

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembatikan

Pembatikan atau membuat batik adalah suatu proses pekerjaan dari mori batik menjadi kain batik.

Secara umum proses pembatikan terdiri dari 5 tahap, yaitu :

1. Proses persiapan

a) Proses persiapan bahan baku mori, terdiri dari proses-proses penyediaan mori, perendaman, pengetelan, penganjian tipis, penghalusan permukaan mori, dan pemolaan. Adapun maksud dari tahapan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Perendaman dan pengetelan, dimaksudkan untuk menstabilkan dimensi, menghilangkan kanji dan zat finish lain,
- Penganjian tipis dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga memudahkan proses pembatikan dan penghilangan lilin batik,
- Penghalusan permukaan mori dilakukan agar pemolaan dapat lebih mudah dilaksanakan.

b) Proses persiapan bahan baku lilin batik, lilin batik dibuat dari bermacam-macam bahan yang dicampur menjadi satu dengan perbandingan tertentu sesuai dengan sifat lilin yang dikehendaki. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin batik terdiri

dari gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan, tetapi tidak semua bahan tersebut di atas ada dalam pembuatan lilin batik.

2. Proses pematikan

Adalah proses pelekatan lilin batik pada mori batik sesuai dengan pola yang diinginkan. Ada 2 cara yang dapat dilakukan dalam proses pelekatan lilin batik, yaitu :

a) Pelekatan lilin dengan alat canting tulis, urutan pengerjaannya sebagai berikut :

- Pematikan Klowong,
- Pematikan Isen-isen,
- Pematikan Tembakan.

Ketiga tahapan pematikan dengan alat canting tulis dikerjakan pada dua permukaan.

b) Pelekatan lilin dengan alat cap, urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut :

- Pencapan Klowong dan Isen-isen.
- Pencapan Tembakan.

Untuk bahan mori yang tebal dan rapat kedua urutan pencapan dilakukan pada kedua permukaan bahan, sedangkan untuk bahan mori yang tipis pencapan dilakukan hanya pada satu permukaan saja.

3. Proses pewarnaan

Proses pewarnaan batik dilakukan pada suhu kamar dan secara garis besar dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- a) Pewarnaan secara coletan, jenis warna yang digunakan antara lain zat warna rapid, zat warna indigosol dan zat warna reaktif.
- b) Pewarnaan secara celupan, zat warna yang digunakan dalam pewarnaan batik secara celupan antara lain zat warna naphthol, zat warna indanthrene, zat warna reaktif dan zat warna soga alam.

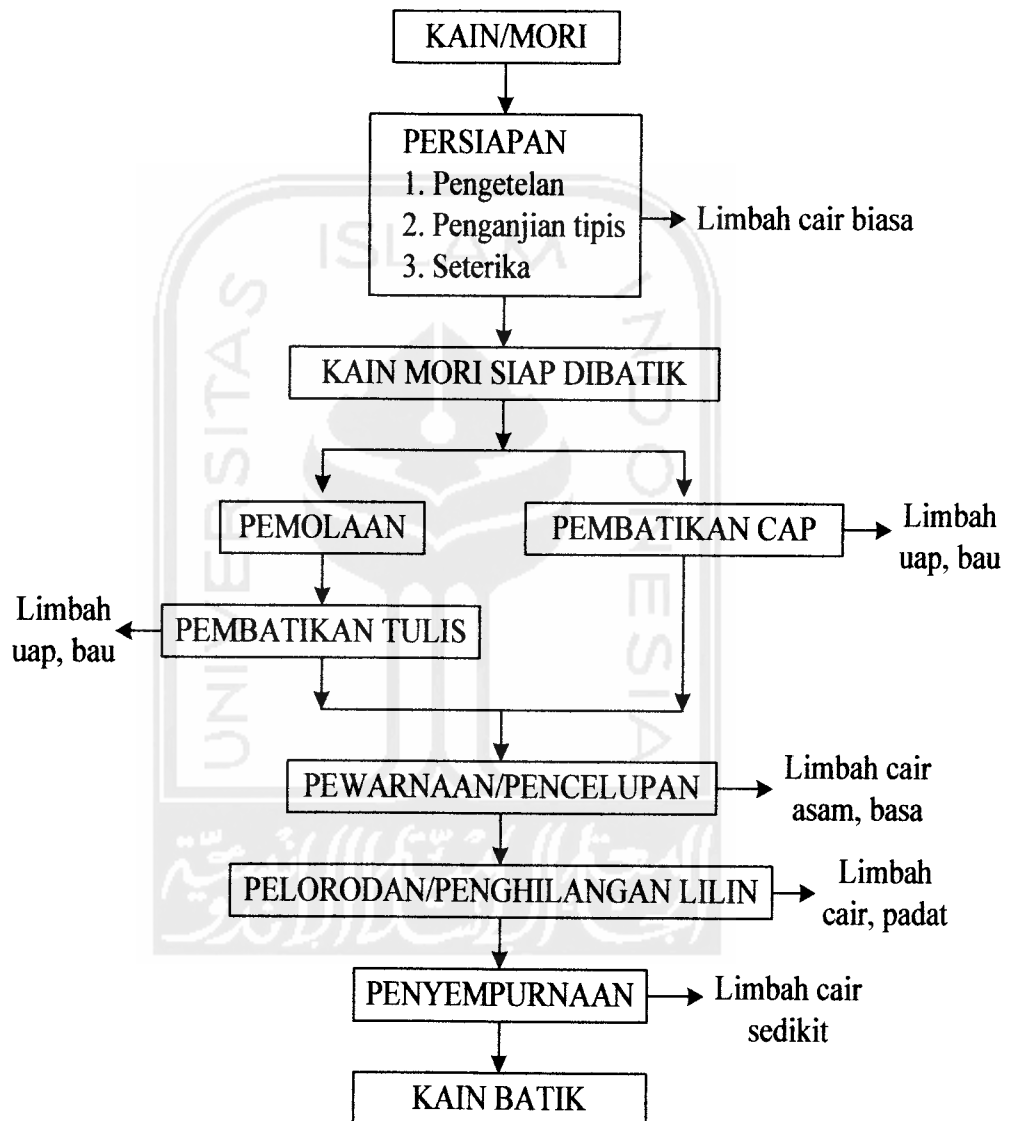
4. Proses pelepasan lilin batik

Terdiri dari 2 cara pelepasan, yaitu :

- a) Proses kerokan (proses pelepasan sebagian lilin), adalah proses pelepasan sebagian lilin batik dengan cara dikerok dan untuk penyempurnaan proses ini diperlukan adanya penyikatan dimana terlebih dahulu dalam larutan kostik soda.
- b) Proses lorodan (proses pelepasan seluruh lilin), adalah proses pelepasan lilin batik dengan cara direbus dalam air mendidih yang diberi kanji atau soda atau natrium silikat tergantung jenis bahan zat warna yang digunakan supaya proses pelepasan lilin secara keseluruhan dapat sempurna.

5. Proses penyelesaian

Maksud dari proses penyelesaian adalah memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan, termasuk meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan (Anonim, 1985).



Gambar 2.1. Alur proses pembuatan batik beserta limbahnya

Sumber : Anonim,1997

2.2. Air Limbah Batik

Air limbah batik adalah kotoran yang berasal dari industri batik yang di dalamnya tersusun atas komponen air dan bahan padat yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang sudah tidak dipergunakan lagi dan berdampak membahayakan kesehatan manusia, merugikan ekonomi, merusak atau membunuh kehidupan dalam air dan dapat merusak keindahan (Sugiharto, 1987).

2.2.1. Karakteristik Air Limbah Batik

Karakteristik air limbah dapat digolongkan dalam sifat fisika, kimia dan biologi, namun untuk limbah cair industri kecil batik biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia.

1. Karakteristik Fisika

Parameter yang termasuk karakteristik fisik, yaitu :

a. Zat padat (*solid*)

Limbah cair industri batik juga mengandung zat padat.

Berdasarkan ukuran partikel, zat padatnya dibedakan dalam padatan terlarut, koloid dan suspensi. Dalam industri batik beberapa zat warna dan kimia merupakan padatan terlarut misalnya

: larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam, zat pembasah.

Sedang yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi misalnya :

gabungan zat warna Naphtol dan garam Diazo, zat warna

Indigosol, Rapid, tapioka, lilin batik.

b. Suhu

Suhu limbah cair batik terutama ditimbulkan dari proses yang menggunakan pemanasan.

c. Bau

Bau berasal dari bahan volatil, gas terlarut, pembusukan bahan organik.

d. Warna

Warna limbah cair batik terutama ditimbulkan oleh sisa-sisa zat warna yang masih ada dalam bekas larutan proses pencelupan. Selain mengganggu keindahan, beberapa zat warna diduga bersifat racun. Warna pada limbah cair industri batik umumnya sukar dihilangkan. Genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

2. Karakteristik Kimia

Parameter yang termasuk karakteristik kimia dinyatakan dalam indikasi berikut :

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen terlarut dalam air limbah yang dipakai untuk menguraikan sejumlah senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi dan waktu tertentu.

Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil lima hari sehingga sering ditulis dengan BOD₅.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan pada kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987). COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air.

Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO₂ dan air dengan perantara oksidator kuat dalam suasana asam.

c. pH

pH merupakan parameter penting untuk kehidupan biota air, tanaman dan industri. Limbah cair dikatakan bersifat asam apabila $\text{pH} < 7$ dan alkalis atau basa apabila $\text{pH} > 7$. Air limbah proses pencelupan batik, ada yang bersifat asam dan adapula yang bersifat basa.

d. Logam berat

Zat warna merupakan senyawa aromatik kompleks yang pada umumnya sukar diuraikan. Beberapa jenis zat warna mengandung logam-logam berat seperti Cr dan Cu, misalnya zat warna Ergan Soga. Disamping zat warna beberapa zat pembantu pencelupan juga mengandung unsur-unsur logam berat seperti : senyawa-

senyawa khrom asetat, kalium bikromat, kalium permanganat. Zat warna Ergan Soga dan zat-zat pembantu seperti di atas sudah tidak dipakai lagi dalam pematikan.

2.2.2. Bahan Pencemar Limbah Batik

Pada setiap proses pembuatan batik akan menimbulkan bahan yang dapat mencemari lingkungan seperti dilihat pada Tabel 2.1. dan karakteristik limbah cair industri batik pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik

No	Jenis Proses	Zat-zat Pencemar	Bahan pencemar
1.	Persiapan	Kanji, minyak kacang, soda abu.	Rendah (cair).
2.	Pematikan	Uap lilin batik.	Kontak langsung (gas).
3.	Pewarnaan		
	a. Naphtol	Naphtol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji.	Sangat tinggi (cair).
	b. Indigosol	Indigosol, NaNO ₂ , HCl, H ₂ SO ₄ , TRO, Kanji.	
	c. Reaktif Dingin	Reaktif, NaCl, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SiO ₄ , TRO, Kation Aktif, Kanji.	
	d. Rapid	Rapid, NaOH, Kanji.	
	e. Indanthreen	Indanthreen, NaOH, Na ₂ S ₂ O ₄ , TRO, NaCl, H ₂ O ₂ , CH ₃ COOH, Kanji.	
4.	Pelepasan lilin batik	Lilin batik, minyak, Lemak, kostik soda, soda abu dan kanji.	Tinggi (cair, padat).
5.	Penyelesaian	Kanji, zat resin finishing.	Rendah (cair).

(Sumber : Anonim, 1997)

Tabel 2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik

No	Parameter	Satuan	Nilai
1.	pH	-	5.8
2.	BOD	mg/l	1260
3.	COD	mg/l	3039.7
4.	TSS	mg/l	855
5.	Minyak/Lemak	mg/l	60.0
6.	Phenol	mg/l	0.926
7.	Warna	PtCo	185
8.	Nitrat	mg/l	82.17
9.	Cr	mg/l	0.0
10.	Sisa Klor	mg/l	-

(Sumber : Anonim, 1997)

Tabel 2.3. Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Batik

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1.	BOD	mg/l	50
2.	COD	mg/l	100
3.	TSS	mg/l	200
4.	Minyak dan lemak	mg/l	5
5.	pH		6,0 – 9,0

(Sumber : Kep. Gubernur Kepala DIY No : 281/KPTS/1998)

2.3. Pengolahan Air Limbah Batik

Pengolahan air limbah batik merupakan suatu usaha untuk mengurangi konsentrasi bahan pencemar dalam air limbah batik sehingga aman untuk dibuang ke badan air penerima, sedangkan maksud dan tujuan pengolahan air limbah adalah untuk menghilangkan unsur-unsur pencemar dari limbah dan untuk mendapatkan effluen dari pengolahan yang berkualitas dan dapat diterima oleh badan air tanpa gangguan-gangguan fisik, kimia, dan biologi (Sumber : Anonim, 1985).

Biaya yang diperlukan untuk mengolah air limbah antara lain ditentukan oleh tujuan pengolahan air limbah, apakah air limbah hanya akan diolah dengan tujuan akan dibuang, atau akan diolah untuk dipergunakan kembali. Pengolahan air limbah dengan tujuan untuk dipergunakan kembali, biasanya akan memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan apabila pengolahan air limbah hanya akan dibuang ke lingkungan. Lingkungan/badan air tempat pembuangan air limbah juga menentukan sampai seberapa jauh pengolahan air limbah harus dilaksanakan (Ir. Valentinus Darsono, Ms, 1995).

Ada tiga cara pengolahan air limbah batik berdasarkan karakteristik, yaitu:

1. Pengolahan limbah cair secara fisik

Bertujuan untuk menyisahkan atau memisahkan bahan pencemar tersuspensi atau melayang yang berupa padatan dari dalam air limbah. Pengolahan limbah cair secara fisik pada industri batik misalnya penyaringan dan pengendapan. Proses penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau padatan terapung yang relatif besar seperti lilin batik, zat-zat warna, zat-zat kimia yang tidak larut dan kotoran-kotoran pada limbah cair. Proses penyaringan ini dilakukan sebelum limbah tersebut mendapatkan pengolahan lebih lanjut. Sedangkan proses pengendapan ditujukan untuk memisahkan padatan yang dapat mengendap dengan gaya gravitasi.

- b) Reaktor pertumbuhan lekat, di dalam reaktor ini mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Pertumbuhan mikroba akan melekat bila mikroorganisme tumbuh pada medium padat sebagai pendukung dan aliran limbah kontak dengan mikroorganisme.

Proses pembentukan pertumbuhan melekat dapat diuraikan sebagai berikut: bahan organik dalam limbah cair akan merangsang pertumbuhan biologi pada permukaan media. Pertumbuhan mula-mula terbentuk dalam daerah-daerah dimana aliran tidak mencucinya dari media dan akan menyebar ke seluruh media. Bahkan dalam sistem yang hangat pertumbuhan mikroba berlangsung cepat. Proses ini dibutuhkan periode waktu yang cukup untuk pertumbuhan mikroba menjadi mapan dalam penyaring serta terjadinya kondisi penampilan yang seimbang. Periode ini dapat terjadi antara 4 sampai 6 minggu.

Setelah lapisan mikroba pada media telah mapan, limbah cair yang dialirkan akan membentuk gelombang turbulen diantara limbah dan lapisan cairan dalam permukaan mikroba.

Bahan organik dalam limbah dipindahkan ke dalam lapisan cairan dan produk hasil metabolisme limbah dipindahkan dari lapisan cairan ke dalam limbah. Perpindahan ini berlangsung secara kontinyu sesuai dengan kedalaman media.

Lapisan luar mikroorganisme terkena lapisan cairan yang terikat dan memecah sebagian besar limbah. Oleh karena hanya permukaan lapisan mikroba yang mendapat sebagian besar makanan dan oksigen, mikroorganisme yang terikat pertumbuhan mikroba pada media mati dan diangkut dari media oleh aliran limbah. Pertumbuhan mikroba menjadi mapan kembali dalam daerah dimana pertumbuhan yang lebih tua telah dihilangkan, daur ini berlangsung secara kontinyu.

Proses pengolahan secara biologi pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis :

- Proses aerob, yang berlangsung dengan adanya oksigen,
- Proses anaerob, adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikrobial yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas,
- Proses fakultatif, adalah kombinasi aerobik dan anaerobik pada jenis mikroorganisme berklorofil *phytoflagellata*, dan ganggang hidup disini. Dengan mengkonsumsi anorganik material dan CO₂ yang dihasilkan bakteri dalam dekomposisi bahan organik (Metcalf and Eddy, 2003).

2.4. Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Pengolahan secara biologi adalah pengolahan yang memanfaatkan mikrobial untuk pembusukan dan untuk menghilangkan koloid dan bahan-bahan organik dari air limbah dengan pemberian oksigen yang cukup untuk

mempertahankan kehidupan mikroorganisme dan memelihara kondisi anaerobik. Dalam pengolahan ini sejumlah besar jenis bakteri dan protozoa yang ada pada limbah tertentu menimbulkan satuan-satuan pengolahan dengan pengaturan air limbah yang baik. Adanya sirkulasi dari mikroorganisme yang mengendap, oksigen yang tersedia dan unsur-unsur, kultur biologi yang diinginkan menjadi ada dan disimpan untuk proses zat-zat pengatur (Hammer, 1977).

Demi kesinambungan dan fungsi proses biologi yang baik, mikroorganisme membutuhkan sumber energi dan sumber-sumber karbon untuk pembentukan sel-sel baru, bahan-bahan yang penting juga dalam pembentukan sel antara lain sulfur, potasium, calcium, dan magnesium. Sedangkan dua macam sumber karbon yang umum digunakan untuk pembentukan sel adalah oksigen dan bahan organik. Mikroorganisme dalam pengolahan biologi digunakan untuk mengubah bahan organik. Karbon yang larut dan bersifat koloid menjadi bermacam-macam gas dan membentuk sel baru. Oleh karena mikroorganisme mempunyai berat jenis yang sedikit lebih besar dari padatan tersuspensinya maka dapat diendapkan secara spontan. Nutrien dan substrat organik dan anorganik air limbah kadang-kadang merupakan bahan pembatas bagi sintesa sel dan pertumbuhannya sehingga penambahan nutrien ke dalam air limbah diperlukan.

2.4.1. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik

Untuk mengurangi bahan polutan maka berbagai metode teknik pengolahan air limbah tersebut secara umum dilakukan seperti pengolahan secara fisika seperti screening, filtrasi, pengendapan dan flotasi dapat merupakan proses

pendahuluan untuk menyisihkan bahan tersuspensi atau melayang dalam air buangan, pengolahan secara kimia memerlukan penambahan bahan kimia agar terjadi reaksi kimia untuk menyisihkan bahan polutan dan pengolahan secara biologi biasanya memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme sebagai hasil pertumbuhan dan menjadi gas-gas (Djayaningrat dan Prapto, 1993).

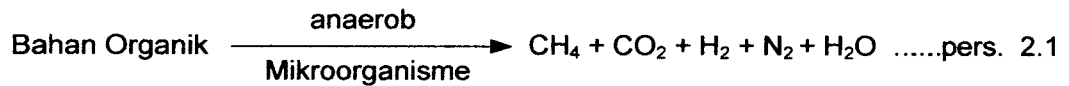
Secara prinsip proses anaerobik hanya mampu mendegradasi air limbah yang mengandung bahan-bahan organik, baik yang berasal dari domestik, industri, pertanian dan lain-lain. Beberapa alasan yang dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam penanganan air buangan antara lain adalah tingginya laju reaksi dibandingkan dengan proses aerobik, kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah.

2.4.2. Pengertian Proses Anaerobik

Proses anaerobik merupakan suatu penguraian bahan organik kompleks yang telah dikenal sejak dahulu dan telah digunakan sejak bertahun-tahun untuk pengolahan buangan melalui endapan lumpur primer dan sekunder.

Degradasi bahan organik dalam suasana anaerobik hanya dapat dilakukan dengan bantuan mikroorganisme anaerobik tanpa memerlukan adanya oksigen. Pada dekomposisi anaerobik hasil proses penguraian bahan organik memproduksi

biogas yang mengandung metana (50-70%), CO₂ (25-45%) dan sejumlah kecil unsur H₂, N₂, H₂S (Price, 1981).



2.4.3. Mikroorganisme Dalam Proses Anaerobik

Perombakan bahan organik menjadi metana dan karbondioksida merupakan fermentasi anaerob yang sangat kompleks karena melibatkan peran serta beberapa macam mikroba. Namun secara garis besar mikroba yang berperan pada proses fermentasi anaerob tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Bakteri pembentuk asam (*Acidogenic bacteria*), yang merombak senyawa-senyawa organik menjadi asam – asam organik, karbondioksida, hidrogen, NH₄, dan H₂S.
2. Bakteri pembentuk asetat (*Acetogenic bacteria*), yang mengkonversikan asam-asam organik dan senyawa netral yang lebih besar dari metanol menjadi asetat, CO₂ dan hidrogen.
3. Bakteri penghasil metana, yang berperan dalam konversi asam – asam lemak, CO₂ dan hidrogen menjadi metana dan CO₂.

Bakteri metana adalah bakteri yang memegang peranan penting dan aktif dalam proses perombakan anaerob. Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus, yaitu :

- a. Bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora dinamakan *Methanobacterium*.
- b. Bakteri bentuk batang dan membentuk spora adalah *Methanobacillus*.
- c. Bakteri bentuk kokus, yaitu *Methanococcus* atau kelompok yang membagi diri.
- d. Bakteri bentuk sarcinae pada sudut 90° dan tumbuh dalam kotak yang terdiri dari 8 sel yaitu *Methanosarcina*.

Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi Hidrogen dengan menggunakan CO₂ sebagai akseptor elektron.

Reaksi tersebut akan menghasilkan energi, sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan CO₂ tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari bakteri *Genus Methano* yang mempunyai kemampuan penggunaan substrat yang sangat spesifik atau dinamakan "*Substrate specific*".

2.4.4. Mekanisme Proses Anaerobik

Proses penguraian bahan organik dengan sistem anaerobik berlangsung terus menerus karena adanya proses pemutusan rantai-rantai polimer kompleks menjadi rantai-rantai sederhana yang dipengaruhi oleh kerja bakteri anaerob dan enzim-enzim, serta tanpa memerlukan oksigen.

Penguraian secara anaerobik sering pula disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metana.

Proses pengolahan anaerobik dalam pengolahan biologi terjadi dalam tiga pemecahan bahan organik yang menghasilkan gas metana, yaitu :

a) Hidrolisis

Disebut juga dengan proses pencairan. Bahan-bahan organik pertamanya harus diuraikan terlebih dahulu menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dan dapat diasimilasi oleh sel bakteri.

Penguraian senyawa organik kompleks, seperti lipid, protein dan karbohidrat menjadi molekul yang lebih sederhana yaitu gula, asam-asam lemak, asam amino, peptida dan gliserol dalam suasana anaerobik dan dipengaruhi oleh cara kerja reaksi enzim-enzim ekstra seluler seperti selulosa, amilase dan lipase.

b) Proses pembentukan asam

Selain menjadi bentuk molekul yang lebih sederhana, terjadi proses pembentukan senyawa-senyawa asam melalui proses fermentasi dahulu. Proses fermentasi ini berlangsung cepat, mengurai hasil hidrolisis menjadi senyawa hidrogen (format), bikarbonat piruvat, alkohol dan asam lemak yang lebih sederhana (asetat, butirrat dan propionat). Pembentukan asam dari senyawa-senyawa organik sederhana (monomer) dilakukan oleh bakteri-bakteri penghasil asam

yang terdiri dari sub divisi *acids/farming bacteria* dan *acetogenic bacteria*. Asam propionat dan butirat diuraikan oleh bakteri acetogenik menjadi asam asetat.

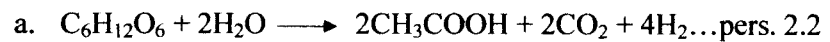
c) Proses pembentukan metana

Proses ini dapat disebut dengan fermentasi metan sebagai fase pembentukan gas metana baik dari senyawa asetat maupun dari H dan CO₂. Proses ini menggunakan bakteri methanogen, contohnya sub divisi *acetocalstic methane bacteria*, bakteri pengguna asam asetat dan *methanospirilcum hungatei* pengguna hidrogen. Sehingga terjadi beberapa proses reaksi tergantung bakteri yang berperan.

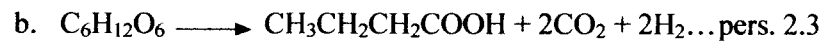
Bakteri metana sangat sensitif terhadap : pH, bila pH dibawah 6 maka pembentukan metana akan berhenti, komposisi substrat dan suhu yaitu suhu mesofil (26° – 43°C) dimana bakteri sangat aktif dan suhu termofilik (45° – 65°C) (Price, 1981). Bakteri metana tumbuh sangat lambat tetapi mempunyai kemampuan untuk mempertahankan diri dalam waktu lama sampai tahunan asalkan suhu stabil di bawah 15°C. Hal ini merupakan hal yang menguntungkan bagi industri yang memakai instalasinya secara musiman.

Urutan mekanisme pengolahan anaerobik air buangan dapat dinyatakan dalam bentuk seperti dibawah ini, dengan glukosa sebagai sampel :

1. *Acid forming bacteria* menguraikan senyawa glukosa menjadi :



(as. Asetat)

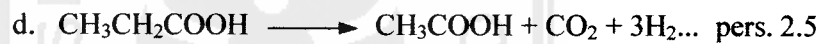


(as. butirat)



(as. propionat)

2. *Acetogenic bacteria* menguraikan asam propionat dan asam butirat menjadi :



(as. asetat)



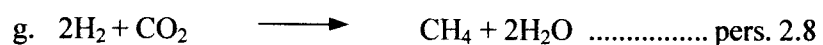
(as. asetat)

3. *Acetoclastic methane* menguraikan asam asetat menjadi :



(metana)

4. *Methane bacteria* mensintesa hidrogen dan karbondioksida menjadi :



(metana)

2.4.5. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Anaerobik

Proses anaerobik banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor baik dari luar maupun di dalam proses. Dalam kondisi optimum, sangat mempengaruhi mikrobial di dalam proses dan mekanisme penguraian bahan organik serta produksi hasil akhir.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik yaitu :

1) pH

Proses konservasi anaerobik berhasil baik pada pH mendekati netral. Intensitas pH akan mempengaruhi kelarutan dan perilaku reaksi dari pengaruh potensi lain substansi, termasuk bahan organik dan anorganik. Proses anaerobik ini dipengaruhi oleh pH optimum yang berbeda, antara lain pH 6,9 – 7,2, 6,6 – 7,7 dan 6,6 – 7,6 (Price, 1981). Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan karena pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur hingga pH mencapai 6,5 – 7,5. Bahan-bahan kimia yang bersifat basa yang biasa ditambahkan diantaranya : NaOH, NaHCO₃, NaCO₃, ataupun Ca(OH)₂.

2) Suhu

Meskipun asam organik yang terbentuk sangat tinggi dan akan mempengaruhi proses fermentasi metana, namun sebetulnya perubahan asam tersebut tidak sebesar apabila terjadi penurunan suhu pada sistem. Penurunan suhu akan menyebabkan gagalnya proses fermentasi tersebut. Bakteri – bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu 40°C hingga 45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sebesar 37°C hingga 40°C, sedangkan pada bakteri yang bersifat termofilik yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50°C – 65°C, suhu optimumnya adalah 55°C.

3) Kelembaban

Kelembaban dibutuhkan oleh semua bakteri, tetapi mereka dapat menyesuaikan kondisi dalam jumlah kelembaban yang rendah untuk memecahkan kalarutan nutrient (Price, 1981). Kelembaban yang dibutuhkan bakteri dalam proses anaerob 60% - 78%.

4) Karakteristik fisik substrat

Limbah cair banyak mengandung bahan-bahan baik yang terlarut maupun tidak terlarut ataupun partikel, tergantung pada karakteristik limbah tersebut. Karakteristik fisik dapat dilihat sebagai partikel padatan dari limbah, menunjukkan bahwa ukurannya perlu diperhatikan pengaruhnya dalam proses anaerobik, khususnya produksi gas. Berpengaruh karena peningkatan kepadatan limbah akan

mengurangi produksi gas dan hasil tersebut diharapkan terjadi sejak kepadatan mengurangi efektifitas permukaan enzim hidrolis.

5) Nutrisi

Bahan – bahan organik biasanya mengandung nutrisi cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur Nitrogen, Karbon dan fosfat layak untuk diperhitungkan yaitu besarnya dalam perbandingan Karbon, Nitrogen dan Fosfat = 150 : 55 : 1 bagian. Kekurangan unsur Nitrogen atau Fosfat dapat ditambah dari luar, yaitu dengan penambahan ammonium fosfat atau ammonium klorida.

Kebutuhan makronutrien pada air buangan yang bersifat asam melalui perbandingan COD : N : P = 1000 : 5 : 1, dan C : N : P = 350 : 5 : 1.

Kebutuhan mikronutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri anorganik yaitu : Ni, Co, Fe, dan Mn.

6) Kation

Semua kation-kation berkemampuan untuk menghasilkan pengaruh racun pada organisme-organisme jika dengan konsentrasi yang cukup tinggi, tetapi daya racunnya bervariasi. Biasanya, daya racunnya sesuai dengan valensi dan berat atom.

Efek yang terjadi dari daya racun, pada antagonisme dan daya rangsang. Pengaruh kation terhadap pengolahan anaerobik terdapat

pada fungsi semua jenis dan konsentrasi kation-kation untuk ion monovalen 0,01 M, divalen 0,005 M.

Logam berat juga memiliki daya racun yang lebih pada proses anaerobik tergantung pada bentuk kimianya seperti timah hitam, merkuri, krom kadmium, seng, tembaga, nikel dan besi (Price, 1981).

7) Standar pembatasan proses

Kekurangan dalam beberapa nutrien yang penting atau beberapa kofaktor, tentunya memiliki pengaruh dari standar pembatasan proses di dalam reaksi ditentukan dalam keikutsertaan reaksi tersebut. Ada 4 langkah batas ukuran yang potensial dalam konversi anaerobik selulosa menjadi metana, yaitu : konversi selulosa menjadi gula terlarut oleh enzim-enzim, pembentukan asam volatil oleh bakteri pembentuk asam, konversi asam volatil menjadi karbondioksida dan metana oleh bakteri metana, perpindahan hasil tidak terlarut dari cairan ke fase gas (Price, 1981).

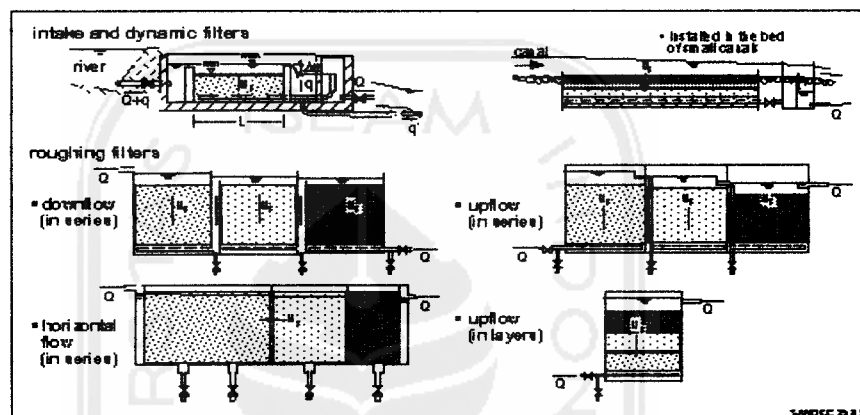
2.5. Pengolahan Air Buangan Dengan *Roughing Filter*

2.5.1. Teknologi *Roughing Filter*

Roughing Filter adalah proses yang lebih efektif untuk meremoval material padatan dari pada sedimentasi. *Roughing filter* utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air.

Roughing filter biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium *filter* kasar

untuk selanjutnya menuju *filter* inlet. Medium yang berikut dan media *filter* yang baik mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi. *Roughing filter* dioperasikan pada *hydraulic loads* yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3 – 1,5 m/h. *Design* dan aplikasi *roughing filter* sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2. Lay out umum dari *roughing filter*

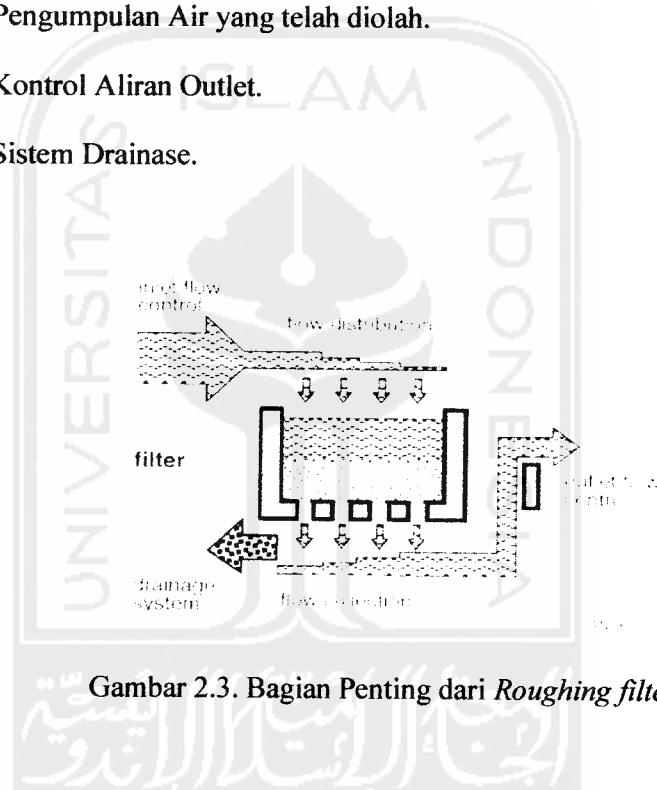
Roughing filter seringkali diprioritaskan sebagai teknologi *pretreatment* untuk rencana suplai air perkotaan. Tipe *filter* yang berbeda dikembangkan untuk melihat variasi kualitas air baku. *intake* dan *dynamic filters* sering diaplikasikan sebagai *pretreatment* pertama diikuti oleh *roughing filters* yang dioperasikan menjadi *filter* aliran vertikal atau horizontal. Prefilter dan *roughing filter* secara ekstensif keduanya digunakan pada rencana penyediaan air pada beberapa negara berkembang dan rencana air bawah buatan di negara industri. *Intake filter* mampu mereduksi material padatan 50-70% dan *roughing filter* mampu memisahkan material partikulat 90% lebih.

2.5.2. Bagian Penting Dari *Roughing Filter*

Bagian penting dari *filter* adalah bagian yang terdiri dari material *filter*.

Sebuah *filter* terdiri dari 6 elemen, seperti yang terlihat pada gambar 2.2, yaitu:

1. Kontrol aliran inlet.
2. Distribusi Air Baku.
3. Penyaring (*Filter*).
4. Pengumpulan Air yang telah diolah.
5. Kontrol Aliran Outlet.
6. Sistem Drainase.



Gambar 2.3. Bagian Penting dari *Roughing filter*

1. Kontrol aliran inlet

Inflow ke sebuah *filter* harus dikurangi pada pemberian debit dan dipertahankan. Sangat penting untuk mempertahankan kondisi aliran agar konstan untuk mencapai operasi *filter* yang efisien.

2. Distribusi Air Baku

Pendistribusian Air Baku di *filter* harus homogen untuk mencapai kondisi aliran yang seragam pada *filter*, karena itu aliran dari pipa atau saluran harus sama rata didistribusikan ke seluruh permukaan *filter*.

3. *Filter*

Filter terdiri dari tingkatan material *filter*. Bentuk kotak *filter* normalnya rektangular dengan dinding vertikal. Tetapi hal ini tergantung dari teknik konstruksinya, sirkular dan dinding yang miring juga bisa di bangun. Biasanya yang digunakan sebagai media *filter* adalah *gravel* disekitar sungai atau pecahan batu-batu dengan ujung atau teri yang tajam. Meskipun, banyak dari material yang tahan untuk kecepatan mekanik, tidak larut dan tidak lemah untuk kualitas air (warna atau bau) dapat digunakan sebagai media filter.

4. Pengumpulan Air yang telah diolah

Harusnya juga seragam ke seluruh *filter*, untuk aliran horizontal, konstruksi dengan dinding berlubang pada kamar. Outlet adalah penting untuk pengumpulan dari air yang diolah.

5. Kontrol Aliran Outlet

Kontrol aliran outlet mencegah *filter* dari kekeringan. Pembersihan secara hidroulik dari sebuah pengeringan RF yang dipenuhi dengan akumulasi *solid* adalah sangat sulit jika bagian tidak memungkinkan. Karena itu, semua RF harus dioperasikan di bawah kondisi jenuh. Sebuah *weir* dan pipa *effluent* aerasi mempertahankan air di atas *level*

filter bed. Lagi pula, sebuah bendungan *V-Notch* boleh digunakan untuk pengukuran pada *outlet filter*.

6. Sistem Drainase

Sistem drainase dari *roughing Filter* disiapkan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu:

1. Untuk pembersihan filter secara hidraulik
2. Untuk melengkapi dari kegiatan pemeliharaan atau perbaikan.

2.5.3. Pembersihan *Filter*

- *Filter intake*, bahan padat terutama terakumulasi pada lapisan *filter* atas. *Filter intake* biasanya dibersihkan secara manual dengan sebuah penggaruk dan sekop sekali seminggu. Langkah pertama dalam proses pembersihan adalah dekat katup pada batas air sebelum *filter*. Kemudian, katup kontrol dibuka untuk meningkatkan aliran horizontal dalam kotak *filter* kira-kira 0,20 m/s – 0,40 m/s. Aliran sepanjang permukaan *filter* dapat pula ditingkatkan dengan mendekatkan *inlet filter* secara paralel dan mengarahkan aliran total air ke dalam unit *filter* untuk dibersihkan.

Pembersihan manual seharusnya mulai pada batas atas *filter* dan berlanjut dalam arah aliran untuk menghindari endapan yang menempel di kerikil. Kerikil *filter intake* harus dibersihkan secara lengkap kira-kira sekali setahun.

Operasi *filter* dimulai kembali dengan mengalirkan air *prefilter* ke dalam sungai, atau membuangnya sampai kembali bersih. Kemudian, air yang belum diolah dapat dialirkan kembali ke *filter* berikutnya dari rencana pengolahan.

- *Filter* dinamis juga merupakan *filter* permukaan, dibersihkan secara manual. Prosedur pembersihan mirip dengan *filter intake*. Bagaimanapun *filter* dinamik harus dibersihkan setelah setiap turbiditas air yang tinggi bahkan atau ketika resistensi *filter* secara gradual meningkat sepanjang periode lama tanpa puncak turbiditas. Membersihkan *filter* dinamik mudah karena *area filter* yang relatif kecil sebagai akibat dari penetapan angka filtrasi yang tinggi.

- *Filter* kasar terutama dibersihkan secara hidrolis tetapi jika perlu bisa juga secara manual. Pembersihan teratur media *filter* penting untuk operasi *filter* yang baik.

Pada *filter* kasar aliran horizontal sangat penting untuk memulai prosedur pembersihan pada sisi dalam karena kebanyakan *solid* ditahan dalam bagian *filter* ini. Suatu pengaliran yang cepat pada bagian belakang *filter* akan mencuci gumpalan bahan *solid* pada titik drainase tersebut dan meningkatkan resiko tersumbatnya bagian *filter* yang halus.

Pada *filter* kasar aliran vertikal, setiap kompartemen *filter* dapat di drain secara terpisah. Sehingga dapat membersihkan kompartemen *filter* spesifik secara individual atau bagian *filter* jika dasar *filter* palsu

dibagi menjadi *segmen-segmen*. *Backwashing filter konvensional* seperti yang diterapkan dalam filtrasi pasir cepat tidak mungkin karena lapisan *filter* dari *filter* kasar tidak dapat di *fluidised*.

2.6. Parameter-parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

1) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisis BOD dan COD dari suatu air limbah dan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD (Jenie dan Winiati, 1993).

Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan banyak faktor antara lain :

- a) Bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak tahan terhadap oksidasi kimia seperti lignin.
- b) Bahan kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak dalam uji BOD₅ hari seperti sellulosa, lemak berantai panjang atau sel-sel mikroba.
- c) Adanya bahan toksik dalam limbah yang akan mengganggu uji BOD tetapi tidak uji COD.

2) Warna

Zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan atau organik kepada suatu bahan sehingga berwarna. Warna air

limbah dapat dibedakan dalam "*true colour*" yaitu warna yang disebabkan hanya oleh bahan-bahan yang terlarut di dalam air limbah tersebut. Dan "*apparent colour*" yaitu warna yang disebabkan oleh warna bahan-bahan baik terlarut maupun yang tersuspensi.

Air limbah yang baru dibuang biasanya berwarna keabu-abuan, apalagi senyawa-senyawa organik yang ada mulai dipecah oleh bakteri. Oksigen terlarut dalam air limbah direduksi sampai menjadi nol dan warnanya berubah gelap. Pada kondisi ini dikatakan bahwa air limbah sudah membusuk, warna tersebut dapat pula adanya pewarna tertentu yang mengandung logam-logam berat.

2.a. Penggolongan Zat Warna

Zat warna dibagi menjadi 2, (Anonim, 1991) yaitu :

- 1) Zat warna alam, yaitu zat warna yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang (bahan alam).

➤ Berasal dari tumbuh-tumbuhan

- *Alizarin*

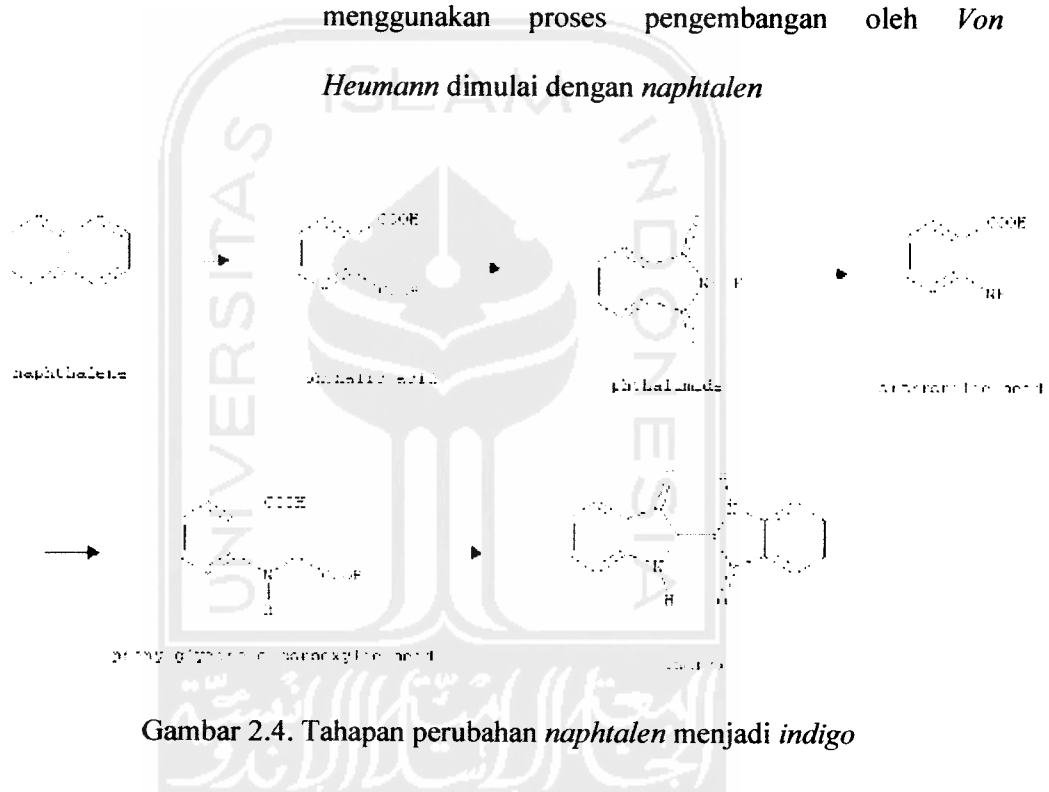
Berupa hablus merah, tidak larut dalam air, dan sedikit larut dalam alkohol dan alkali, larutan berwarna biru. Banyak terdapat pada akar tumbuhan *Rubia tinoturun*.

- *Indigo (nila)*

Merupakan zat warna biru, tahan bila dicuci dan sangat tahan terhadap sinar matahari. Berasal dari tumbuhan

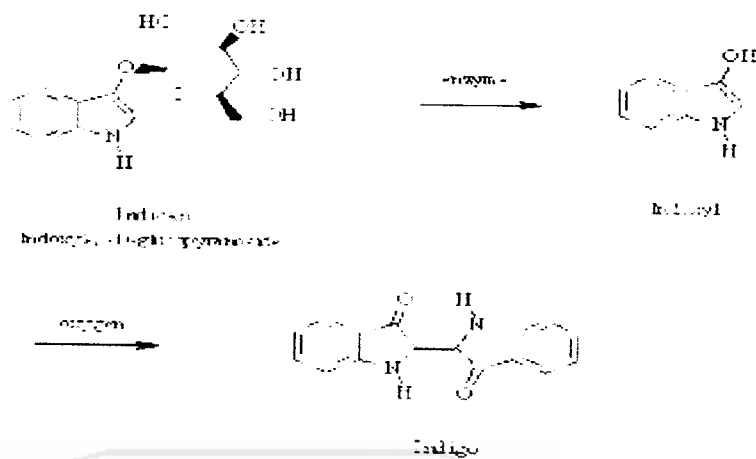
Indigifer tinctoria, dan *Indigofera leptostach*. *Indigo* tidak larut dalam air, sehingga direduksi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ menjadi *Indigo Wit* yang larut dalam air.

Umumnya produksi *Indigo* di dunia adalah 17000 ton/tahun, biasanya 40% diproduksi oleh BASF di *Ludwigshafen*. Yang mana dimulai sejak Juli 1897, menggunakan proses pengembangan oleh *Von Heumann* dimulai dengan *naphthalen*



Gambar 2.4. Tahapan perubahan *naphthalen* menjadi *indigo*

Dalam spesies *indigofera*, pelopor pembentukan dari *indigo* adalah *indican*, berikut ini adalah persenyawaan tanaman yang diubah menjadi *indigo* :



Gambar 2.5. Tahapan perubahan *indican* menjadi *indigo*

- *Indatren biru*

Digunakan sebagai zat warna biru pada bahan pakaian, dimana warna biru tersebut sangat baik dan tahan terhadap sinar matahari.

- Berasal dari mineral : Fe, Cr, Mn (*iron Buff* untuk warna kaki).
- Berasal dari binatang : Kerang (*Tryan purple*), *Cochineal* (*Insecta*), *Lec* (*Insecta merah*).

2) Zat warna sintetik

Sebagai bahan dasar dipakai senyawa hidrokarbon aromatik, misalnya *benzena* dan *naftalena* yang berasal dari batubara dengan cara penyulingan kering tanpa pengaruh udara (Soeparman, 1967).

Berdasarkan cara pemakaiannya, zat warna sintetik dibagi menjadi:

➤ Zat warna langsung

Zat warna langsung disebut *Cat Direc*. Biasanya terdiri dari garam natrium, dari asam sulfonit atau asam sulfat, dapat mencelup serat tumbuhan dan serat binatang dengan langsung.

➤ Zat warna basa

Dapat mencelup serat binatang secara langsung, sukar sekali untuk mencelup serat tumbuhan secara langsung.

➤ Zat warna belerang

Dapat mencelup serat tumbuh-tumbuhan saja, warna agak suram, tahan luntur.

➤ Zat warna asam

Dapat mencelup serat binatang dengan langsung, dapat juga mencelup serat tumbuhan dengan memakai pekerjaan iring.

➤ Zat warna bejana

Berupa bubuk berwarna, tidak larut dalam air. Disebut warna bejana, karena agar dapat digunakan untuk mencelup ditambah larutan kostik soda (sifatnya alkalis) dan natrium hidrosulfat sebagai zat pereduksi.

➤ Zat warna beits

Disebut demikian karena pencelupan harus dengan bantuan obat-obatan lain yang disebut *Mordant (beits)*, yaitu hidroksida-hidroksida dari logam Cr, Al, Fe, Sn.

➤ Zat warna dispersi

Terjadinya zat warna karena dispersi yang merata pada serat.

➤ Zat warna naphthol

Merupakan zat warna yang tidak larut dan terbentuk di dalam serat.

➤ Zat warna reaktif

Karena adanya daya reaksi dari cap terhadap serat dan dapat bereaksi dengan selulosa atau protein, sehingga memberikan tahan luntur warna yang baik.

2.b. Zat Warna Naphtol

Disebut juga zat warna azo, karena timbulnya warna akibat adanya penggabungan antara naphthol dengan garamnya (Anonim, 1991).

Menurut Soeparman (1967), zat warna naphthol dibedakan menjadi :

➤ Beta Naphtol (Zat Es)

Adalah warna zat azo yang lama, jumlah warnanya terbatas yang ada hanya merah, *orange*, biru dan hijau hampir tidak ada. Golongan cat ini mempunyai tahan luntur yang baik,

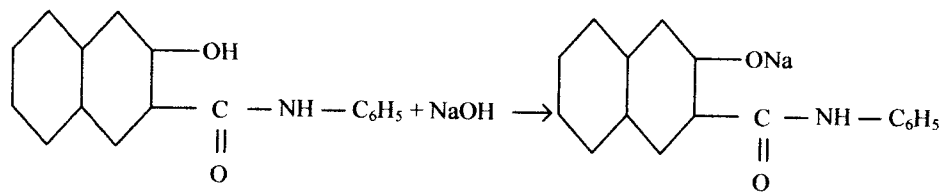
juga tahan klor tetapi tidak begitu tahan terhadap gosokan. Zat warna golongan ini sering disebut zat warna es atau *ice colour*.

➤ Naphtol As

Adalah zat warna azo yang baru, jumlah warnanya banyak dimana hampir semua warna ada. Senyawa-senyawa naphtol As mempunyai daya serap terhadap selulosa sehingga proses pengeringan setelah pencelupan dengan senyawa tersebut tidak perlu dikerjakan lagi. Demikian pula tahan gosok dan hasil celupan lebih baik karena naphtol As sedikit mengadakan migrasi ke dalam garam diazonium sewaktu proses pembangkitan.

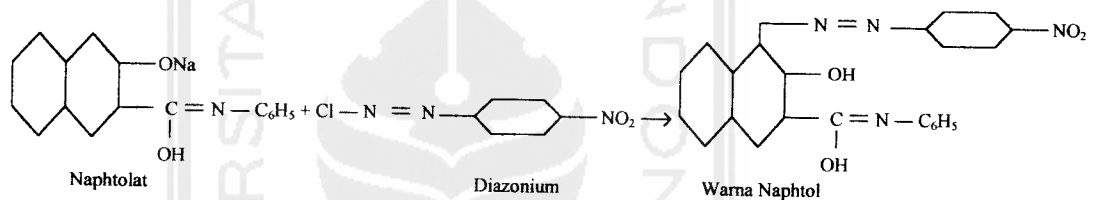
Zat warna naphtol adalah zat warna yang tidak larut dalam air, yang terdiri dari dua komponen yaitu naphtol dan garam diazonium. Komponen naphtol supaya bisa bersenyawa dengan garam diazonium harus diubah menjadi bentuk naphtolat atau larutan dengan penambahan sedikit TRO (*Turkey Red Oil*), air panas dan kostik soda, (Sewan, 1973).

Naphtol AS + larutan kostik soda panas → Naphtolat



Gambar 2.6. Reaksi pelarutan naphtol menjadi naphtolat

Pada proses pembangkitan warna, naphtolat bersenyawa dengan larutan diazonium menjadi naphtol.



Gambar 2.7. Reaksi pewarnaan naphtol

2.7. Hipotesa

Bahwa penggunaan Anaerobik *Horizontal Roughing Filter* dapat menurunkan :

1. Kadar COD dalam air buangan industri batik.
2. Warna dalam air buangan industri batik.