

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Serat Kapas

Serat kapas adalah serat alam yang banyak digunakan didunia, pada tahun 2014 konsumsinya sebesar 40%. Negara dengan penghasil kapas antara lain USA, Amerika Tengah, Amerika Selatan, Mesir, Sudan, Soviet, India dan RRC. Serat kapas terbuat dari tumbuhan berbiji yang termasuk dalam spesies *gossypium*. Selain untuk kebutuhan dalam industri tekstil, kapas juga digunakan untuk furnitur rumah dan juga pembuatan produk industri lainnya (Philips J,Wakelyn,2006).

Pertumbuhan serat kapas dipengaruhi oleh faktor alam, sifat serat ini berbeda-beda tergantung tempat tumbuhnya. Serat kapas memiliki sifat seperti selulosa karena sebagian besar kandungannya adalah selulosa. Dalam beberapa hal, serat kapas memiliki beberapa sifat yang tidak ditemukan pada serat alami atau sintetis lainnya. Sifat-sifat tersebut menyebabkan serat kapas hingga saat ini banyak digunakan dalam pembuatan bahan tekstil. Keunggulan serat kapas adalah daya serapnya cukup tinggi sehingga nyaman dipakai dan kekuatan basah seratnya lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan keringnya.

2.1.1 Morfologi Serat Kapas

Serat kapas memiliki dua bagian morfologi yakni bagian memanjang dan melintang. Serat kapas memiliki bentuk memanjang pipih seperti pita yang terpuntir. Bentuk memanjang ini dibagi menjadi tiga bagian yakni dasar, badan dan ujung.

a. Dasar

Bagian yang berbentuk kerucuk pendek yang selama pertumbuhan serat tetap tertanam diantara sel-sel epidermis, pada umumnya dasar serat ini putus dalam pemisahan serat dari bijinya.

b. Badan

Bagian utama serat, kira-kira $\frac{3}{4}$ -15/16 panjang serat. Bagian ini mempunyai diameter yang sama, dinding serat tebal dan lumen yang sempit.

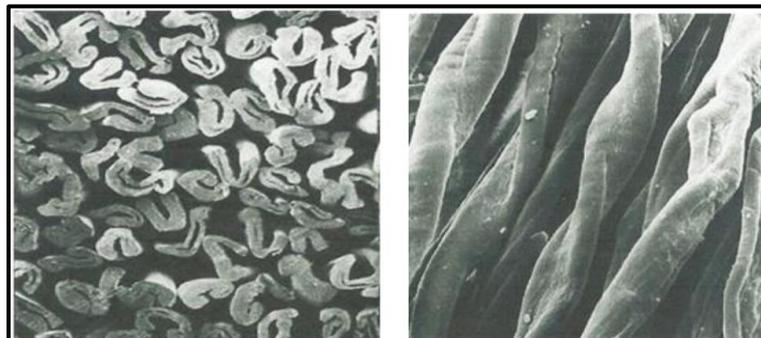
c. Ujung

Bagian yang lurus dan mulai mengecil, pada umumnya kurang dari $\frac{1}{4}$ panjang serat. Ujung serat mempunyai sedikit konvolusi dan mempunyai lumen. Diameter lebih kecil dari diameter badan dan ujung yang runcing.

Sedangkan untuk bagian melintang serat kapas bervariasi mulai dari pipih sampai bulat namun umumnya berbentuk seperti ginjal. Penampang melintang serat kapas dewasa terdiri atas kutikula, dinding primer, lapisan antara, dinding sekunder, dinding lumen dan lumen.

- a. Kutikula : Lapisan terluar yang mengandung lilin, pektin dan protein yang bersifat tahan air dan juga melindungi bagian dalam serat.
- b. Dinding primer : Dinding sel tipis terdiri dari selulosa, pektin, protein, dan lilin. Selain itu dinding ini mengandung zat-zat penyusus kutikula. Tebal dinding primer kurang dari 0,5 mikron. Selulosa pada dinding primer berbentuk benang yang sangat halus (fibril).
- c. Lapisan antara : Lapisan pertama dari dinding sekunder dan strukturnya sedikit berbeda dari dinding primer dan sekunder.
- d. Dinding sekunder : Lapisan selulosa, merupakan bagian utama serat kapas, berupa lapisan yang sangat halus.
- e. Dinding lumen : Dinding lumen lebih tahan terhadap pereaksi-pereaksi kimia dibandingkan dengan dinding sekunder.
- f. Lumen : Ruang kosong dalam serat. Bentuk dan ukurannya bervariasi, berisi zat-zat padat sisa-sisa protoplasma yang kering dan sebagian besar komposisinya adalah nitrogen.

Penampang melintang dan membujur serat kapas dapat kita lihat pada Gambar 2.1 dibawah ini



Sumber: Arthur D Broadbent, *Basic Principles of Textile Coloration*, Manchester, 2001, halaman 71

Gambar 2. 1 Penampang Melintang dan Membujur Serat Kapas

2.1.2 Struktur Kimia Serat Kapas

Berdasarkan hasil analisa serat kapas, ditemukan bahwa struktur kimia penyusun serat kapas yang paling besar adalah selulosa yakni sebesar 94%, sedangkan kandungan lainnya berupa protein, pektat, lilin, abu, pigmen dan zat-zat lain. Persentase komposisi serat kapas dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini

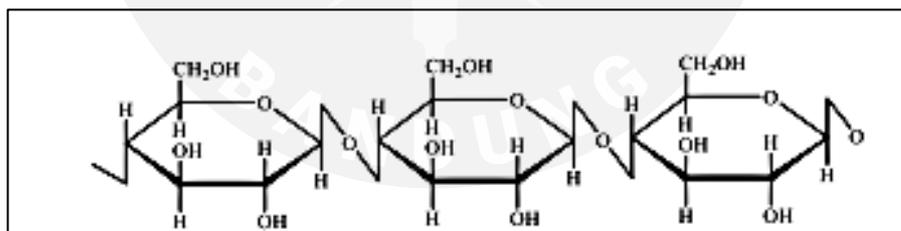
Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Serat Kapas

Komposisi	% Terhadap Berat Kering
Selulosa	94.0
Protein (%N x 6,35)	1.3
Pektat	0,9
Abu	1,2
Lilin	0,6
Total Gula	0,3
Asam-Asam Organik	0,8
Pigmen	<i>Trace</i>
<i>Others</i>	1,4

Sumber: Philips J,Wakelyn,2006 halaman 28.

Selulosa adalah polimer linier yang dibentuk oleh kondensasi molekul glukosa. Selulosa juga mengandung tiga gugus hidroksil satu primer dan dua sekunder, di setiap unit glukosa. Dinding sekunder terdiri dari selulosa murni. Ada zat lain di dinding primer dan sisa-sisa protoplasma di lumen. Dinding primer juga banyak mengandung selulosa.

Struktur kimia selulosa dapat kita lihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Sumber: Ferrero, F., Migliavacca, G., dan Periolatto, M. (2016). UV Treatments on Cotton Fibers. *Cotton Research*. <https://doi.org/10.5772/63796>

Gambar 2. 2 Struktur Kimia Selulosa

2.1.3 Sifat Kimia dan Sifat Fisika Serat Kapas

2.1.3.1 Sifat Kimia Serat Kapas

Sifat-sifat kapas adalah sifat-sifat selulosa, hal ini dikarenakan sebagian besar penyusun serat kapas merupakan selulosa. Umumnya serat kapas tahan terhadap

kondisi penyimpanan, pengolahan, dan pemakaian yang normal, tetapi beberapa zat oksidasi atau penghidrolisa menyebabkan kerusakan dengan akibat penurunan kekuatan. Kerusakan karena oksidasi dengan terbentuknya oksiselulosa biasanya terjadinya dalam proses pemutihan yang berlebihan, penyinaran dalam keadaan lembab, atau pemanasan yang lama dalam suhu diatas 140°C. Asam-asam menyebabkan hidrolisa ikatan-ikatan glukosa dalam rantai selulosa membentuk hidroselulosa. Asam kuat dalam larutan menyebabkan degradasi yang cepat, sedangkan larutan yang encer apabila dibiarkan mengering pada serat akan menyebabkan penurunan kekuatan. Alkali mempunyai sedikit pengaruh pada kapas, kecuali larutan alkali kuat dengan konsentrasi yang tinggi menyebabkan penggelembungan yang besar pada serat, seperti dalam proses merserisasi. Dalam proses ini kapas dikerjakan didalam larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi lebih besar 18%. Dalam kondisi ini dinding primer menahan penggelembungan serat kapas keluar, sehingga lumennya sebagian tertutup. Irisan lintang menjadi lebih bulat, puntirannya berkurang dan serat menjadi berkilau. Hal ini merupakan alasan utama mengapa dilakukan proses merserisasi. Disamping itu serat kapas menjadi lebih kuat dan afinitas terhadap zat warna lebih besar. Pelarut-pelarut yang biasa dipergunakan untuk kapas adalah kuproamonium hidroksida dan kuprietilen diamin. Viskositas larutan kapas pada pelarut-pelarut ini merupakan cara yang baik untuk memperkirakan kerusakan serat. Kapas mudah diserang jamur dan bakteri terutama pada keadaan lembab dan pada suhu yang hangat.

2.1.3.2 Sifat Fisika Serat Kapas

Sifat fisika serat kapas dapat dilihat dari 8 karakteristik dibawah ini:

1. Warna

Warna kapas biasanya *cream*. Warna kapas akan makin tua setelah penyimpanan selama 2-5 tahun. Pengaruh cuaca, debu dan kotoran, akan menyebabkan warna menjadi keabu-abuan. Selain itu apabila kapas terkontaminasi jamur sebelum dilakukan pemetikan akan menyebabkan warna putih kebiru-biruan yang tidak bisa dihilangkan dalam pemutihan.

2. Kekuatan

Kekuatan serat kapas dipengaruhi oleh kadar selulosa dalam serat, panjang rantai dan orientasinya. Kekuatan basar serat kapas akan meningkat dalam

keadaan basah karena pada kondisi ini serat akan menggelembung berbentuk silinder dan diikuti dengan kenaikan derajat orientasinya, sehingga distribusi tegangan lebih merata dan kekuatan seratnya naik. Sedangkan pada saat kondisi kering serat kapas terpuntir dan tak teratur sehingga tegangan dalam serat tidak merata.

3. Mulur

Mulur serat kapas berkisar antara 4-13% tergantung pada jenisnya dengan mulur rata-rata 7%. Mulur saat putus serat kapas termasuk tinggi diantara serat-serat selulosa alam.

4. Keliatan (*Toughness*)

Keliatan adalah kemampuan suatu benda untuk menerima kerja, penting apabila digunakan sebagai tekstil untuk keperluan industri. Diantara serat-serat selulosa alam, keliatan serat kapas relatif tinggi juga bila dibanding dengan serat-serat selulosa yang diregenerasi.

5. Kekakuan (*Stiffness*)

Kekakuan merupakan daya tahan terhadap perubahan bentuk, dan untuk tekstil biasanya dinyatakan sebagai perbandingan kekuatan saat putus dengan mulur saat putus. Kekakuan dipengaruhi oleh berat molekul, kekakuan rantai selulosa, derajat kristalinitas dan terutama derajat orientasi rantai selulosa.

6. *Moisture Regain*

Moisture regain serat kapas bervariasi dengan perubahan relatif tertentu, *moisture regain* yang didapatkan dengan cara menghilangkan lembab (desorpsi) sedikit lebih tinggi dari yang didapatkan dengan cara penyerapan lembab. Pada kondisi standar *moisture regain* serat kapas berkisar antara 7-8,5%.

7. Berat jenis

Berat jenis serat kapas berkisar antara 1,50-1,56.

8. Indeks bias

Indeks bias serat kapas sejajar sumbu serat 1,56 dan indeks melintang sumbu serat 1,53.

2.2 Proses Penyempurnaan

Penyempurnaan merupakan salah satu variabel pada proses kain yang penting. Proses ini memungkinkan modifikasi sifat kain tanpa mengubah komposisi serat untuk mendapatkan sifat akhir yang diinginkan dan menambah daya guna dari

bahan tekstil. Berdasarkan arti, penyempurnaan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Penyempurnaan dalam arti luas yang meliputi teknik penyempurnaan dari bahan tekstil dasar sampai menjadi bahan tekstil yang telah siap untuk digunakan baik sebagai bahan industri maupun sebagai bahan sandang.
2. Penyempurnaan dalam arti khusus yaitu cara-cara penyempurnaan tekstil yang telah atau belum mengalami proses-proses tertentu untuk memenuhi syarat-syarat penggunaan yang diperlukan seperti tolak air, anti api, anti bakteri, dll.

Penyempurnaan adalah proses tahapan akhir tekstil setelah mengalami proses pencelupan dan pencapan dengan hasil yang sementara maupun permanen baik secara kimia maupun mekanik terhadap serat alam maupun sintesis. Penyempurnaan secara kimia merupakan penyempurnaan yang menggunakan zat-zat kimia tertentu untuk menghasilkan efek yang diinginkan seperti anti api, anti kusut, anti bakteri dll. Sedangkan penyempurnaan secara mekanik merupakan penyempurnaan yang menggunakan alat-alat tertentu, misalnya: *calendering*, *raising*, *sueding* dll.

2.2.1 Penyempurnaan Resin

Penyempurnaan resin termasuk penyempurnaan kimia karena menggunakan resin sintetik. Resin sintetik adalah senyawa organik kompleks dan memiliki berat molekul tinggi. Penggunaan resin sintetik di bidang tekstil dimulai kira-kira tahun 1930 oleh Fould, Marsh, dan Wood dari Tootal Brodthurst Lee Co.Ltd., Manchester, Inggris (Zeynep Ömeroğulları Basyigi, 2017).

Serat di rendam peras dalam larutan monomer resin atau molekul-molekul resin yang ukurannya masih kecil (prakondensat) sehingga memungkinkannya masuk ke dalam serat. Penggunaan resin sintetik dapat dilakukan secara *eksternal* yang dimana resin hanya teradsorpsi pada permukaan saja dan *internal* yang dimana resin akan masuk kedalam serat secara permanen. .

2.2.2 Hubungan Resin dengan Struktur Serat

Dalam proses penyempurnaan resin, pembentukan resin dalam serat menggunakan prinsip polimerisasi. Selulosa seperti serat kapas memiliki sifat

mudah terbakar. Hal ini disebabkan sifat termal serat kapas seperti panas pembakaran, suhu pengapian, LOI (*Limiting Oxygen Indeks*), dan titik bakarnya relatif rendah. Titik bakar serat kapas 200°C, pada suhu tersebut akan mengeluarkan gas-gas yang mudah terbakar. Bila suhu sudah mencapai pada suhu pengapian (*ignition temperature*) yaitu untuk serat kapas 255°C, maka kapas akan mengalami dehidratasi, depolimerisasi dan oksidasi, selanjutnya pada suhu 300°C akan menghasilkan komponen utama levoglukosan yang mudah terbakar. Dengan reaksi eksoterm yang kuat disertai timbulnya gas-gas yang mudah terbakar, maka mulai terjadi pembakaran dengan timbulnya api.

LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) serat dapat memiliki efek signifikan pada proses pembakaran dan merupakan parameter yang dipakai untuk mengukur ketahanan serat terhadap pembakaran. Makin tinggi nilai LOI serat tekstil, menunjukkan bahwa makin sulit serat tersebut terbakar atau mendukung pembakaran. Di sisi lain serat dengan LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) yang rendah lebih mudah terbakar dan juga mengakibatkan proses pembakaran yang lebih cepat.

Dibawah ini dapat dilihat pada Tabel 2. 2 Nilai LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) dari beberapa serat-serat tekstil.

Tabel 2. 2 Nilai LOI (Limiting Oxygen Index) dari Beberapa Serat-Serat Tekstil

No.	<i>Fibre type</i>	LOI (<i>Limiting Oxygen Indeks</i>)
1	<i>Acrylic</i>	18,2
2	<i>Cotton</i>	18,4
3	<i>Viscose</i>	18,6
4	<i>Polypropylene</i>	19
5	<i>Polyester PET</i>	20-21
6	<i>Nylon 6 and 6,6</i>	20-21,5
7	<i>Wool</i>	25
8	<i>Modacrylic</i>	29-30
9	<i>Meta-aramide</i>	28-31
10	<i>Para-aramide</i>	29-31
11	<i>Phenol-formaldehyde type (Kynol)</i>	30-34
12	<i>Melamine-formaldehyde type (Basofil)</i>	32

(Lanjutan) Tabel 2.2 Nilai LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) dari Beberapa Serat-Serat Tekstil

13	<i>Poly (aramide-imide) (Kermel)</i>	32
14	<i>Polyphenylenesulfide (PPS)</i>	34
15	<i>Polyetheretherketone (PEEK)</i>	35
16	<i>Polyimide (P1,P84)</i>	36-38
17	<i>Polybenzimidazole (PEI)</i>	>41
18	<i>Polyetherimide</i>	44-45
19	<i>Partially oxidised PAN (Preox, Panox)</i>	45-55
20	<i>Poly(vinylidene/vinylchloride) PVDC</i>	60
21	<i>Polybenzoxazole (PBO, Zylon)</i>	68
22	<i>Polytetrafluoroethylene (PTFE)</i>	98

Sumber: NM Susyami Hitariyat & Wulan Safrihatini, Bahan Ajar Teknologi Penyempurnaan Tekstil, Politeknik STTT Bandung, 2021.

Dari nilai LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) diatas dapat dilihat bahwa kapas memiliki nilai LOI (*Limiting Oxygen Indeks*) yang rendah dibandingkan serat lain yakni sebesar 18,4%. Hal ini mengakibatkan serat kapas menjadi serat yang relatif mudah terbakar. Ikatan silang dan satu jenis esterifikasi rantai polimer selulosa oleh asam fosfat mengurangi pembentukan levoglucosan, mengkatalisis dehidrasi dan karbonisasi, dan dengan demikian berfungsi sebagai mekanisme *flame retardant* yang efektif.

2.2.3 Penyempurnaan Tahan Api

Kebakaran yang terjadi dari furnitur berlapis kain, penutup lantai, gordena, tirai atau pakaian yang dikenakan oleh manusia dapat mengakibatkan tingkat kematian yang tinggi atau luka bakar yang serius pada tubuh mereka. Oleh karena itu, aplikasi bahan tekstil tahan api telah dipelajari sejak tahun 1735 dimana boraks dan vitriol dipatenkan di Inggris (Zeynep Ömeroğulları Basyigi, 2017).

Faktor yang berpengaruh pada sifat nyala api atau tahan api adalah jenis serat dan berat kain. Struktur benang dan struktur kain seperti kain tenun, kain rajut dan sebagainya tidak berpengaruh pada sifat nyala api dan tahan api. Sifat nyala api sebagian ditentukan oleh jenis serat yang digunakan. Serat selulosa seperti kapas, linen dan rayon mudah meneruskan pembakaran. Kain wol biasanya sulit menyala; Nylon dan poliester mengerut dari nyala api dan sulit menyala, tetapi

penyempurnaan yang membuat kain kaku memungkinkan Nylon dan poliester mudah menyala. Pada kain-kain yang meneruskan nyala api, sifat tahan apinya bergantung pada berat kain dan kandungan seratnya. Untuk kain dengan serat sama, makin berat kainnya, makin tahan api.

2.2.4 Proses Terbakarnya Bahan Tekstil

Pembakaran adalah suatu reaksi antara bahan bakar dan suatu oksidan dengan produksi panas yang dapat disertai cahaya dalam bentuk pendar atau api. Untuk mencapai proses pembakaran yang sempurna diperlukan oksigen dari udara yang berlebih dan temperatur yang cukup tinggi untuk membakar gas polutan - bahan bakar, agar reaksi oksidasi berjalan sempurna dan tingkat turbulensi yang cukup tinggi untuk memperoleh campuran yang sempurna antara udara (oksigen) dengan gas polutan bahan bakar (Gann, R. G., Babrauskas, V., Peacock, R. D., and Hall, J. R., Jr , 1994).

Proses pembakaran terdiri dari proses pemanasan, dekomposisi, penyalan dan perambatan. Proses pembakaran terjadi akibat timbulnya panas yang berasal dari sumber dari luar. Akibat adanya panas akan menyebabkan naiknya temperatur bahan tekstil sampai terjadi degradasi dan dekomposisi pada struktur polimer, yang dimana polimer selulosa akan berubah menjadi karbon. Selanjutnya padatan akan terurai menjadi gas yang mudah terbakar maupun tidak. Hal ini bergantung dengan sifat serat, kondisi lingkungan dan zat *chemical* yang digunakan.

Biasanya proses pembakaran dibagi dalam 3 proses yakni proses menyala (*flaming*), membara (*glowing*), dan memijar (*smoldering*).

1. Nyala (*Flame*)

Merupakan proses terbakarnya gas yang terurai di permukaan. Proses nyala ini selalu mendahului proses dekomposisi termal dan menghasilkan gas, cairan, arang, dan padatan. Proses nyala merupakan proses pembakaran secara eksotermis yang terdiri dari uap yang mudah terbakar dan terurai di permukaan serat.

2. Bara (*Glow*)

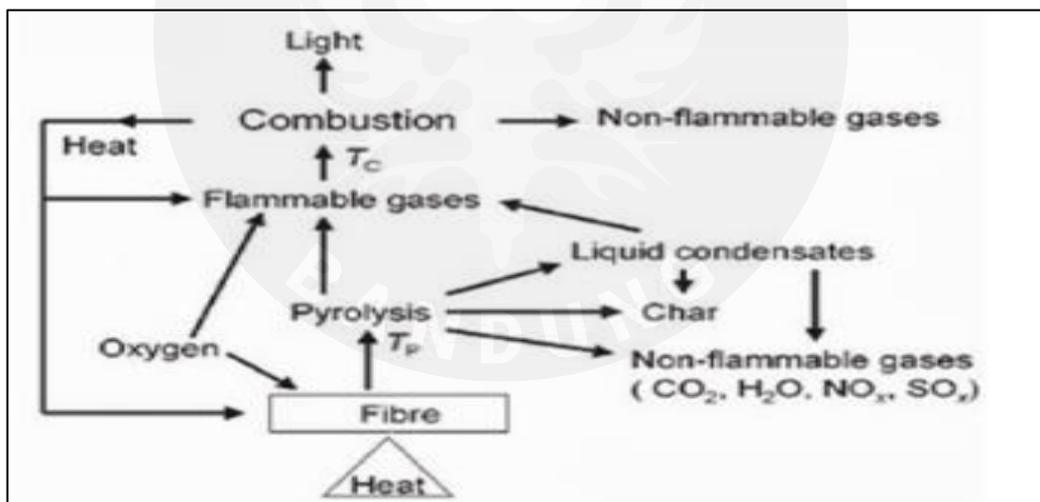
Merupakan proses eksotermis yang terjadi dan pada dan berada di atas permukaan. Pada kondisi ini oksigen dalam keadaan yang berlimpah. Pada bahan tekstil biasanya penyempurnaan tahan bara diperoleh secara

bersamaan dengan sifat tahan nyala api. Fosfat merupakan zat penghambat nyala api yang berfungsi sebagai penghambat bara. Jenis lainnya adalah sulfamat namun daya penahan bara yang kecil. Panas pembakaran pada selulosa sekitar 400-500°C dan temperatur nyala api sekitar 600°C.

3. Pijar (*Smolder*)

Kondisi ini biasanya terjadi di bawah permukaan dan dengan keadaan osigen yang kecil. Pemijaran terjadi lambat, biasanya disertai asap namun tanpa disertai nyala atau bara. Kemampuan meneruskan pemijaran dipengaruhi oleh adanya panas dari reaksi eksotermis yang ditahan di dekat area yang sedang berpijar.

Sedangkan temperatur minimum yang diperlukan untuk mempertahankan pemijaran dipengaruhi oleh sifat material ketika mengalami proses oksidasi dan jumlah oksigen yang ada. Proses pembaraan dapat bertahan lama apabila kondisi kandungan oksigen yang lebih besar dan temperatur yang lebih rendah. Untuk mencegah proses pemijaran dapat dilakukan dengan metode menghilangkan panas dengan segera dari daerah yang mengalami proses oksidasi. Siklus pembakaran dapat dilihat pada Gambar 2.3 di halaman 17



Sumber: Schindler, Wolfgang D., and Peter J. Hauser. Chemical finishing of textiles. Elsevier, 2004.

Gambar 2. 3 Siklus Pembakaran Serat

2.2.5 Zat Tahan Api

Zat tahan nyala api resin atau sering juga disebut zat *flame retardant* merupakan senyawa *aditif* yang dapat memperlambat atau menghentikan proses pembakaran yang terjadi pada suatu material. Zat tahan api dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan senyawa dasar pembentuknya.

- Senyawa anorganik
Contohnya adalah aluminium trihydrate. Ketahanan terhadap api diperoleh dengan cara dehidrasi endotermik menjadi aluminium oksida dan air. Dalam menyerap sebagian panas dari pembakaran dan menurunkan suhu substrat di dekat nyala api. Uap air yang disediakan oleh tindakan seperti itu mengencerkan reaktan gas dalam nyala api sampai semua kristalisasi dari air habis. Hanya bahan tahan api di permukaan serat.
- Senyawa organik terhalogenasi
Contohnya adalah borax dan *boric acid*. Borax menghalangi permukaan yang terbakar meluas dan bisa meningkatkan bara dan pijar, sedangkan *boric acid* dapat mengurangi bara dan pijar namun efek rendah pada penyebaran api sehingga sering digunakan secara bersamaan.
- Senyawa fosfor organik
Contoh senyawanya adalah organofosfor dan polifosfat. Zat anti api yang mengandung fosfor mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di permukaan. Setelah dipanaskan mereka terurai menjadi asam fosfat yang bila terkondensasi menyebabkan bahan menjadi hangus.
- Senyawa berbasis nitrogen
Bahan berbasis nitrogen menghasilkan pembentukan arang dengan menyebabkan bahan membengkak saat gas yang mudah terbakar berevolusi. Nitrogen terurai dalam fase uap untuk membentuk gas-gas yang tidak mudah terbakar seperti HNO_2 dan HNO_3 dan juga mencegah senyawa fosfor agar tidak terjadi pirolisis dalam fase uap.

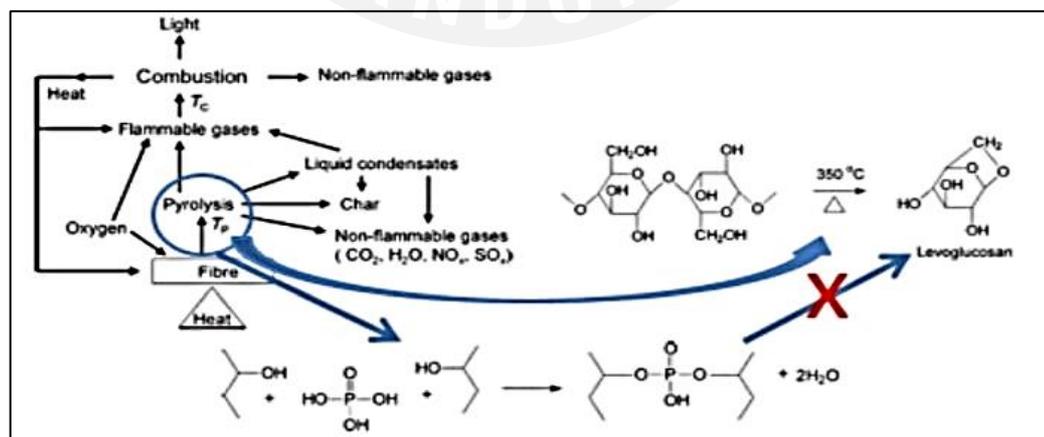
Penggunaan zat anti api berbasis halogen untuk mengurangi sifat mudah terbakar kapas adalah salah satu cara yang paling efisien untuk mengurangi bahaya kebakaran. Namun, karena korosifitasnya, keberadaan dioksin, karsinogen, dan dugaan toksisitas asap dari produk-produk seperti HBr dan HCl, banyak negara-negara Eropa seperti Swedia dan Jerman telah mengesahkan peraturan untuk membatasi produk tekstil tahan api berbasis halogen (Holme, 2001).

Akibatnya, minat masyarakat terhadap penghambat api non-halogen yang ramah lingkungan makin meningkat. Penghambat api berbasis fosfor telah menjadi sumber utama minat untuk menggantikan senyawa halogen karena produk sampingannya yang ramah lingkungan dan toksisitasnya yang rendah. Juga produksi asap yang rendah dalam api makin jauh daya tarik mereka. Mereka adalah penghambat api yang sangat efektif untuk selulosa dan turunan selulosa. Senyawa-senyawa ini meningkatkan dehidrasi dan pembentukan arang (Kandola, Horrocks, Price, dan Coleman, 1996).

Dalam percobaan ini zat yang digunakan adalah Flamatic-DM3072 yaitu resin penyempurnaan tahan api turunan nitrogen, yang mengandung senyawa organofosfor. Beberapa sifat Flamatic-DM 3072 antara lain :

1. Cairan kental, jernih, tidak berwarna hingga kekuningan.
2. Mempunyai pH 3,5-6,0 dan dapat larut dalam air.
3. Dalam pengaplikasiannya dapat ditambahkan *crosslinking agent* dan katalis.

Mekanisme tahan api pada penyempurnaan dengan senyawa berbasis fosfor seperti Flamatic DM-3072 berasal dari reaksi esterifikasi selulosa oleh senyawa fosfor (fosforilasi) yang berfungsi mencegah pembentukan levoglukosan, yaitu prekursor senyawa-senyawa yang mudah menguap dan terbakar. Selulosa dapat menjalani reaksi esterifikasi karena selulosa memiliki gugus hidroksil, dimana gugus hidroksil pada selulosa akan digantikan dengan gugus lain ataupun terjadinya ikatan silang sesuai dengan pelarut yang digunakan. Pelarut yang digunakan adalah asam fosfor. Gambar *crosslinking* dengan asam fosfat dapat kita lihat pada Gambar 2.4 di bawah ini



Sumber: Bahan Ajar Penyempurnaan Tekstil, NM Susyami Hitariyat dan Wulan Safrihatini, Politeknik STTT Bandung, 2021.

Gambar 2. 4 Crosslinking dengan Asam Fosfat

2.2.6 Zat Pembantu

Zat pembantu merupakan zat yang ditambahkan kedalam suatu proses untuk membantu proses tersebut agar berjalan dengan baik tanpa terjadi perubahan reaksi. Hal ini dapat membuat reaksi berjalan sempurna atau membahakan hasil hasil tertentu.

2.2.6.1 *Crosslinking agent*

Crosslinking agent adalah ikatan-ikatan yang menghubungkan suatu rantai polimer dengan rantai polimer lain. Ketika rantai polimer bergabung karena adanya *crosslinking agent*, maka rantai polimer tersebut akan kehilangan sebagian kemampuannya untuk bergerak seperti rantai polimer individunya (Lisensi Dokumen Bebas GNU, 2008). Secara umum, ikatan silang dibedakan menjadi 2 yaitu ikatan silang kimia (*chemical crosslinking*) dan ikatan silang fisika (*physical crosslinking*). Ikatan silang kimia dapat terjadi melalui ikatan kovalen maupun ion. Ikatan silang fisika merupakan ikatan silang yang labil secara termal yakni ikatan yang diputus oleh pemanasan dan mengikat kembali setelah pendinginan (Stevens, 2001). Pada metoda ini reagen diikat secara kimia dengan membran atau bahan pendukung padat lainnya.

Pada proses penyempurnaan anti api ini menggunakan Knittex CHN sebagai *crosslinking agent*.

Karakteristik zat ikat silang yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

1. Komponen utama : Turunan melamin atau formaldehida termodifikasi alkil dalam larutan air
2. Bentuk : Cairan tidak berwarna hingga kekuningan
3. pH : 8-10

2.2.6.2 *Tearing Improver*

Tear strength (kekuatan sobek) adalah salah satu kriteria penilaian terpenting dari kain yang ditujukan untuk: pakaian kerja dan pelindung, tekstil berteknologi tinggi, tekstil teknis dan rumah tangga, tekstil untuk alat penggerak, untuk pakaian sehari-hari, dan sebagainya. Metode pengukuran kekuatan sobek berbeda menurut bentuk dan ukuran spesimen, metode penjepitan spesimen pada rahang, panjang jarak sobek, serta cara perhitungan gaya sobek.

Untuk meningkatkan kekuatan sobek pada kain maka digunakan *tearing improver*. Pada proses penyempurnaan anti api ini menggunakan Dymalube DM-3265A sebagai *tearing improver* yang bersifat ionik.

Karakteristik *tearing improver* yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

1. Komponen utama : Emulsi polialkilena
2. Bentuk : Emulsi berwarna putih hingga kekuningan
3. pH : 3,5-5,5

Dalam penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa hilangnya kekuatan mekanik kain dikaitkan dengan dua faktor utama, yaitu depolimerisasi yang dikatalisis asam yang tidak dapat diubah dan ikatan silang selulosa yang dapat diubah molekul. Keasaman asam polikarboksilat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan kekuatan tarik kapas yang diolah.

Pada suhu tinggi, asam polikarboksilat mendepolimerisasi selulosa. Pengikatan silang selulosa molekul-molekul meningkatkan kerapuhan serat kapas dan pada gilirannya mengurangi kekuatan ikatan silang kain. Besarnya kehilangan kekuatan tarik ditingkatkan dengan peningkatan derajat ikatan silang. Pengurangan kekuatan sobek mungkin disebabkan oleh hasil dari peningkatan ikatan silang molekul selulosa, yang pada gilirannya mengurangi daya tarik kekuatan kain yang berikatan silang seperti yang disebutkan sebelumnya.

2.2.6.3 Katalis

Katalis ditemukan oleh J.J. Berzelius pada tahun 1836 sebagai komponen yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia, namun tidak ikut bereaksi. Definisi katalisator adalah suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen. Namun pada akhir reaksi katalis tidak tergabung dengan senyawa produk reaksi. Entalpi reaksi dan faktor-faktor termodinamika lainnya merupakan fungsi sifat dasar dari reaktan dan produk, sehingga tidak dapat diubah dengan katalis. Adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain

Pada proses penyempurnaan anti api ini menggunakan asam fosfor (*phosphoric acid*) sebagai katalis. Asam fosfat adalah asam utama yang digunakan dalam industri kimia yang dihasilkan dengan hidrasi fosfor petoksida. Asam fosfat komersial memiliki 75-85%. Asam murninya adalah senyawa kristalin (mp. 42,35°C). Fosfor dapat bersenyawa dengan logam aktif, seperti alkali dan alkali

tanah, membentuk senyawa ion. Senyawa ionik asam fosfat mengalami interaksi antar ion dalam sistem larutan, baik antara sesama ion maupun dengan ion yang lain.

Pemilihan asam fosfor (*phosphoric acid*) sebagai katalis dikarenakan senyawa ini tergolong sebagai asam poliprotik yaitu asam yang dapat memberikan dua atau lebih proton pada ionisasi (Daryono, 2015)

