2004. h. 1

Manusia adalah makhluk yang tidak pernah puas dan selalui merasa ada yang kurang. Sebagai hasil alam yang bukan merupakan buatan manusia, kayu juga dianggap memiliki kekurangan. Padahal, kayu memiliki sifat – sifat spesifik yang tidak dapat ditiru oleh bahan lain seperti baja atau beton yang dibuat oleh manusia itu sendiri. Kerugian menggunakan material kayu adalah sebagai berikut ¹³:

1. Mudah terbakar.
2. Kekuatan dan keawetan kayu sangat tergantung dari jenis dan umur pohonnya.
3. Cepat rusak oleh pengaruh alam, seperti hujan dan sinar matahari.
4. Dapat dimakan serangga – serangga kecil seperti rayap.
5. Kekuatan kayu tidak seragam walaupun dari jenis pohon yang sama.

Penentuan kekuatan kayu didasarkan atas berat jenis kayu, dan diperhitungkan menurut tegangan tertinggi (*ultimate*) dan tegangan dasar (*basic stress*) yang dimiliki setiap kayu. Untuk kayu yang tidak memiliki cacat, tabel tegangan tertinggi (*ultimate*) dan tegangan dasar untuk kayu basah dan kering adalah seperti tabel berikut ¹⁴:

No	Uraian	Tegangan	Kayu basah	Kayu kering
1	Modulus elastisitas (1000 x kg/cm ²)	tertinggi	118,7 G + 26,2	172 G
		dasar	97,3 G + 13,1	105,1 G + 14,1
2	Tegangan lentur (kg/cm ²)	tertinggi	493,6 G + 383,5	1234 G
		dasar	173,3 G + 124,8	194,8 G + 140,3
3	Tegangan tekan sejajar serat-serat Kg/cm ²	tertinggi	578,9 G – 5,7	706 G
		dasar	297,5 G – 6,2	341,3 – 7,11
4	Tegangan tekan tegak lurus serat Kg/cm ²	tertinggi	172,7 G – 34,7	200,8 – 40,1
		dasar	126,6 G – 37,4	143,5 G – 42,4
5	Tegangan serong sejajar serat Kg/cm ²	tertinggi	134,8 G – 7,51	139 G
		dasar	48,5 G – 7,3	51,1 G – 7,7

¹³ Surya, Priatna Eka. 2004. Aneka Cara Menyambung Kayu. Jakarta, Puspa Swara, 2004. h. 1-2

¹⁴ Persyaratan Umum Bahan Bagunan di Indonesia (PUBI – 1982) yang dikeluarkan oleh DIREKTORAT PENYELIDIKAN MASALAH BANGUNAN; 1982. h. 74

- Catatan :
- Kayu basah = kadar air diatas 20%
 - Kayu kering = kadar air max 20%
 - G = berat jenis kayu kering udara, dinyatakan dalam kg/cm^3
 - Modulus Elastisitas dan tegangan-tegangan dinyatakan dalam kg/cm^2

Tabel 1 : Kekuatan Kayu yang Tidak Memiliki Cacat

Sumber: Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982) yang dikeluarkan oleh DIREKTORAT PENYELIDIKAN MASALAH BANGUNAN; 1982. h. 74

Sifat-sifat kayu yang lain lebih lanjut akan dibahas adalah mengenai berat jenis dan kelas berat kayu. Makin berat kayu, makin kuat kayunya, dan demikian pula sebaliknya¹⁵. Berat jenis suatu jenis kayu akan ditentukan oleh¹⁶:

- Tebalnya dinding sel;
- Kecilnya rongga sel yang membentuk pori-pori.

Berat jenis = $\frac{\text{Berat kayu kering tanur}}{\text{volume kayu yang sama}}$

Berat jenis kayu berkisar $0.20 - 1.28 \text{ kg/dm}^3$ ¹⁷

Pada umumnya terdapat hubungan langsung antara kekerasan dan berat kayu. Kayu yang keras termasuk kayu berat, sebaliknya kayu yang ringan termasuk kayu lunak¹⁸. Lain halnya dengan sifat tekstur kayu. Tekstur kayu adalah ukuran sel-sel kayu dan arah serat kayu. Tekstur kayu dapat digolongkan sebagai berikut

Tekstur	Contoh
Kayu bertekstur halus	Agatis, Rasamala, Sawo
Kayu bertekstur sedang	Mahoni
Kayu bertekstur kasar	Jati, Kamper, Keruing, Kelapa
Kayu bertekstur lurus	Jati, Kamper, Keruing, Mahoni, Kelapa
Kayu bertekstur bergelombang	Bangkirai

Tabel 2 : Penggolongan Tekstur Kayu

Sumber: Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 32

¹⁵ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 28

¹⁶ Ibid

¹⁷ Ibid h.29

¹⁸ Ibid

Sifat lain kayu yang sangat sangat khas adalah warnanya. Warna suatu jenis kayu dipengaruhi oleh lapisan kayu seperti kayu teras dan kayu gubal¹⁹. Warna dan bau kayu dapat berbeda-beda karena juga dipengaruhi oleh zat-zat yang terkandungnya. Setiap jenis kayu memiliki bau khas sendiri yang disebabkan oleh zat organik, seperti asam, damar, samak dan sebagainya²⁰. Warna kayu sebagai warna hangat antara lain adalah coklat, merah dan kuning²¹.

Dalam beberapa kasus, sifat warna kayu ini juga dapat berubah. Warna kayu pada daerah tropis biasanya akan luntur perlahan-lahan karena terkena sinar matahari (ultra violet).

Jenis kayu	Pohon baru ditebang	Kayu sesudah 5 tahun
Jati	coklat muda – kekuning-kuningan	coklat tua
Kamper	coklat kemerah-merahan – merah tua	tetap
Meranti	coklat kekuning-kuningan – coklat kemerah-merahan	tetap
Keruing	merah kecoklat-coklatan – merah terang	tetap
Mahoni	merah muda – coklat muda	coklat muda
Kelapa	merah muda – merah tua	coklat tua-hitam
Nangka	kuning	coklat tua

Tabel 3: Perubahan Warna Kayu

Sumber: Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 31

II.1.4. Penggolongan Jenis-jenis Kayu di Indonesia

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi kehutanan (P3HHSEK) berhasil mengidentifikasi 3233 jenis kayu dan 3132 jenis diantaranya sudah berhasil diklasifikasikan keawetannya²².

¹⁹ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 29

²⁰ Ibid. h. 32

²¹ Ibid. h. 31

²² Tim Elspat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 2

Dalam penggolongan kayu di Indonesia, terdapat lima kelas awet kayu dan lima kelas kuat kayu. Berikut dijabarkan lebih jelas dalam tabel.

Kelas (tingkat) keawetan kayu	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembap	8 tahun	5 tahun	3 tahun	sangat pendek	sangat pendek
Tidak terlindungi, tetapi dilindungi dari pemasukan air	20 tahun	15 tahun	10 tahun	beberapa tahun	sangat pendek
Tidak berhubungan dengan tanah lembap, di bawah atap dan dilindungi dari kelelahan beban	tak terbatas	tak terbatas	sangat lama	beberapa tahun	pendek
Seperti di atas tetapi selalu dipelihara	tak terbatas	tak terbatas	tak terbatas	20 tahun	20 tahun
Serangan rayap	tidak	jarang	agak cepat	sangat cepat	sangat cepat
Serangan bubuk kayu kering dan sebagainya	tidak	tidak	hampir tidak	tak seberapa	sangat cepat

Tabel 4: Kelas Kayu Menurut Keawetannya

Sumber: NI-5. Peraturan Kontruksi Kayu Indonesia. 1961. edisi ke-8. Bandung 1976. hlm 65-66. dikutip oleh Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 26

Kelas kuat	Berat jenis kering udara (kg/dm^3)	Keteguhan lentur mutlak (kg/cm^2)	Keteguhan tekan mutlak (kg/cm^2)
I	> 0.90	> 1'100	> 650
II	0.90 - 0.60	1'000 - 725	650 - 425
III	0.60 - 0.40	725 - 500	425 - 300
IV	0.40 - 0.30	500 - 360	300 - 215
V	< 0.30	< 360	< 215

Tabel 5: Kelas Kayu Menurut Kekuatannya

Sumber: NI-5. Peraturan Kontruksi Kayu Indonesia. 1961. edisi ke-8. Bandung 1976. hlm 65-66. dikutip oleh Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 26

Berdasarkan sifat-sifat, kekuatan, keawetan, dan mutunya, jenis kayu dibagi menjadi lima golongan, yaitu:²³

Golongan 1 : jati, johar, kayu arang, bangkirai, dan lain-lain

Golongan 2 : rasamala, weru, merawan, sonokembang, dan lain-lain

Golongan 3 : mahoni, kamper, puspa, dan lain-lain

Golongan 4 : meranti, jeungjing, dan lain-lain

Golongan 5 : balsa, kemiri, dan lain-lain.

²³ Surya, Priatna Eka. 2004. Aneka Cara Menyambung Kayu. Jakarta, Puspa Swara, 2004. h. 3

Karena jenis pohon penghasil kayu yang dapat dibilang sangat banyak, pembagian penggolongan kayu di Indonesia juga dapat dilihat dari beberapa aspek lain. Jenis-jenis kayu yang dikelompokkan dalam jenis kayu yang diperdagangkan di Indonesia berjumlah 120 jenis²⁴. Sedangkan jenis-jenis kayu yang termasuk dalam daftar Indonesia yang terpenting berjumlah 91 jenis²⁵.

II.1.5. Keawetan Kayu dan Konsekuensi Penggunaan Kayu

Dari klasifikasi pemisahan golongan-golongan kayu yang ada, dapat diambil kesimpulan bahwa sifat dan karakteristik serta keawetan dari berbagai jenis kayu memang beragam. Tidak ada material yang berasal dari alam ini yang tidak dapat kembali lagi ke alam. Bahkan, sebagian besar jenis kayu yang ada di bumi ini tidak mempunyai keawetan seperti yang dikehendaki manusia²⁶.

Secara alami, kayu sudah mempunyai keawetan sendiri-sendiri, yang berbeda untuk tiap-tiap jenis kayu²⁷. Apakah keawetan kayu itu? Keawetan kayu adalah daya tahan suatu jenis kayu tertentu terhadap berbagai faktor perusak kayu²⁸. Keawetan kayu bukan hanya dipengaruhi faktor biologis saja, melainkan juga faktor-faktor lain seperti penanganannya sebelum digunakan. Fungsi dan bagaimana perlakuan yang akan diterima kayu dalam penggunaannya nanti, harus diketahui sejak awal. Bagaimanapun kuatnya suatu jenis kayu, penggunaannya tidak akan berarti jika keawetannya rendah²⁹. Karena itulah dikenal apa yang disebut dengan kelas pakai, yaitu komposisi antara kelas awet dan kelas kuat, dengan kelas awet dipakai sebagai penentu kelas pakai³⁰.

²⁴ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 75.

²⁵ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h. 268.
Terdapat dalam bagian lampiran skripsi ini.

²⁶ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 5

²⁷ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h. 14

²⁸ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 5

²⁹ Ibid. h. 7

³⁰ Ibid

Keawetan kayu menjadi faktor penentu penggunaan kayu dalam konstruksi. Disamping itu, kualitas kayu dari segi kekuatan, keindahan, ukuran dan bentuk pun menjadi pertimbangan penggunaan kayu sebagai bahan bangunan. Bahan kayu di pasaran saat ini sangat banyak dan beragam jenis, bentuk serta ukuran. Sebagai bahan dasar, kayu biasanya disediakan dengan ukuran panjang 4 meter. Artinya, bentuk kayu pohon yang paling diminati adalah yang lurus. Ada banyak hal yang mempengaruhi kualitas kayu dari awal pohonnya tumbuh hingga penanganan yang kurang tepat sebelum digunakan untuk bahan bangunan. Hal ini memang menjadi konsekuensi dari penggunaan material kayu sebagai bahan bangunan.

Konsekuensi dan resiko dari penggunaan material kayu ini secara mendasar dibagi menjadi dua yaitu, cacat kayu dan resiko kerusakan kayu. Cacat kayu dapat dimengerti sebagai kelainan struktur dan anatomi dari 'kayu biasa' sehingga mengakibatkan kekurangan/kesulitan pada penggunaan dan pengerjaan kayu³¹. Sedangkan resiko kerusakan kayu lebih mengarah kepada faktor luar yang mempengaruhi elemen kayu sehingga kualitasnya berkurang.

Cacat kayu itu sendiri dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu, cacat dalam pembentukan batang, cacat dalam pembentukan anatomis, dan cacat pengaruh dari luar. Berikut terjelaskan dalam gambar.

Cacat dalam pembentukan batang



– Batang yang lurus dan tanpa cacat, batang yang ideal dan yang dikehendaki.



– Batang bengkok.

³¹ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 21



- Batang bengkok-puntir menghasilkan kayu yang sedikit dan yang mudah lengkung.



- Batang kerucut terpancung menurunkan mutu kayu oleh serat-serat yang tidak sejajar (tetapi bagus untuk finis).



- Batang bercabang menurunkan mutu kayu karena seratnya tidak teratur.

Cacat dalam pembentukan anatomis



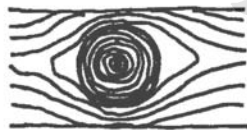
- Jarak renggat berbeda keras. Kayu ini menyusut tidak teratur dan mudah pecah.



- Batang memilin arah matahari menurunkan mutu kayu karena menyusut sehingga berubah bentuknya menjadi baling-baling.



- Mata kayu dibedakan atas: mata kayu yang sehat, mata kayu yang lepas, mata kayu yang busuk.

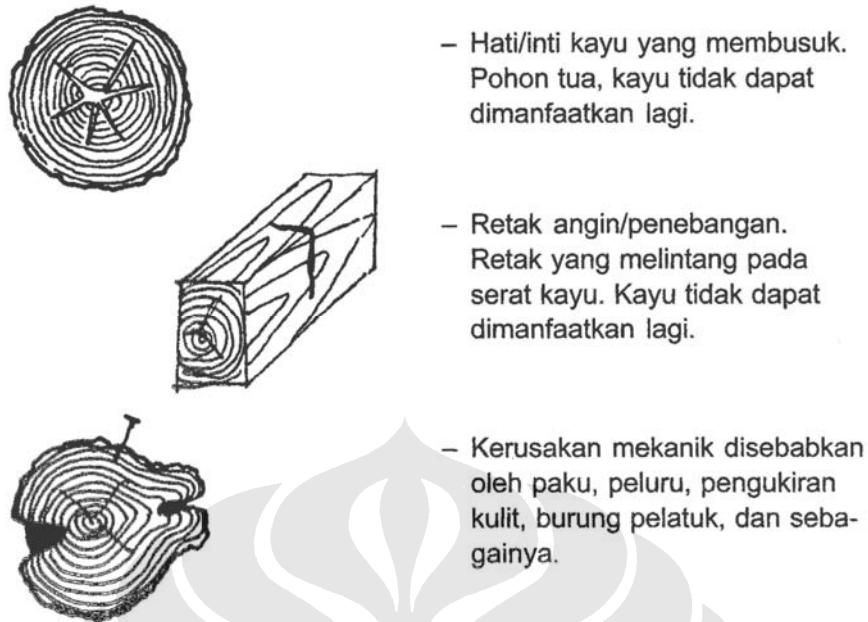


- Mata kayu yang lepas atau busuk mengurangi keindahan kayu dan mempersulit pengerjaannya.

Cacat pengaruh dari luar



- Retak pengeringan akibat penyimpanan batang kayu tidak terlindung dari sinar matahari. Memberi peluang hama bertelur.



– Hati/inti kayu yang membusuk.
Pohon tua, kayu tidak dapat dimanfaatkan lagi.

– Retak angin/penebangan.
Retak yang melintang pada serat kayu. Kayu tidak dapat dimanfaatkan lagi.

– Kerusakan mekanik disebabkan oleh paku, peluru, pengukiran kulit, burung pelatuk, dan sebagainya.

Gbr. 3 : Cacat-cacat Kayu

Sumber : Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 22-23

Jika kayu yang ada tidak memiliki cacat sama sekali, bukan berarti kayu dapat langsung digunakan tanpa melalui langkah-langkah penanganan yang tepat. Karena, jika kayu tidak mendapatkan perlakuan khusus yang benar, baik sebelum digunakan dan saat masa digunakannya, kayu akan cepat rusak dan usia penggunaannya pun tidak akan lama. Penyebab kerusakan kayu yang dapat mempengaruhi kualitas kayu dapat digolongkan menjadi dua, yaitu faktor biologis dan non-biologis. Faktor biologis adalah faktor yang dipengaruhi oleh makhluk hidup lain, diantaranya hama dan jamur. Sedangkan faktor non biologis adalah faktor yang dipengaruhi oleh faktor fisik, faktor mekanis dan faktor kimia.

Kayu, sebagai benda hidup, memiliki sifat yang kurang menguntungkan karena adanya kemungkinan terjadi perusakan biologis oleh serangan organisme tertentu³². Organisme perusak kayu ada banyak sekali jenisnya, dan bagian kayu yang diserang juga berbeda-beda. Organisme yang terpenting adalah tetap hama dan jamur, dan berikut ini akan digolongkan hama perusak kayu dan bagian yang diserangnya.

³² Tim Elspat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 17

Golongan ekologis	Objek yang dimakan hama	Kondisi kayu	Karakteristik hama
Hama pohon	Pohon yang sehat	Bentuk asal berubah secara teknis maupun fisiologis	Hama primer
Serangga penggerek	↓ Pohon yang baru ditebang	Bentuk asal belum berubah secara teknis maupun mekanis	
Hama kayu kumbang	↓ Kayu yang sedang dikeringkan	Kayu yang belum kering	
Bubuk kayu rayap	↓ Kayu dalam konstruksi/mebel	Kayu yang kering	
Hama kayu lembap cacing laut	Kayu lembap yang mulai membusuk dan terendam	Kayu yang lembap	Hama sekunder
Hama kayu busuk	↓ Kayu yang busuk	Kayu yang basah dan dipengaruhi secara teknik	
Semut, ulat	↓ Kayu yang lapuk	Struktur kayu rusak secara teknis maupun mekanis, basah	Hama tersier

Tabel 6: Penggolongan Hama Perusak Kayu

Sumber: Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta, Kanisius, 2006. h. 24

Sementara untuk resiko jamur yang merusak kayu, juga lebih mudah memilahnya dari bagian kayu yang diserangnya.³³

1. Jamur yang memakan dinding sel kayu

Jamur jenis ini juga dikenal dengan jamur pelapuk kayu. Serangan jamur pelapuk kayu akan menghancurkan komponen utama dinding sel kayu³⁴. Jamur ini termasuk dari kelas *Basidiomycetes* dan memiliki kemampuan merombak *lignin* dan *selulosa*. Istilah dari serangan jamur ini hanya menyerang *selulosa* disebut serangan *brown rot*³⁵ dan serangan yang menyerang *lignin* dan *selulosa* disebut *white rot*⁴⁰.

2. Jamur yang memakan lapisan tengah dinding sel kayu

Jamur jenis ini termasuk yang terkenal dan berada hampir disemua tempat. Juga disebut jamur pelunak kayu dan dikenal dengan nama

³³ Pembagian ini dikutip dan dirangkum berdasarkan : Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 17-18

³⁴ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 17

³⁵ *Brown rot* terjadi karena jamur menyisakan *lignin* sehingga warna kayu tetap coklat sedangkan *white rot* terjadi karena jamur juga menyerang *lignin* kayu.

biologi *Chaetomium globosum kunze*. Jamur yang termasuk dalam kelas *Ascomycetes* ini menyerang lapisan tengah dinding sel dan serangannya terutama ditemukan pada kayu yang berhubungan dengan tanah atau air.

3. Jamur yang memakan isi-isi sel kayu

Serangan jamur ini lebih banyak dijumpai pada kayu yang basah atau masih segar³⁶. Jamur ini juga disebut jamur pewarna kayu karena dampak dari serangannya yang merubah warna kayu. Serangannya tidak menurunkan kekuatan kayu tetapi mutunya akan turun karena warnanya akan menjadi kebiruan hingga hitam kotor. Jamur yang termasuk dalam kelas *Ascomycetes* dan genus *Ceratocytis* dan *Diplodia* ini banyak dijumpai di daerah tropis.

Disamping faktor biologis perlu diperhatikan juga faktor non-biologis yang juga menjadi penyebab kerusakan kayu dan konsekuensi dari penggunaan material ini. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, faktor perusak non-biologis ini dipengaruhi antara lain oleh faktor fisik, faktor mekanis dan faktor kimia. Faktor fisik yang termasuk disini adalah diantaranya udara, cahaya, air, panas, dan api. O₂ dalam udara perlahan-lahan mampu mengoksidasi *selulosa* pada permukaan kayu³⁷. Hal ini mengakibatkan warna kayu berubah dan kayu menjadi rapuh.

Lalu sinar matahari; sinar matahari yang terik dan menyengat yang langsung menyorot kayu akan membuat bagian tersebut kering terlalu cepat yang berakibat pada keretakan kayu. Selain itu, sinar ultra-violet dari matahari juga dapat mempengaruhi kerusakan warna pada kayu dan juga *lignin* dan *selulosa* kayu. Hal ini berdampak bahwa kayu akan menjadi rapuh dan mudah patah. Kemudian juga angin; angin yang selalu mengenai kayu akan berakibat terjadinya penguapan yang tidak merata dan juga akan menyebabkan keretakan. Angin juga beresiko membawa spora jamur perusak kayu yang menginfeksi kayu yang terkenanya.

³⁶ Tim Elsppat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 18

³⁷ Ibid. h. 11

Faktor fisik lainnya adalah air; kadar air yang terlalu banyak pada kayu akan menyebabkan kekuatan kayu menjadi turun. Perubahan kandungan air dalam kayu dapat menyebabkan mengembang dan menyusutnya sel-sel kayu dan mengakibatkan keretakan³⁸. Lalu kemudian adalah faktor suhu. Suhu yang diterima oleh kayu belum diketahui secara pasti dampak-dampaknya. Sampai saat ini, diduga jika kayu terlalu lama berada dalam suhu yang panas akan membuat kayu menjadi rapuh. Pada suhu sedikit di atas 100°C sampai dengan sedikit dibawah 200°C terjadi perombakan yang sangat lambat, terlihat dengan adanya pengurangan berat kayu³⁹.

Faktor non-biologis berikutnya adalah faktor kimia, yang termasuk diantaranya alkali/basa, asam dan garam. Konsentrasi alkali yang tinggi (pH > 11) dapat menurunkan kekuatan kayu⁴⁰. Sedangkan alkali dengan pH 7 – 11 tidak merusak kayu, bahkan dapat melindungi dari jamur. Zat asam akan menurunkan kekuatan kayu jika konsentrasi dan suhunya dinaikkan dan juga jika dalam waktu yang lama. Dibandingkan dengan besi atau beton yang sudah mulai rusak pada pH 5, kerusakan yang berarti pada kayu baru terjadi pada pH 2 atau dibawahnya⁴¹. Keawetan kayu praktis tidak dipengaruhi oleh garam netral, sedangkan larutan garam yang asam atau basa lebih ditentukan oleh nilai pH larutan tersebut⁴².

Lalu kemudian adalah faktor mekanis yang juga merupakan faktor non-biologis merusak kayu. Secara sederhana dapat dikatakan, kerusakan mekanis adalah kerusakan pada kayu yang disebabkan gaya mekanis seperti benturan, pukulan, gesekan⁴³. Contoh yang paling sederhana dan alami adalah ketika kayu pohon dipatuk burung-burung sehingga terjadi cacat kayu yang berupa lubang pada kayu.

³⁸ Tim Elspat. 1997. Pengawetan Kayu dan Bambu. Jakarta, Puspa Swara, 1997. h. 12

³⁹ Ibid. h. 13

⁴⁰ Ibid. h. 14

⁴¹ ibid

⁴² Ibid. h. 16

⁴³ Ibid. h. 17

II.2 POLYVINYL CHLORIDE (PVC)

II.2.1. Sejarah Perkembangan dan Penggunaan Material PVC

PVC adalah termasuk kategori material plastik. Bagaimanapun, industri plastik muncul dan mulai berkembang ketika John Wesley Hyatt dan saudara laki-lakinya Isaiah mematenkan mesin *injection molding* yang pertama pada tahun 1872⁴⁴. Usaha pemanfaatan PVC pada awalnya banyak menemui hambatan dan kegagalan, karena sifatnya yang mudah rusak jika dipanaskan. Padahal cara pemanasan merupakan cara pengolahan yang paling logis, mengikuti analogi pengolahan besi, gelas serta beberapa bahan lainnya. Material *vinyl fiber* pertama yang dikomersialkan adalah *polyvinyl chloride*, dijual oleh I.G. Farbenindustrie pada tahun 1931⁴⁵.

Definisi mengenai plastik dapat didapat dari berbagai sumber. Plastik dapat diartikan dengan “*any complex, organic, polymerized compound capable of being shaped or formed*”⁴⁶. Sedangkan berdasarkan definisi yang disepakati oleh *Society of Plastik Engineers* (SPE) dan *the Society of the Plastik Industry* (SPI), plastik diartikan sebagai “*a large and varied group of materials which consist of or contain as an essential ingredient, a substance of high molecular weight which, while solid in the finish state, at some stage of its manufacture is soft enough to be formed into various shapes—most usually through application (either singly or together), of heat and pressure*”⁴⁷. Secara garis besar, penggolongan plastik dibagi menjadi dua jenis yaitu, *thermoplastic* dan *thermosetting plastic*.

⁴⁴ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers.1997. p. 1

⁴⁵ Billmeyer, Jr. Fred W. 1957. Textbook of Polymer Chemistry. University of Delaware and Polychemicals Departement. E.I.du Port de Nemours & Co.,Inc.. 1957. p. 413

⁴⁶ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 37

⁴⁷ Nutt, Merle C. 1976. Metallurgy and Plastics for Engineers. Arizona state University, Pergamon Press Ltd., 1976. p.489

Yang dimaksud dengan *Thermoplastic* adalah material plastik yang ketika dipanaskan akan mengalami perubahan fisik. Dapat dipanaskan ulang dan dibentuk ulang berkali-kali⁴⁸. Sedangkan *Thermosetting plastic* adalah material plastik yang ketika dipanaskan mengalami perubahan kimia dan pecah. Tidak dapat dibentuk ulang dan pemanasan berulang hanya akan membuat ikatan kimianya pecah⁴⁹. Yang termasuk *Thermoplastic* adalah *Acrylics; Cellulosics; Fluorocarbons; Natural Shellac, Asphalt, Etc.; Nylon; Polyethylenes; Polystyrenes; Polyvinyls; Protein substances*. Sedangkan yang termasuk *Thermosetting plastic* adalah *Alkyds, Epoxides, Furan, Inorganics, Melamines, Phenolics, Polyesters, Silicones, Ureas*.⁵⁰

Material PVC atau dengan nama kimia *polivinil klorida* (IUPAC *Polychloroethene*), dalam sejarahnya ditemukan di dua kesempatan yang berbeda pada abad 19. Pertama kali pada tahun 1835 oleh seorang yang bernama Henri Victor Regnault dan kemudian pada tahun 1872 oleh Eugen Baumann⁵¹. Keduanya menemukan dengan cara yang serupa ketika secara tak sengaja muncul serbuk putih dalam botol berisi gas *vinil klorida* yang terekspos oleh sinar matahari. Tetapi ternyata butuh waktu kurang lebih 54 tahun kemudian sehingga akhirnya serbuk putih yang disebut *polivinil klorida* tersebut dapat dimanfaatkan⁵².

Pada awal abad 20, ilmuan kimia asal Rusia Ivan Ostromislensky dan Fritz Klatté yang bekerja pada perusahaan kimia Griesheim-Elektron di Jerman, mulai mencoba menggunakan material PVC dalam produk komersial⁵³. Tetapi sifat dari polimer tersebut yang belum dikuasai menghambat pengembangan penggunaannya.

⁴⁸ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers.1997. p. 42

⁴⁹ Ibid

⁵⁰ Young, James F. 1959. Material and Processes. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 487

⁵¹ www.wikipedia.com

⁵² Ibid

⁵³ Ibid

Pada tahun 1926, peneliti pada perusahaan ban BF Goodyear, Waldo Semon dan B.F. Goodrich, dalam usaha mencari formulasi lem untuk merekatkan karet ke logam, menemukan bahan *elastomer thermoplastik* pertama di dunia (bahan elastis yang dapat diubah bentuknya jika dipanaskan), ketika memanaskan PVC dalam cairan *tricresyl phosphate* atau dalam *dibutyl phthalate*⁵⁴. Yang terjadi adalah bahwa PVC dapat bercampur sempurna dengan masing-masing zat yang kemudian disebut dengan *plasticizer*. Hasil pengolahan dari bahan tersebut dapat menghasilkan bahan baru dengan sifat yang dapat direkayasa, mulai dari yang keras hingga yang sangat elastis. Material baru ini akan menjadi bersifat keras ketika hanya sedikit *plasticizer* dicampurkan dengan PVC, dan sebaliknya ketika komponen terbesar dalam campuran itu adalah *plasticizer*, akan didapat material yang elastis⁵⁵. Terobosan teknis ini merupakan awal dari revolusi penggunaan PVC sebagai *commodity plastics*, yang melibatkan penggunaan *plasticizer*.

Terobosan teknis lainnya berkembang dengan munculnya teknologi formulasi PVC dengan penggunaan zat-zat yang disebut *stabilizer*, *processing aid* dan sebagainya. Yang tak kalah penting adalah perkembangan teknologi mesin pemroses PVC, sehingga dimungkinkan menghasilkan produk PVC tanpa kandungan *plasticizer* (*rigid application*) yang disebut PVC-U (*unplasticized*). PVC-U adalah produk hasil pengolahan PVC yang tidak menggunakan campuran *plasticizer*, atau masih murni⁵⁶. Kini, mayoritas penggunaan PVC adalah pada aplikasi tanpa *plasticizer* (PVC-U), terutama di bidang arsitektur seperti pipa untuk air, kusen, lantai, pelapis dinding, partisi, plafond dan sebagainya. Jika di bagi porsi penggunaannya maka dapat didapat kira-kira 55% untuk konstruksi dan arsitektur, 16% kemasan, 0.4% Furnitur, 0.4% kendaraan, 0.2% Elektrikal, dan 19% lainnya termasuk medis dan pertanian.⁵⁷

⁵⁴ www.chem-is-try.org

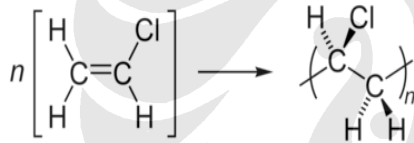
⁵⁵ Ibid

⁵⁶ Ibid

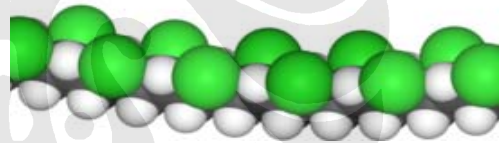
⁵⁷ www.the-window.man

II.2.2. Pembentukan dan Pengolahan PVC menjadi produk berbahan dasar PVC

PVC dihasilkan dari dua jenis bahan baku utama: minyak bumi dan garam dapur (NaCl). Minyak bumi diolah melalui proses pemecahan molekul yang disebut *cracking* menjadi berbagai macam zat, termasuk *etilena* (C_2H_4), sementara garam dapur diolah melalui proses elektrolisa menjadi *natrium hidroksida* (NaOH) dan gas klor (Cl_2). *Etilena* kemudian direaksikan dengan gas klor menghasilkan *etilena diklorida* (CH_2Cl-CH_2Cl). Proses *cracking*/pemecahan molekul *etilena diklorida* menghasilkan gas *vinil klorida* ($CHCl=CH_2$) dan asam klorida (HCl). Akhirnya, melalui proses polimerisasi (penggabungan molekul yang disebut *monomer*, dalam hal ini vinil klorida) dihasilkan molekul raksasa dengan rantai panjang (polimer): *polivinil klorida* (PVC), yang berupa bubuk halus berwarna putih⁵⁸.



Gbr. 4 : Ikatan Kimia PVC



Gbr. 5 : Ilustrasi Rantai Molekul PVC

Sumber : www.wikipedia.com

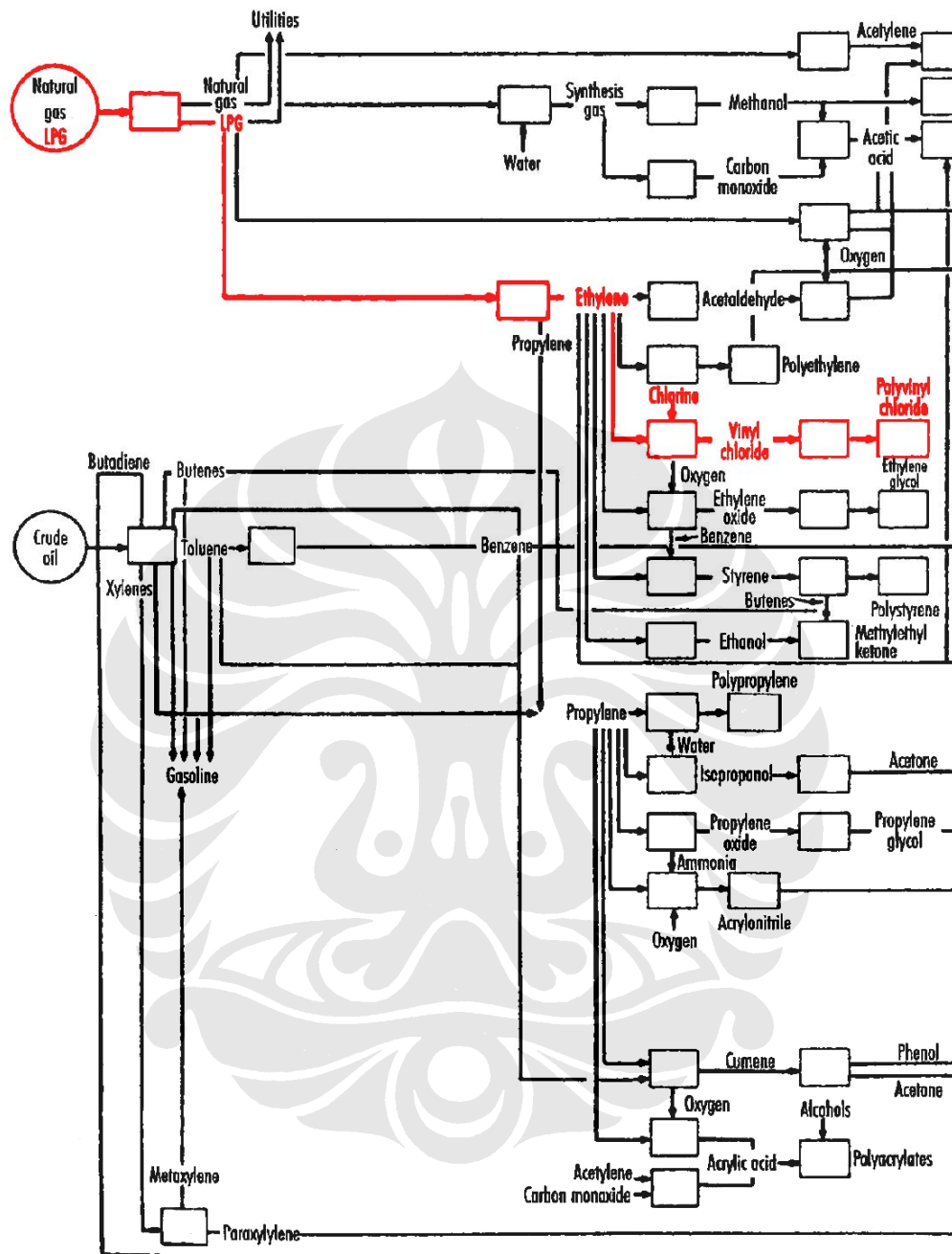
Monomer adalah unit tunggal dan polimer terbentuk dari kumpulan monomer⁵⁹. Proses yang dilakukan untuk pembentukan polimer disebut polimerisasi. Polimerisasi adalah reaksi yang terjadi akibat mencampur monomer dengan katalis, dibawah tekanan dan pemanasan⁶⁰. Polimer inilah yang diperlukan untuk dibentuk dalam cetakan. Polimer dari PVC juga biasa disebut dengan istilah resin PVC. Resin adalah komponen utama dalam adonan, menjadikan adonan tersebut sebutan nama dan klasifikasi dan merupakan bagian utama dari hasil akhirnya.⁶¹

⁵⁸ Paragraf ini dikutip dari : www.chem-is-try.org

⁵⁹ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 37

⁶⁰ Ibid

⁶¹ Young, James F. 1959. Material and Processes. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 487



Gbr. 6 : Bagan Proses Pembentukan Material Plastik

Sumber : Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals.United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p.38-39

Penampakan resin PVC sangat mirip dengan tepung terigu⁶². Pengolahan resin PVC dilakukan dengan mencampurkan berbagai jenis zat aditif hingga dapat menjadi berbagai jenis produk yang berguna dalam kehidupan sehari-hari. Satu tahap penting sebelum resin PVC dapat ditransformasikan menjadi berbagai produk akhir adalah pembuatan *compound*/adonan (*compounding*). *Compound* adalah resin PVC yang telah dicampur dengan berbagai aditif yang masing-masing memiliki fungsi tertentu, sehingga siap untuk diproses menjadi produk jadi dengan sifat-sifat yang diinginkan⁶³.

Berbagai jenis material seperti *fillers*, *plasticizers*, *lubricants*, *colorants*, dan *stabilizers* sering ditambahkan dalam banyak jenis plastik dengan tujuan untuk menambah sifat khusus yang tidak dimiliki dalam bahan dasarnya⁶⁴. Sifat-sifat yang dimaksud disini diantaranya meliputi warna, tingkat fleksibilitas bahan, ketahanan terhadap sinar ultra violet (bahan polimer/plastik cenderung rusak jika terpapar oleh sinar ultra violet yang terdapat pada cahaya matahari), kekuatan dan lain-lain. Selain itu, PVC dapat juga direkayasa sehingga tahan terhadap suhu panas dan tahan cuaca untuk penggunaan di alam terbuka.

Kelenturan dari plastik dapat didapatkan dari penambahan *plasticizers* dalam masa pembuatan *compound*. Ada ratusan jenis *plasticizers* yang terdapat di pasaran, dan PVC menggunakan 80% dari yang digunakan saat ini⁶⁵. *Fillers* biasanya ditambahkan dalam campuran plastik hingga mencapai 10 sampai 50% dari total berat campuran adonan⁶⁶. Dengan segala keluwesannya, PVC cocok untuk dijadikan jenis produk yang nyaris tak terbatas dan setiap *compound* PVC dibuat dengan tujuan untuk memenuhi kriteria suatu produk akhir tertentu.

⁶² www.chem-is-try.org

⁶³ Ibid

⁶⁴ Young, James F. 1959. *Material and Processes*. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 487

⁶⁵ Bryce, Douglas M. 1997. *Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals*. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 57

⁶⁶ Ibid. p. 53

Ada berbagai jenis cara yang dapat dilakukan untuk pengolahan *compound* PVC hingga menjadi produk akhir yang kemudian dapat langsung digunakan. *Compound* PVC dapat diproses dengan berbagai cara untuk memenuhi ratusan jenis penggunaan yang berbeda, misalnya⁶⁷:

- PVC dapat diekstrusi, artinya dipanaskan dan dialirkan melalui suatu cetakan berbagai bentuk, sehingga dihasilkan produk memanjang yang profilnya mengikuti bentuk cetakan tersebut, misalnya produk pipa, kabel dan lain-lain.
- PVC juga dapat di lelehkan dan disuntikkan (cetak-injeksi) ke dalam suatu ruang cetakan tiga dimensi untuk menghasilkan produk seperti botol, dash board, *housing* bagi produk-produk elektronik seperti TV, computer, monitor dll.
- Proses *kalendering* menghasilkan produk berupa film dan lembaran dengan berbagai tingkat ketebalan, biasanya dipakai untuk produk alas lantai, *wall paper*, dll.
- Dalam teknik cetak-tiup (*blow molding*), lelehan PVC ditiup di dalam suatu cetakan sehingga membentuk produk botol, misalnya.
- Resin PVC yang terdispersi dalam larutan juga dapat digunakan sebagai bahan pelapis/*coating*, misalnya untuk lapisan bawah karpet dll.



**Polyvinyl
chloride**

Gbr. 7 : Potongan melintang tipikal PVC (perbesaran 250X)

Sumber : Billmeyer, Jr. Fred W. 1957. Textbook of Polymer Chemistry. University of Delaware and Polychemicals Departement. E.I.du Port de Nemours & Co.,Inc.. 1957. p.418

⁶⁷ www.chem-is-try.org

II.2.3 Karakteristik dan Sifat Material PVC dan PVC-U Sebagai Bahan Bangunan

Sifat mendasar yang dimiliki hampir semua jenis plastik adalah ringan, tahan terhadap ancaman dari kerusakan karena lembab, pengantar listrik yang lemah, tahan terhadap suhu cuaca panas, dan memiliki banyak varian warna⁶⁸. *Polivinil klorida* (PVC), yang kita kenal sehari-hari dan berada di sekitar kita adalah yang berjenis campuran atau *plasticized*. Hal ini banyak dijumpai dalam material PVC yang sifatnya halus yang kemudian diolah dan diproduksi lagi menjadi bahan tas olah raga, tas tangan, sepatu dan kulit imitasi. *Polyvinyl chloride* tanpa *plasticizers* adalah keras, kaku, dan dianggap material yang tidak dapat digunakan. PVC dapat dicampurkan dan menjadikannya memiliki tingkat fleksibilitas yang diinginkan⁶⁹. *Unplasticized polyvinyl chloride* yang kaku (*rigid PVC-U*), dapat diolah menjadi bentuk yang dapat digunakan dengan menggunakan teknik gas panas dan berfungsi untuk pipa atau saluran atau aplikasi lain yang menghindari korosi⁷⁰.

Material PVC-U yang murni kurang cocok untuk dijadikan bahan profil jendela dan atau pintu. Campuran material perlu ditambahkan sedikit zat aditif dan atau *stabilizer*, dengan komposisi yang dapat jadi berbeda-beda dari pabrik pembuat profil jendela dan pintu yang berbeda pula⁷¹. Campuran zat aditif yang digunakan untuk PVC disebut juga *fillers*, yang termasuk diantaranya *plasticizers*, *lubricants*, *colorants*, *catalyst* dan *stabilizers*. *Fillers* biasanya adalah material berserat yang digunakan untuk mengurangi biaya, menambah kekuatan, ketahanan suhu, ketahanan kimia, ketahanan listrik dan lainnya⁷².

⁶⁸ Young, James F. 1959. *Material and Processes*. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 486

⁶⁹ Ibid. p. 495

⁷⁰ Ibid

⁷¹ www.redkite-glass.co.uk

⁷² Young, James F. 1959. *Material and Processes*. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 488

Untuk penggunaannya sebagai bahan bangunan, penggunaan campuran *fillers* sangat membantu karena dengan sedikit modifikasi yang dilakukan, dapat untuk menyesuaikan kebutuhan desain dan selera pengguna. *Plasticizers* adalah larutan yang bersuhu tinggi (200F sampai 400F) digunakan untuk menambah pergerakan resin dan membuatnya lebih fleksibel⁷³. *Lubricants* adalah yang sering digunakan dalam campuran untuk mencegah bagian yang akan dibentuk agar tetap, tidak berubah. *Lubricants* dapat digunakan dengan cara dicampurkan dalam *compound* atau dilapiskan langsung diluar dari hasil yang sudah terbentuk⁷⁴. *Colorants, dyes, toners, and pigments* banyak ditemukan dalam plastik. Pemilihan dari jenis pewarna yang digunakan harus diperhatikan karena akan memberikan pengaruh terhadap aliran, kekakuan, kekuatan, dan beberapa sifat lain dari plastik dan juga sifat dari pewarna tersebut seperti sifat tembus pandang, ketahanan terhadap kimia, luntur, keberagaman dan lainnya⁷⁵. *Catalyst* (penguat) perlu digunakan untuk mempertahankan polimerisasi dari resin⁷⁶. *Stabilizers* (pengkonstan) digunakan untuk menambah waktu jeda penggunaan antara pencampuran bahan sampai bahan tersebut digunakan, atau untuk mencegah perubahan warna karena rentang waktu tertentu⁷⁷.

Susunan material dasar PVC-U membuatnya ideal untuk aplikasi material jendela dan pintu karena⁷⁸:

- Tidak membusuk atau mengalami gejala biologis lainnya.
- Tahan terhadap cuaca dan rendah biaya perawatan.
- Tahan terhadap benturan.
- Bentuknya tidak berubah dalam keadaan suhu normal.
- Dapat dibentuk ulang pada suhu yang sangat tinggi dan tentunya dapat di daur ulang.

⁷³ Young, James F. 1959. *Material and Processes*. Modern Asia Edition. Willey + Tuttle (NY + Tokyo). 1959. p. 488

⁷⁴ Ibid

⁷⁵ Ibid

⁷⁶ Ibid. p. 489

⁷⁷ Ibid

⁷⁸ www.redkite-glass.co.uk

PVC-U dalam istilah lain yang lebih populer disebut dengan Vinyl, karena memang dalam kandungan campurannya terdapat zat vinyl; walaupun ini hanya mengindikasikan bahwa Vinyl adalah salah satu golongan kelas dari *thermoplastics* dan PVC-U termasuk di dalamnya. Berikut adalah perbandingan sifat dan kekuatan beberapa golongan *thermoplastics*.

	ACETALS	ACRYLICS	CELLU- LOSICS	FLUORO- CARBONS	POLY- AMIDES	POLY- OLEFINS	STYRENES	VINYLS
Specific Gravity	1.4	1.17-1.20	1.15-1.40	2.1-2.2	1.09-1.14	.91-.97	.98-1.1	1.2-1.55
Tensile Strength (1000's psi)	10	7-14.5	1.9-8.5	6.5-9.9	7.0-11.0	1.5-5.5	3.5-12.0	1.5-9.0
Compressive Strength (1000's psi)	18	12-18	13-36	1.7-80.0	7.2-13.0	2.5-10.0	4.8-16.0	1.0-13.0
Impact Strength	Excellent	Excellent	Good	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Good
Clarity¹	Trl-O	T-O	T-O	Trl-O	Trl-O	Trl-O	T-O	T-O
Electrical Resistance	Excellent	Good	Good	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Good
Heat Distortion Point (Degrees F.)	338	150-210	115-250	250	300-360	105-230	165-225	100-165
Maximum Service Temp. (Degrees F.)	185-250	140-200	115-200	390-550	175-400	212-320	140-250	115-200
Low Temperature Properties	Good	Good	Good	Excellent	Good	Good	Excellent	Good
Burning Rate²	S	S	S to SE	None	S to SE	S	S	S to SE
Water Absorption Rate	Low	Low	High for plastic	None	None	Low	None	Low
Effect of:								
Weak Acids	Attacked by some	Little	Little	None	Little	Little	None	Little
Strong Acids	Attacked	Attacked by some	Decompose	None	Attacked	Slowly attacked	Attacked by some	Attacked by some
Weak Alkalies	Attacked by some	Little	Little	None	None	Little	None	Little
Strong Alkalies	Attacked	Attacked by some	Decompose	None	None	Little	None	Little
Solvents	None	Soluble in some	Soluble in many	None	Little	Soluble in some	Soluble in some	Little
Outdoor Conditions (Sunlight)	Little, "chalks"	None	Little	None	Slight discolor	Crazes discolor	Discolor	Little

¹T — transparent, Trl — translucent, O — Opaque ²S — slow, SE — self-extinguishing

(Courtesy, Robert S. Swanson, PhD; copyright McKnight Publishing Co.)

Tabel 7 : Karakter Beberapa Golongan *Thermoplastic*

Sumber : Nutt, Merle C. 1976. Metallurgy and Plastics for Engineers. Arizona state University, Pergamon Press Ltd., 1976. p.495

Dari perbandingan dalam tabel di atas, dapat diperhatikan bahwa PVC (vinyl) memiliki kekuatan yang cukup baik dibandingkan dengan golongan material *thermoplastic* lainnya. Selain itu, PVC juga memiliki ketahanan perubahan fisik lebih baik dari beberapa kondisi tertentu yang mengancam

seperti reaksi bahan kimia lain dan juga terhadap air. Hal ini, dapat dimanfaatkan dalam penggunaannya di beberapa aspek karena sifat-sifat yang menguntungkan tersebut. Berikut juga secara lebih spesifik dijabarkan dalam tabel, contoh kegunaan dan karakteristik dari beberapa jenis material *thermoplastic* yang termasuk juga diantaranya PVC-U.

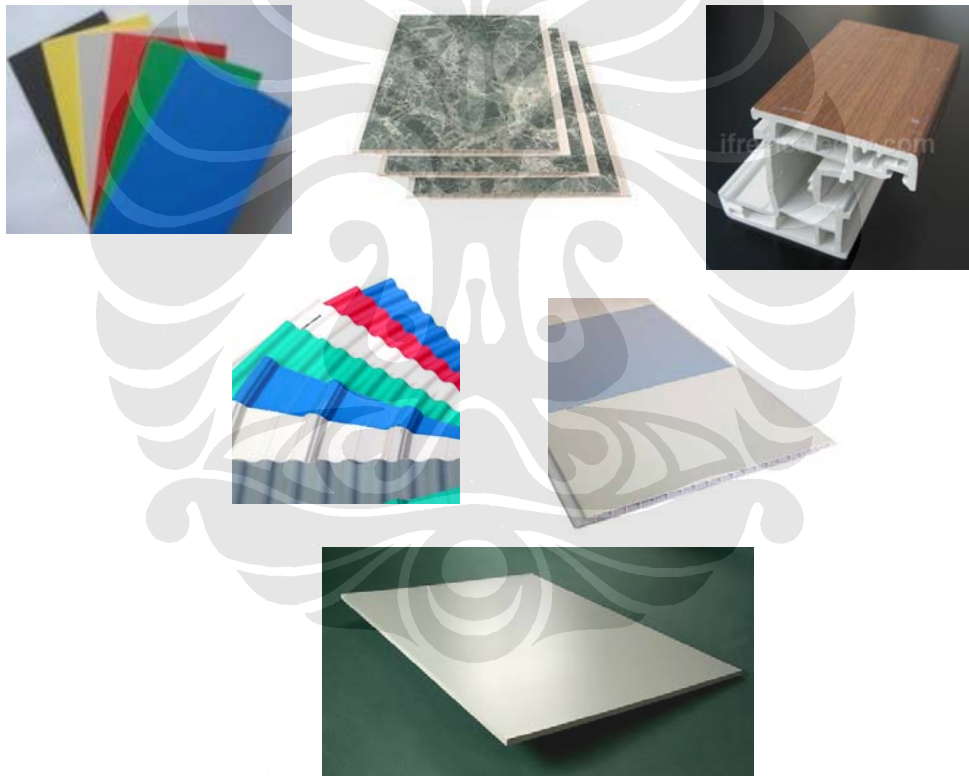
Type of Plastic	Typical Properties*							
	Tensile Strength, psi	Tensile Modulus, 10 ³ psi	Rockwell Hardness, R	Elongation, %	Impact at RT, Izod-Notched, ft-lb	Impact at -40 F, Izod-Notched, ft-lb	Heat Distortion Temp. at 264 psi, °F.	Coefficient of Thermal Expansion, 10 ⁻⁶ in./in./°F
Nylon	11.700	3.9	117	60	1.1	0.4	150	5.0
Acetal	10.000	4.1	120	40	1.5	1.2	212	4.2
Polycarbonate	9.700	3.2	118	80	14.0	2.2	275	3.9
Methacrylate	10.400	4.5	127	5	0.4	0.4	160	3.0
Polyethylene (high density)	4.000	1.1	45	30	2.0	0.8	115	6.5
ABS	8.700	4.4	116	20	1.5	0.4	200	3.2
Polypropylene	5.000	1.6	95	350	1.1	0.1	140	4.7
Polyethylene (low density)	1.700	0.25	11	570	16	0.4	—	9.5
Cellulose acetate	4.500	2.0	100	45	2.5	0.4	130	7.0
Butyrate (cellulose acetate)	4.500	1.5	100	70	3.6	1.2	130	8.0
Polytetrafluoroethylene (TFE)	4.500	0.6	20	300	4.0	2.5	130	5.5
Vinyl (rigid PVC)	7.000	3.6	120	60	0.8	0.5	165	3.0

Tabel 8 : Karakter Beberapa Jenis Material *Thermoplastic*

Sumber : Nutt, Merle C. 1976. Metallurgy and Plastics for Engineers. Arizona state University, Pergamon Press Ltd., 1976. p.498

II.2.4 Potensi dan Aplikasi PVC dan PVC-U Sebagai Pengganti Kayu

Sampai saat ini sudah sangat banyak produsen yang berbahan dasar material PVC dalam berbagai sektor dan kegunaan. Dalam arsitektur misalnya, material dasar PVC telah banyak dieksplorasi untuk digunakan sebagai material bangunan. Hal ini didorong oleh kondisi lapangan bahwa proses konstruksi dan bangunan perlu lebih dihemat dalam penggunaan bahan yang bersumber dari alam seperti halnya kayu. Kayu telah menjadi material yang paling banyak dieksplorasi dalam aplikasi bangunan. Yang sehari-hari dapat kita jumpai di sekitar kita, kayu biasa digunakan sebagai pintu, kusen, jendela, plafond, lantai, furniture dan lainnya.



Gbr. 8 : Berbagai bentuk dasar material berbahan PVC
Sumber : internet (berbagai website)

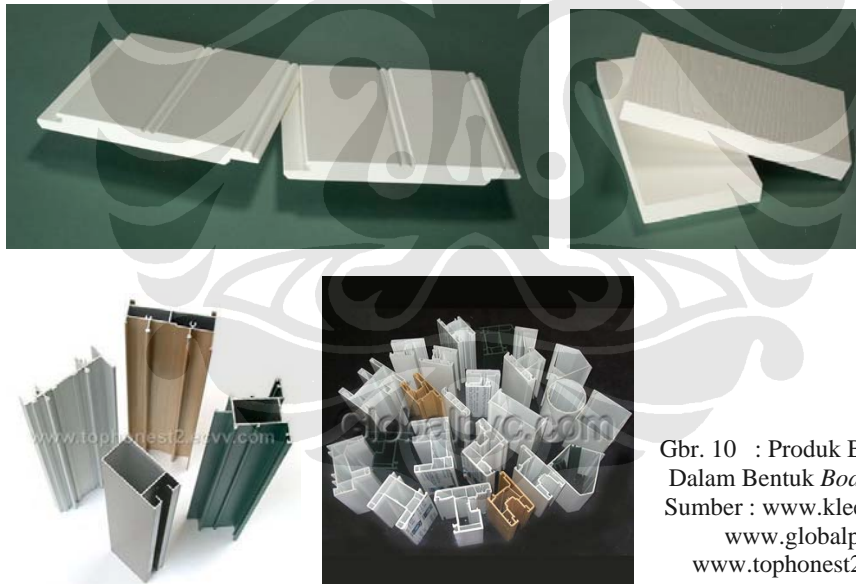
Pengembang dan produsen material PVC dan PVC-U mulai banyak tumbuh untuk sektor arsitektur. Material bangunan yang berbahan dasar PVC juga mulai banyak dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.

Diantaranya adalah juga sebagai pintu, kusen, jendela, plafond, lantai. Pada dasarnya produk-produk ini dibagi menjadi bahan dasar yang berupa lembaran dan profil. Lalu kemudian dibuat ukuran dan bentuk detail yang disesuaikan dengan yang dibutuhkan

Bentuk dasar bahan dari material PVC juga ada yang berupa balok atau papan yang juga disebut *board*. Sebuah produsen PVC membuat material ini sangat menyerupai kayu dengan guratan dan tekstur yang khas dan bahkan pengolahan dalam aplikasinya juga serupa seperti dibor atau digergaji tetapi hanya saja berwarna putih bersih.



Gbr. 9 : *Board* PVC yang sedang di bor
Sumber : www.kleerlumber.com



Gbr. 10 : Produk Berbahan PVC Dalam Bentuk *Board* dan Profil
Sumber : www.kleerlumber.com
www.globalpvc.com
www.tophonest2.ecvv.com

Sedangkan PVC dalam bentuk profil, dapat kita temukan dalam aplikasi kusen pintu dan jendela. Produsen PVC dan PVC-U dalam aplikasi ini banyak menawarkan keunggulan produknya misalnya dengan warna yang menyerupai tekstur kayu. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan kayu dalam aplikasi arsitektural dapat dikurangi sehingga dapat menjaga kelestarian hutan dan keseimbangan alam.



Gbr. 11 : Contoh Aplikasi Kusen Berbahan PVC Dalam Bangunan
Sumber : internet (berbagai website)

Motif kayu ini, banyak dikembangkan oleh produsen material PVC dan PVC-U, karena mendukung desain arsitek yang menginginkan kualitas - ruang yang hangat tetapi menggunakan material alternatif dari kayu itu sendiri. Sehingga banyak dijumpai material baru yang merupakan tiruan kayu, juga seperti halnya dalam aplikasi pintu dan jendela seperti terlihat pada gambar 11 diatas. Disamping warna dasar putih bersih yang juga menjadi daya tarik penggunaan pintu dan jendela, PVC dapat dibilang cukup kompeten dan memang memiliki peluang untuk sepenuhnya menggantikan kayu dalam penggunaan di dalam bangunan. Material ini berguna karena keawetannya dan perawatan yang mudah, dan dianggap relatif tahan terhadap cuaca, serta dengan mudah dapat disambungkan dengan sendirinya⁷⁹.

⁷⁹ Stacey, Michael. 2001. Component Design. Oxford, Architectural Press, 2001. p. 49

II.2.5 Penggunaan Bahan PVC dan Lingkungan

Telah menjadi mitos dalam waktu yang cukup lama bahwa pembakaran sampah PVC memberikan kontribusi yang besar terhadap terjadinya *dioxin*. Bahkan kelompok pecinta lingkungan *Greenpeace International* telah mencanangkan secara global penghentian penggunaan PVC karena mereka yakin bahwa ada kandungan *dioxin* dalam produk berbahan dasar *vinyl chloride* dan dalam sampah plastik di perkotaan⁸⁰. PVC dianggap tidak berguna tanpa ditambahkan zat aditif beracun, yang akan membuat berbahaya bagi penggunanya⁸¹. *Dioxin* dianggap ancaman global terhadap kesehatan karena sifatnya yang dapat menetap di suatu lingkungan dan juga dapat berpindah sampai jarak yang cukup jauh. *Dioxin* adalah sekumpulan material sintesis yang paling berpotensi dapat menyebabkan kanker, mengurangi sistem imun dan sistem reproduksi⁸².

Dioxin dapat dihasilkan dari pembakaran bahan-bahan *organoklorin*, yang sebenarnya banyak terdapat di alam (dedaunan dan atau pepohonan). Suatu penelitian yang dilakukan oleh *New York Energy Research and Development Authority* pada tahun 1987 menyimpulkan bahwa ada atau tidaknya sampah PVC tidak berpengaruh terhadap banyaknya *dioxin* yang dihasilkan dalam proses insinerasi/pembakaran sampah⁸³. Produk berbahan *vinyl* lainnya termasuk diantaranya interior mobil, peralatan kamar mandi, dan lantai sebenarnya juga melepas gas kimiawi ke udara. Beberapa studi menunjukkan bahwa gas kimiawi dari beberapa zat aditif yang bercampur dengan udara dapat berpengaruh terhadap kesehatan. Tetapi informasi ini masih perlu dibuktikan dan ditinjau ulang dengan penelitian lebih lanjut. Kontribusi terbesar bagi terjadinya *dioxin* sebenarnya adalah kebakaran hutan, hal yang justru tidak banyak diekspos⁸⁴.

⁸⁰ Dikutip dari : www.greenpeace.org.au

⁸¹ www.besafenet.com

⁸² Ibid

⁸³ www.chem-is-try.org

⁸⁴ Ibid

Disamping itu, kandungan klor (Cl) dalam PVC diketahui memberikan sifat-sifat yang unik bagi bahan ini. Tidak seperti umumnya bahan plastik yang merupakan 100% turunan dari minyak bumi, sekitar 50% berat PVC adalah dari komponen klor-nya, yang menjadikannya sebagai bahan plastik yang paling sedikit mengkonsumsi minyak bumi dalam proses pembuatannya. Relatif rendahnya komponen minyak bumi dalam PVC menjadikannya secara ekonomis lebih tahan terhadap krisis minyak bumi yang akan terjadi di masa datang serta menjadikannya sebagai salah satu bahan yang paling ramah lingkungan.

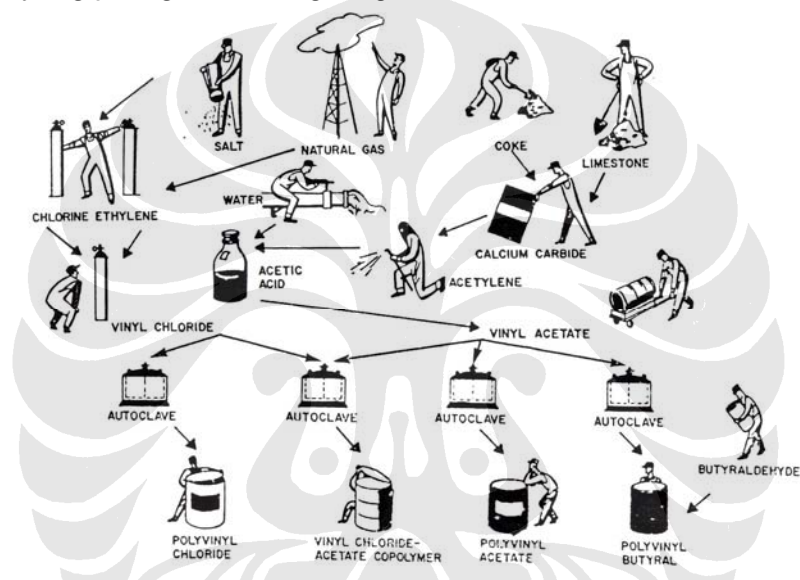


Fig. 19.3. Manufacture of vinyls. (Courtesy Union Carbide Corp.)

Gbr. 12 : Bagan Proses Pembentukan Material Plastik Dari Gas Alam.

Sumber : Nutt, Merle C. 1976. Metallurgy and Plastics for Engineers. Arizona state University, Pergamon Press Ltd., 1976. p.492

Walaupun PVC merupakan bahan plastik dengan volume pemakaian kedua terbesar di dunia, sampah padat di negara-negara maju yang paling banyak menggunakan PVC-pun hanya mengandung 0,5% PVC⁸⁵. Hal ini dikarenakan volume pemakaian terbesar PVC adalah untuk aplikasi-aplikasi berumur panjang, seperti pipa dan kabel. Sampah PVC juga dapat diolah secara konvensional, seperti daur-ulang, ditanam dan dibakar dalam insinerator (termasuk pembakaran untuk menghasilkan energi).

⁸⁵ www.chem-is-try.org

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, PVC adalah material plastik yang termasuk golongan *Thermoplastic*. Jenis plastik pada golongan ini mudah diproses dan hanya membutuhkan pemanasan, dibentuk dalam cetakan dan kemudian didinginkan⁸⁶. PVC-U secara mendasar dikategorikan sebagai material yang sudah siap pakai, walaupun ketika terkena sinar matahari langsung, dia menawarkan sifat keawetan yang baik dan tingkat ketahanan terhadap sinar ultra violet yang tinggi⁸⁷. Karena PVC-U adalah thermoplastic, sehingga dapat dengan mudah di daur ulang, walaupun sebagai potongan kusen jendela bekas yang telah digunakan bertahun-tahun, dapat didaur ulang setelah dibersihkan⁸⁸.

PVC juga dianggap menguntungkan untuk aplikasi sebagai pembungkus (*packaging*). Suatu studi pada tahun 1992 tentang pengkajian daur-hidup berbagai pembungkus/wadah dari gelas, kertas kardus, kertas serta berbagai jenis bahan plastik termasuk PVC menyimpulkan bahwa PVC ternyata merupakan bahan yang memerlukan energi produksi terendah, emisi karbon dioksida terendah, serta konsumsi bahan bakar dan bahan baku terendah diantara bahan plastik lainnya⁸⁹.

II.3 PROFIL KUSEN KAYU DAN KUSEN PVC

II.3.1. Profil Kusen Kayu

Profil kayu yang akan dibahas disini adalah yang biasa kita sebut sehari-hari dengan istilah kusen atau kosen. Kusen biasa kita temui dan berfungsi sebagai salah satu bagian dari jendela dan pintu. Pembahasan di awal kali ini akan dibahas mengenai kusen jendela. Fungsi kusen adalah sebagai rangka pemegang daun jendela, tempat daun/sayap

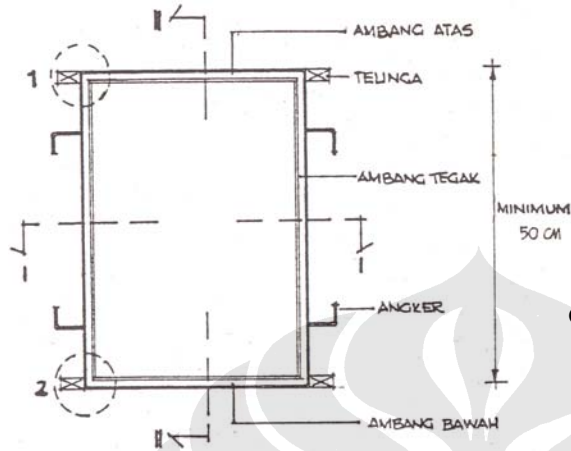
⁸⁶ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 42

⁸⁷ Stacey, Michael. 2001. Component Design. Oxford, Architectural Press, 2001. p. 50

⁸⁸ Ibid

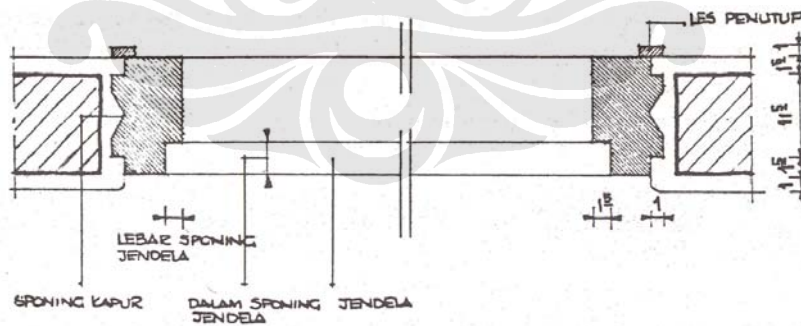
⁸⁹ www.chem-is-try.org

jendela melekat dan menggantung⁹⁰. Ukuran-ukuran kusen ditentukan oleh syarat-syarat peraturan bangunan nasional dan syarat konstruktif disamping juga dari segi-segi arsitektonis⁹¹.



Gbr. 13 : Bagian-bagian dari Kusen Kayu
Sumber: Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 355

Bagian yang dilingkari dan diberi nomor 1 dan 2 adalah juga telinga dari kusen yang akan gambar detailnya pada pembahasan lebih lanjut. Pemasangan kusen jendela dari kayu pada dinding tembok dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu : rata dengan les penutup atau berhimpitan seperti terlihat pada gambar dibawah. Pada perkembangan aplikasi kusen kayu sampai saat ini, penggunaan jenis, bentuk, ukuran dan tipe kusen sudah banyak bervariasi.

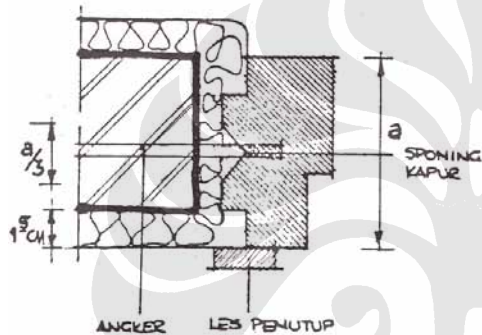


Gbr. 14 : Hubungan Kusen Kayu Dengan Dinding Tembok.
Sumber : Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 356

⁹⁰ Frick, Heinz Ir. 1996. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta, Kanisius, 1996. h. 105

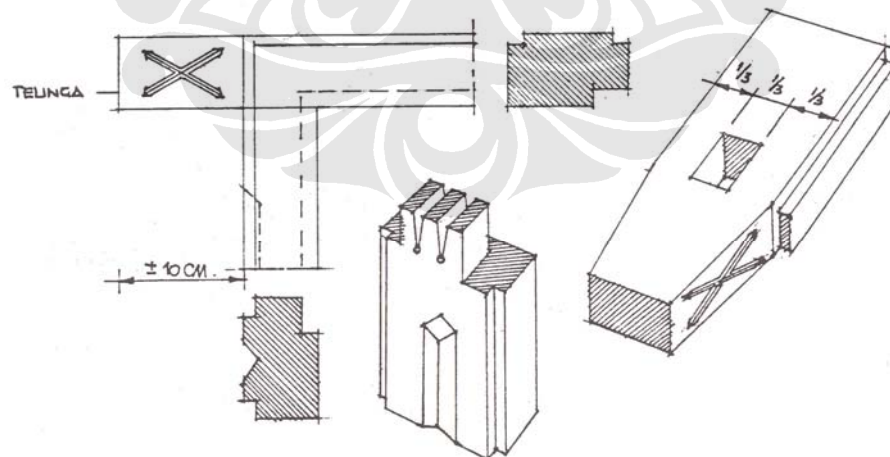
⁹¹ Ibid

Hubungan kusen jendela dengan dinding tembok diperkuat dengan sponing kapur pada ambang tegak dan ambang bawah, pada ambang atas tidak dibuat sponing kapur karena air lepa yang mengendap pada ambang atas, akan ditampung didalam sponing kapur tersebut sehingga kayu membusuk. Sponing kapur berbentuk mulut ikan dengan lebar $\frac{1}{3}$ lebar kusen dan dalamnya 1,5 cm sampai dengan 2 cm, yang dibuat mulai sekitar 5 cm di bawah ambang atas⁹². Hubungan kusen dengan dinding juga diperkuat dengan memakai angker bergaristengah 12mm dan panjangnya 25 cm. Pada tiap-tiap kusen jendela pada ambang tegak dipasang sekurang-kurangnya dua buah angker.⁹³



Gbr. 15 : Detail Hubungan Pemasangan Kusen Kayu
Sumber: Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 355

Terdapat beberapa tipe bentuk hubungan antar kayu untuk pembentuk profil kusen jendela. Salah satu contoh standar dan memenuhi syarat kekuatan fungsi profil sebagai kusen jendela adalah yang seperti ini.

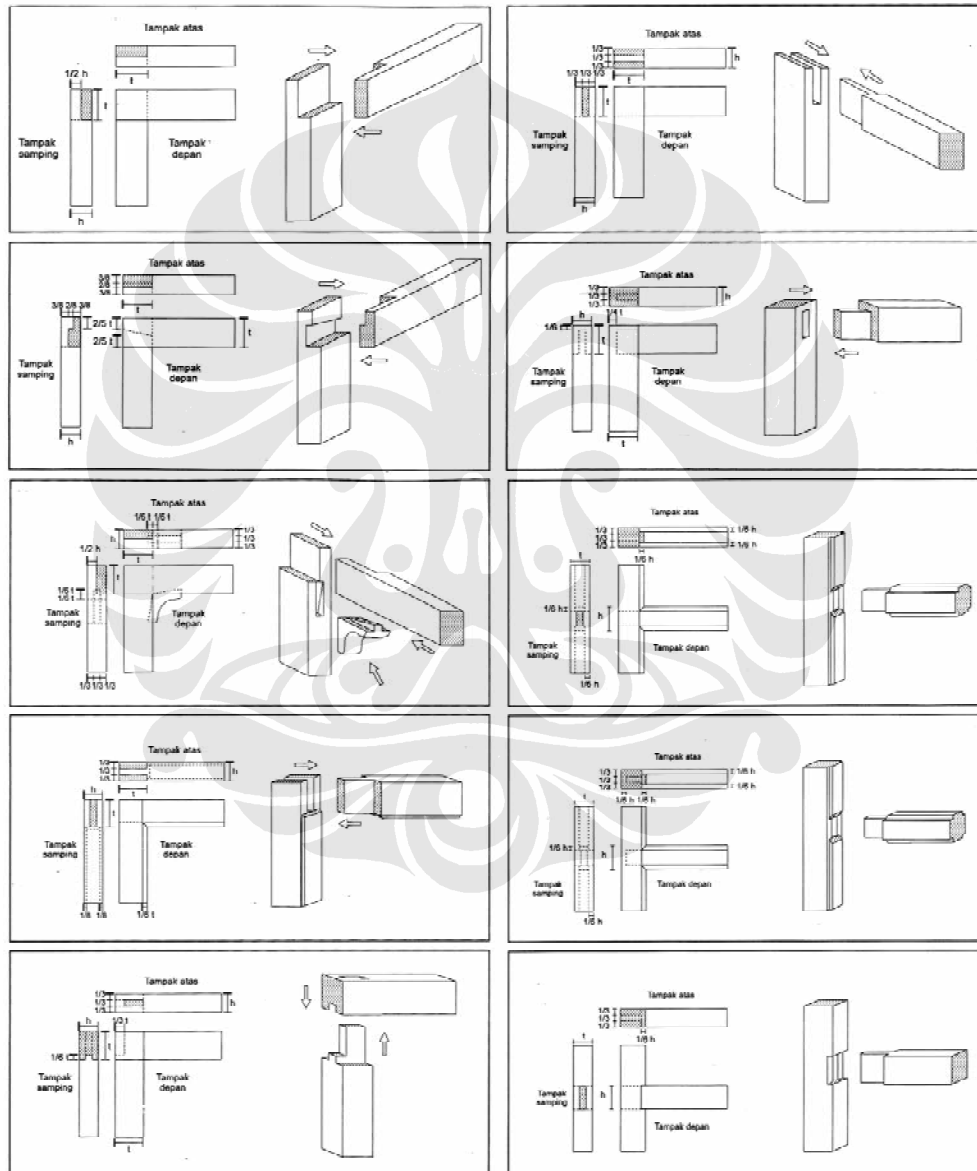


Gbr. 16 : Detail Sambungan Antar Kayu Pada Kusen.
Sumber : Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 357

⁹² Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 356

⁹³ Ibid.

Hubungan ambang tegak dan ambang atas dan ambang bawah dibuat dengan pen dan lubang. Sehingga kayu muka terjamin dan untuk memperkuat hubungan kusen jendela dengan dinding dibuat pada ambang bawah dan pada ambang atas sebelah-menyebelah suatu telinga sepanjang 10 cm berbentuk konis dengan sponing kapur kecil bersilangan⁹⁴. Jenis sambungan antar kayu lainnya dalam aplikasi kusen dapat dibuat alternatif seperti dibawah ini.



Gbr. 17 : Alternatif Jenis Sambungan Antar Kayu Pada Kusen

Sumber :Surya, Priatna Eka. 2004. Aneka Cara Menyambung Kayu. Jakarta, Puspa Swara, 2004. h. 13 - 27

⁹⁴ Frick, Heinz Ir. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan 2. Yogyakarta, Kanisius, 1990. h. 357

II.3.1 Profil Kusen PVC-U

Untuk pembahasan mengenai profil berbahan dasar material PVC, akan dilakukan dengan cara membahas detail-detail bagiannya dalam suatu contoh produk kusen PVC-U.



Gbr. 18 : Contoh detail potongan profil PVC-U untuk jendela
Sumber : brosur produk PVC-U Sieben

Penjelasan gambar

1. Sistem rongga / sarang lebah.
 - Memberi kekuatan struktur
 - Menambah insulasi suara
 - Untuk insulasi panas
2. Las sambungan sudut.
 - Tidak ada kebocoran air
 - Menambah kekuatan struktur
3. Dinding luar profil 3mm.
 - Memberi kekuatan ekstra pada kestabilan profil
4. Pelat besi.
 - Memberi kekuatan, kekakuan dan kestabilan struktur
 - Menambah daya tahan terhadap angin
5. Penjepit kaca.
 - Mencegah masuknya debu dan air
- Dapat digunakan untuk kaca *single* atau *double*
- Memberi insulasi suara
6. Karpas penjepit 2 jalur.
 - Berbahan PvDF sehingga awet dan kuat
 - Dengan pemasangan 2 lajur dalam satu kusen sehingga berfungsi kedap suara, mencegah debu, air dan udara masuk
7. Sistem pembuangan air.
 - Mencegah terjadinya genangan air pada kusen
8. Rongga mekanik.
 - Untuk penambahan kekuatan (jika dibutuhkan)

Penggantian dan penggunaan frame jendela PVC-U telah banyak ditemukan dalam aplikasi domestik di eropa⁹⁵. Analisis dari data gambar yang diatas adalah bahwa profil jendela yang berbahan PVC-U adalah bukan berupa profil yang padat, melainkan berongga. Hal ini disebabkan karena material ini bukan merupakan produk yang berbahan dasar padat dan proses pembuatannya adalah dengan dicetak pada bentuk cetakan yang menyesuaikan dengan kebutuhan sehingga menjadi lebih efisien.

PVC-U memiliki titik lebur pada 177 °C dan titik tekuk pada 60 °C⁹⁶. Proses pencetakan ini memungkinkan untuk dibuat dan lebih menghemat bahan. Pada contoh ini, profil dibentuk sedemikian rupa sehingga walaupun berongga tetapi tetap memiliki kekuatan struktur. Selain itu, rongga yang tercipta juga dapat berfungsi sebagai ruang hampa yang dapat menjadi insulasi untuk panas dan suara.

⁹⁵ Stacey, Michael. 2001. Component Design. Oxford, Architectural Press, 2001. p. 49

⁹⁶ Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 6 & 10

Profil hasil cetakan dari pabrik yang dibuat secara massal dalam jumlah besar dengan bentuk ujung profil adalah kotak. Dalam aplikasi profil kusen jendela di contoh ini, sambungan antar profil dibuat 45°, bukan 90°. Hal ini dilakukan karena sambungan 90° tidak dapat menyambung profil secara sempurna. Karena bentuk profil itu sendiri yang bukan sekedar kotak dan sifat profil yang berongga, sehingga akan ada bagian yang akan tidak tersambung dengan rapat. Sedangkan sambungan antar profil 45°, akan membuat seluruh bagian profil tersambung rapat sehingga bentuk kusen yang terjadi akan utuh dan kuat serta lebih mencegah kebocoran saat terjadi hujan angin. Tebal kulit terluar profil yang dibuat setebal 3mm juga menambah kekuatan struktur dari kusen.

Sifat material PVC-U yang pada dasarnya adalah lunak dan kurang kaku, sehingga perlu dilakukan rancangan bentuk profil yang dapat mempunyai kekuatan struktur yang cukup. Dari contoh ini, dapat dilihat bahwa perlu ditambahkan pengaku yang didesain terletak di bagian dalam profil. Profil pengaku tersebut berbentuk U yang memang berfungsi untuk menambah kekuatan struktur dan juga menahan beban lateral yang akan diterima. Untuk membentuk jendela PVC-U dengan dimensi lebih besar, digunakan baja berongga yang diposisikan di dalam profil untuk memperkuat kusen jendela PVC-U⁹⁷.

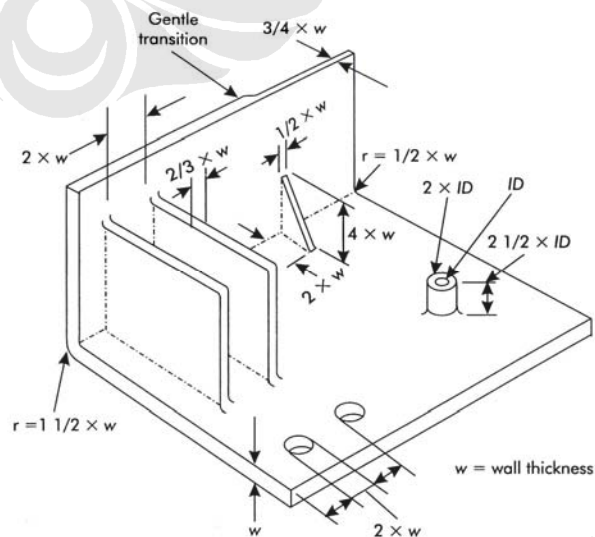
Dalam contoh profil ini, terdapat bagian profil yang berfungsi sebagai penjepit kaca. Bagian ini berfungsi sebagai tempat memposisikan material kaca yang juga merupakan elemen dalam jendela. Peran dari bagian ini adalah menepis debu dan atau air yang dapat masuk dari luar ke dalam ruangan, dan selain itu juga merupakan bagian pendukung yang dapat meredam suara bising dari luar ruangan. Di bagian inilah kita dapat memilih dan menentukan ukuran dan jenis serta jumlah lapisan kaca yang dibutuhkan, apakah kaca tebal atau tipis, atau kaca satu lapis (*single*) atau dua lapis (*double*).

⁹⁷ Stacey, Michael. 2001. Component Design. Oxford, Architectural Press, 2001. p. 49

Material lain yang juga ikut tersusun dalam profil kusen ini adalah karet penjepit kaca. Bahan karet yang berupa PvDF dianggap awet dan juga kuat. *Polyvinylidene Fluoride* (PvDF) adalah juga sebenarnya termasuk dalam keluarga *fluoropolymer plastic*. Sifatnya yang harus murni jika ingin dimanfaatkan dalam aplikasi tertentu, kuat, tahan terhadap asam dan basa, tahan terhadap suhu tinggi dan juga menghasilkan asap dengan jumlah kecil bila terbakar. Dengan pemasangan 2 lajur (luar dan dalam) membuat lapisan penjepit kaca ini dapat kedap angin, debu, dan air.

Profil kusen yang menjadi contoh ini sepertinya memiliki keunggulan dibanding yang lain. Salah satunya adalah adanya bentukan profil yang dibuat untuk mengalirkan air yang masuk ke dalam profil. Seperti ada sejenis sistem drainase di profil ini. Selain itu, profil ini memiliki *space* di bagian dalam yang dapat dimanfaatkan untuk kekuatan struktur. Berupa rongga yang dapat diisi dengan tambahan besi tulangan. Hal ini merupakan opsi yang dapat ditambahkan jika dalam penggunaannya kusen ini terletak di daerah yang berangin kencang atau pada lantai-lantai atas bangunan tinggi.

Dalam membuat bentuk profil berbahan dasar plastik, ukuran ketebalan tidak dapat dibuat sembarangan. Hal ini terkait dengan biaya dan profil yang terlalu tebal akan membuat biaya dan penggunaan energi juga menjadi lebih besar.



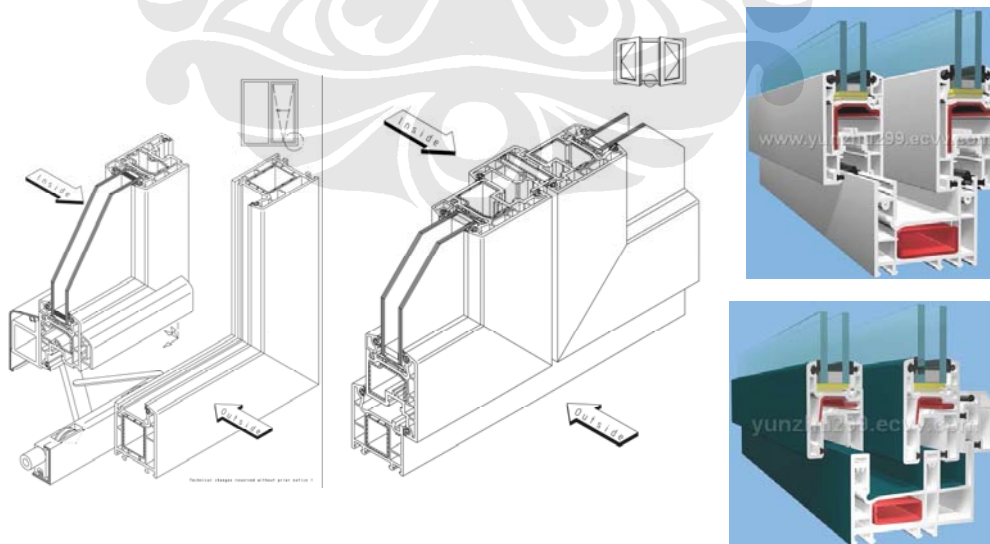
Gbr. 19 : Acuan Ketebalan Profil Berbahan Plastik
 Sumber : Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 256

Lambang W dalam gambar diatas adalah berarti *Wall thickness* atau juga ketebalan. Dalam tabel berikut dapat kita dapatkan acuan ketebalan profil dari material plastik yang juga termasuk PVC-U. Dan kemudian beberapa contoh lain dari bentuk profil berbahan PVC.

Material	Minimum (in./mm)	Maximum (in./mm)
ABS	0.030/0.762	0.125/3.175
Acetal	0.015/0.381	0.125/3.175
Acrylic	0.025/0.635	0.250/6.350
Nylon (amorphous)	0.030/0.762	0.125/3.175
Nylon (crystalline)	0.015/0.381	0.125/3.175
Phenolic	0.045/1.143	1.000/25.400
Polycarbonate	0.040/1.016	0.400/10.160
Polyester (TP)	0.025/0.635	0.125/3.175
Polyester (TS)	0.040/1.016	0.500/12.700
Polyethylene (HD)	0.020/0.508	0.250/6.350
Polyethylene (LD)	0.030/0.762	0.250/6.350
Polypropylene	0.025/0.635	0.300/7.620
PPO (modified)	0.030/0.762	0.400/10.160
Polystyrene	0.030/0.762	0.250/6.350
PVC	0.040/1.016	0.400/10.160

Note: These values are for rigid and semirigid materials. Values for foamed and flexible materials will vary and are available from the material supplier.

Tabel 9 : Rata-rata Ukuran Ketebalan Kulit Profil Untuk Beberapa Jenis Plastik
 Sumber : Bryce, Douglas M. 1997. Plastik Injection Molding...material selection and product design fundamentals. United States of America. Society of Manufacturing Engineers. 1997. p. 257



Gbr. 20 : Contoh-Contoh Lain Bentuk Profil Berbahan PVC
 Sumber : internet (berbagai website)