

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

Limbah cair adalah bahan sisa atau buangan dari suatu kegiatan dan proses produksi berupa cairan yang sudah tidak terpakai lagi. Limbah tidak memiliki nilai ekonomi dan daya guna, melainkan dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan sekitar. Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat mencemari lingkungan (Suharto, 2011). Limbah cair merupakan limbah yang dihasilkan dari proses industri yang berwujud cair dan mengandung padatan tersuspensi atau terlarut, akan mengalami 7 proses perubahan fisik, kimia, maupun biologi yang menghasilkan zat beracun dan dapat menimbulkan gangguan ataupun resiko terjadinya penyakit dan kerusakan lingkungan (Kaswinarni, 2008).

2.2. Limbah Cair Tekstil

Limbah cair dalam industri tekstil adalah semua air buangan dari hasil kegiatan produksi tekstil. Limbah tekstil mengandung bahan-bahan yang berbahaya bila dibuang ke lingkungan, terutama daerah perairan. Sebagian besar bahan yang terdapat dalam limbah tekstil adalah zat warna, terutama zat warna sintetik. Limbah industri tekstil merupakan sebuah masalah bagi lingkungan, terutama limbah pada proses pencelupan. Proses pencelupan menggunakan zat warna sintesis yang bersifat non-biodegradable. Air limbah industri tekstil mengandung alkalinitas tinggi, berwarna, BOD tinggi, dan mengandung padatan tersuspensi (Nemerow

dalam Setiadi dkk., 2009). Selain itu limbah yang dihasilkan pun mengandung logam berat.

2.3. Karakteristik Limbah Tekstil

2.3.1 *Biological Oxygen Demand (BOD5)*

Parameter yang paling banyak digunakan untuk menentukan pencemar anorganik pada air limbah dan air permukaan pada umumnya adalah BOD lima hari (BOD5). Penentuan ini didasarkan pada pengukuran oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme dalam proses oksidasi biokimia pada bahan organik (Metcalf & Eddy, 2003). Pada umumnya, hasil analisa BOD digunakan untuk :

1. Menentukan perkiraan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis.
2. Menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah.
3. Menghitung efisiensi dari beberapa proses pengolahan.
4. Menentukan pemenuhan izin pembuangan air limbah.

Oleh karena itu, kemungkinan bahwa pengujian BOD5 akan terus digunakan pada waktu tertentu, hal ini penting untuk mengetahui secara rinci dari proses pengujian dan batasan- batasannya (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan BOD5 yang ada pada limbah industri tekstil adalah 600 mg/L. Sedangkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk industri terpadu, BOD5 yang diperbolehkan adalah sebesar 60 mg/L.

2.3.1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Uji COD digunakan untuk menghitung jumlah oksigen dari bahan organik air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi menggunakan dikromat dalam

asam. (Metcalf & Eddy, 2003) Meskipun dapat diprediksi nilai BOD ultimate sama tinggi dengan COD, dalam kasus ini dapat dikategorikan berbeda. Beberapa alasan hal tersebut dikategorikan berbeda adalah karena:

1. Banyak bahan organik yang sulit dioksidasi secara biologi (seperti lignin) dapat dioksidasi secara kimia.
2. Bahan anorganik yang dioksidasi dengan dikromat meningkatkan kadar organik secara nyata dalam sampel.
3. Bahan organik tertentu yang bersifat racun bagi mikroorganisme juga digunakan saat uji BOD.
4. Tingginya nilai COD karena adanya bahan anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat. (Metcalf & Eddy, 2003)

Dari segi operasional, salah satu keuntungan dari uji COD yaitu dapat dilakukan hanya dalam sekitar 2,5 jam, tidak sebanding dengan proses pengujian BOD₅ yang membutuhkan 5 hari lebih untuk proses pengujiannya. Untuk mengurangi durasi pengujian COD, telah dikembangkan proses pengujian COD yang hanya membutuhkan waktu sekitar 15 menit (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan COD yang ada di industri tekstil adalah 1.500 mg/L.

Sedangkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk industri terpadu, COD yang diperbolehkan adalah 150mg/L.

2.3.2. Total Suspended Solid (TSS)

Limbah pada umumnya mengandung padatan yang bervariasi baik berupa padatan tersuspensi yang berbentuk koloid maupun padatan terlarut dalam air.

Dalam karakteristik limbah, padatan tersuspensi pada umumnya disisihkan sebelum sampel dianalisa. Secara umum, 60% dari kandungan padatan tersuspensi dalam limbah dapat diendapkan, sedangkan sisanya dapat disisihkan melalui proses filtrasi atau penyaringan (Metcalf & Eddy, 2003).

Karena sebuah filter digunakan untuk memisahkan Total Suspended Solid (TSS) dari Total Dissolve Solid (TDS), kandungan TSS tersisihkan sering berubah, bergantung pada ukuran pori dari kertas saring yang digunakan pada proses pengujian. Jumlah TSS yang lebih akan teridentifikasi apabila menggunakan ukuran porositas kertas saring yang lebih kecil. TSS merupakan parameter universal yang digunakan untuk standar effluent (bersama dengan BOD) yang mana hasil dari pengolahan 6 digunakan untuk proses pengontrolan. (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan TSS yang ada di industri tekstil adalah 500 mg/L. Sedangkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk industri terpadu, TSS yang diperbolehkan adalah 50 mg/L.

2.3.3. Derajat Keasaman

Konsentrasi ion hidrogen adalah kualitas yang penting untuk air bersih dan air buangan. Konsentrasi ion hidrogen biasanya disebut pH, yang diartikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hydrogen. Kebanyakan Mikroorganisme dapat hidup pada tingkat keasaman (pH) antara 6-9. Limbah dengan tingkat keasaman (pH) ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika tingkat keasaman (pH) tidak diolah sebelum dialirkan, maka limbah cair akan mengubah tingkat keasaman (pH) pada air alami. Untuk proses pengolahan limbah cair, tingkat keasaman (pH) yang

boleh dikeluarkan menuju badan air biasanya beradapada rentang antara 6.5 sampai 8.5. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan. (Metcalf & Eddy, 2003)

2.3.4. Warna

Salah satu ciri fisik air yang paling mudah diamati ialah warna. Pengukuran warna dapat menggunakan suatu metode yang memanfaatkan panjang gelombang cahaya. Warna pada air dapat menunjukkan kandungan dari air, misalnya air yang tercemar logam cenderung akan berwarna merah. Air yang memiliki tingkat TSS tinggi cenderung berwarna keruh, dan lain-lain. Selain itu, warna yang tidak putih bening pada air di lingkungan juga dapat menurunkan nilai estetika pada lingkungan tersebut.

Industri tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai, akan menghasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat-zat kimia dan pewarna yang digunakan. Limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan.

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradeble, yang dapat menyebabkan masalah terhadap lingkungan terutama lingkungan perairan. Senyawa zat warna di lingkungan perairan sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat, karena

intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi zat warna ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Dae-Hee et al. 1999 dan Al-kdasi 2004 dalam Putri 2010).

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil

Debit (m^3 /hari)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	Warna (Pt-Co)	Debit Maksimum (m^3 /ton produksi)
≤ 100	60	150	50	6-9	200	100
100 <x<1000	45	125	40	6-9	200	100
≥ 1000	35	115	30	6-9	200	100

Pemerintah melalui kementerian lingkungan hidup telah mengatur sedemikian rupa baku mutu air limbah untuk setiap industri tanpa terkecuali industri tekstil. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 bahwa ada parameter mutu yang harus dipenuhi oleh air limbah yakni BOD, COD, TSS, dll.

2.4. Zat Pewarna Tekstil

Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga berwarna (Rambe, 2009). Zat warna dibagi menjadi 2 berdasarkan sumbernya, yaitu zat pewarna alam (ZPA) dan zat pewarna sintesis (ZPS). Zat warna yang diperoleh dari alam seperti tumbuh tumbuhan merupakan zat warna alami. Bahan pewarna alam yang biasa digunakan untuk tekstil diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun dan bunga (Laksono, 2012).

Zat warna sintesis dalam tekstil merupakan turunan hidrokarbon aromatik seperti benzene, toluene, naftalena dan antrasena. Sifat zat warna sintesis lebih stabil dibandingkan zat warna alam sehingga lebih sulit untuk didegradasi. (Laksono, 2012). Mayoritas pewarna yang digunakan dalam industry tekstil adalah pewarna

sintetis karena harga yang lebih terjangkau dan mudah digunakan serta lebih tahan lama dibandingkan pewarna alami. Namun, penggunaan pewarna tekstil sintetis memunculkan masalah baru yaitu limbah yang dihasilkan mengandung zat warna yang sulit terurai secara alami. (Naimah, dkk, 2014).

Penggolongan zat warna menurut “Colours Index” volume 3, yang terutama menggolongkan atas dasar sistem kromofor yang berbeda misalnya zat warna Azo, Antrakuinon, Ftalosa, Nitroso, Indigo, Benzodifuran, Okazin, 8 Polimetil, Di- dan Tri-Aril Karbonium, Poliksilik dan lain-lain (Heaton, 1994). Penggolongan lain yang biasa digunakan terutama pada proses pencelupan dan pencapan pada industri tekstil adalah penggolongan berdasarkan aplikasi (cara pewarnaan).

Indigo dengan rumus molekul $C_{16}H_{10}O_2N_2$ dan memiliki massa molekul relatif 262, 269 adalah zat penting dengan warna biru khas, awalnya indigo berasal dari beberapa jenis tanaman, akan tetapi hampir semua senyawa turunan Indigo yang diproduksi pada saat ini adalah sintetis, senyawa ini terutama digunakan untuk pencelupan kain katun agar berwarna biru (Suparno, 2010).

Zat warna indigosol atau bejana larut adalah zat warna yang ketahanan luntarnya baik, berwarna rata dan cerah. Zat warna ini dapat dipakai secara pencelupan dan coletan. Warna dapat timbul setelah dibangkitkan dengan natrium nitrit dan asam seperti asam sulfat atau asam florida. Jenis warna indigosol antara lain:

1. *Indigosol Yellow Indigosol Green IB*
2. *Indigosol Yellow JGK Indigosol Blue 0 4 B*

3. *Indigosol Orange HR Indigosol Grey IBL*
4. *Indigosol Pink IR*
5. *Indigosol Brown IBR*
6. *Indigosol Violet ARR*
7. *Indigosol Brown IRRD*
8. *Indigosol Violet 2R*
9. *Indigosol Violet IBBF*

Dalam industry tekstil batik penggunaan zat warna sintetik yang lebih banyak yaitu zat warna indigosol. Senyawa indigo tidak larut dalam air dan menjadi larut setelah tereduksi menjadi leuco-indigo. Leuco-indigo setelah terserap kedalam serat kain akan dengan cepat teroksidasi kembali oleh oksigen dalam udara dan menjadi tidak larut. Hal inilah yang menyebabkan zat warna indigo tidak mudah memudar berwarna rata dan cerah (Suparno, 2010).

2.5. Dampak Limbah Cair Tekstil

Pencemaran terhadap lingkungan dapat mengakibatkan dampak buruk terhadap keberlangsungan makhluk hidup dalam suatu ekosistem. Air limbah tekstil yang masuk dalam lingkungan dapat memberikan beberapa dampak buruk sebagai berikut:

a. Dampak Kesehatan

Air limbah tekstil yang secara intens dan dalam jumlah melampaui ambang batas dapat berisiko mempengaruhi kesehatan manusia (Rozaq dan Hanifah, 2020), antara lain adalah:

1. Zat toksik yang terakumulasi dalam lingkungan dapat meracuni manusia dan organisme lain.
2. Penyakit menular dapat timbul melalui rantai makanan.
3. Berbagai mikroorganisme dan fungi berbahaya dapat berkembang biak sehingga menyebabkan penyakit.
4. Timbulnya penyakit kolera, diare dan demam tifus.
5. Air limbah yang terakumulasi dan tidak terurai dengan baik menjadi tempat berkembang biak bagi lalat sehingga memungkinkan penularan penyakit infeksius.

b. Dampak Lingkungan

Beberapa dampak negatif dari air limbah industri tekstil antara lain adalah (Rozaq dan Hanifah, 2020):

1. Kualitas lingkungan hidup menurun.
2. Estetika dari lingkungan terganggu.
3. Lingkungan yang tercemar tidak nyaman untuk ditempati.
4. Organisme terdampak pencemaran berisiko mati bahkan musnah.

2.6. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan suatu zat ke permukaan zat lain karena terdapat gaya tarik pada permukaan zat tersebut. Zat yang memiliki kemampuan mengadsorpsi disebut dengan adsorben sedangkan zat yang diserap disebut dengan adsorbat. Permukaan adsorben akan menarik molekul cair maupun gas yang bersinggungan secara fisika dan kimia dengan permukaan adsorben. Mekanisme adsorpsi dibagi menjadi dua yaitu secara fisika dan secara kimia.

Proses adsorpsi secara fisika digambarkan dengan adanya gaya yang mengikat adsorbat, yaitu gaya Van Der Waals. Sedangkan dalam proses kimia adsorben dan adsorbat berinteraksi melalui pembentukan ikatan kimia. Ikatan kimia ini diawali dengan adsorpsi secara fisika dimana terjadi gaya Van Der Waals. Adsorbat akan mendekati permukaan adsorben pada ikatan hidrogen, lalu adsorpsi terjadi secara kimia dengan membentuk suatu ikatan kovalen (Harahap, 2018).

Berikut merupakan karakteristik adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi (Darmansyah et al., 2016).

1. Memiliki luas permukaan yang besar
2. Memiliki aktifitas dengan adsorbat
3. Memiliki daya tahan guncang yang tinggi
4. Tidak dapat merubah volume yang signifikan saat proses adsorpsi berlangsung.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi antara lain sebagai berikut (Syauqiah et al., 2011).

1. Luas Permukaan. Luas permukaan adsorben yang besar akan mempengaruhi banyaknya zat yang dapat teradsorpsi. Luas permukaan adsorben didasarkan pada ukuran partikel adsorben serta jumlah adsorben.
2. Jenis Adsorbat. Semakin tinggi tingkat polaritas adsorbat maka akan semakin tinggi pula kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan polaritas tinggi memiliki daya tarik menarik yang lebih besar jika dibandingkan dengan adsorbat yang polaritasnya rendah.
3. Suhu. Adsorben yang diaktifkan dengan cara pemanasan memiliki daya serap yang lebih tinggi terhadap adsorbat. Hal ini dikarenakan pori-pori adsorben akan

terbuka pada saat adsorben dipanaskan. Namun pemanasan yang terlalu tinggi akan merusak adsorben sehingga kemampuannya untuk mengadsorpsi akan menurun.

4. Konsentrasi adsorbat. Adsorbat dengan konsentrasi yang tinggi akan meningkatkan jumlah substansi adsorbat yang terkumpul di permukaan adsorben.
5. pH. pH akan mempengaruhi kelarutan ion serta aktivasi gugus fungsi dari bioadsorben selama proses adsorpsi berlangsung.
6. Waktu kontak. Adsorpsi secara maksimum akan terjadi pada waktu kesetimbangan. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh jenis adsorben, ukuran adsorben, ion yang terlibat dalam proses adsorpsi, serta konsentrasi ion yang diadsorpsi.
7. Kecepatan pengadukan. Kecepatan pengadukan yang terlalu lambat akan membuat proses adsorpsi berjalan lambat. Kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat merusak adsorben sehingga proses adsorpsi tidak berjalan dengan optimal.

2.7. Arang Aktif

Saat ini arang aktif atau karbon aktif sangat banyak dimanfaatkan untuk proses adsorpsi dan purifikasi dalam bidang industri. Hal ini dikarenakan arang aktif memiliki kemampuan adsorpsi dan luas permukaan yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan adsorben lainnya. Arang aktif adalah zat pada yang memiliki banyak pori yang mengandung karbon sebesar 85%-95%. Arang aktif dapat

berbentuk serbuk, granular, ataupun pellet. Secara umum karbon aktif dimanfaatkan sebagai bahan penyerap dan pembersih.

Arang aktif merupakan senyawa karbon yang daya adsorpsinya ditingkatkan dengan proses aktivasi. Dalam proses tersebut terjadi penghilangan unsur hidrogen, gas, serta air dari permukaan karbon hingga fisik pada permukaannya mengalami perubahan. Proses aktivasi terjadi karena terbentuk gugus aktif sebagai akibat dari interaksi antara radikal bebas di permukaan karbon dengan atom-atom lain seperti oksigen dan nitrogen. Dalam proses inilah terjadi pembentukan pori-pori pada permukaannya karena pengikisan atom karbon melalui proses oksidasi ataupun pemanasan dengan suhu tinggi. Pori karbon aktif rata-rata memiliki volume sebesar 0,2 hingga 0,6 cm³/g (Turmuzi et al., 2015).

2.8. Sumber Belajar

2.8.1 Pengertian Sumber Belajar

Sumber belajar adalah semua bahan yang dapat memberikan kemudahan bagi siswa untuk memperoleh informasi maupun keterampilan dalam proses pembelajaran. Sumber belajar ini dapat berupa tulisan, gambar, foto, narasumber, benda-benda ilmiah dan benda-benda hasil budaya (Prastowo, 2018). Sumber belajar berfungsi untuk meningkatkan produktivitas pembelajaran. Selain itu memberikan pengalaman belajar secara langsung dan memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkembang sesuai dengan kemampuannya. Adanya sumber belajar dapat mengefektifkan waktu belajar sehingga membantu guru dalam menggunakan waktu sebaik-baiknya

2.8.1. Syarat Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

Terdapat beberapa syarat agar hasil penelitian dapat dijadikan sebagai sumber belajar antara lain sebagai berikut (Munaja & Susilo, 2015)

1. Kejelasan Potensi

Potensi suatu objek untuk diungkap sehingga menghasilkan berbagai fakta serta konsep dari hasil penelitian yang harus dicapai dalam kurikulum dengan mempertimbangkan ketersediaan objek serta permasalahan.

2. Kejelasan Tujuan

Kesesuaian hasil penelitian dengan tujuan, dalam hal ini kesesuaian yang dimaksud adalah kesesuaian antara hasil penelitian dengan kompetensi dasar (KD).

3. Kejelasan Sasaran

Kejelasan sasaran, sasaran kejelasan penelitian ini adalah objek dan subjek penelitian.

4. Kejelasan Informasi yang diungkap

Kejelasan informasi yang diungkap meliputi dua aspek, yaitu aspek proses dan aspek produk penelitian yang disesuaikan dengan kurikulum.

5. Kejelasan pedoman eksplorasi

Kejelasan pedoman eksplorasi meliputi penentuan sampel dalam penelitian, alat dan bahan, cara kerja, pengolahan data, serta penarikan kesimpulan.

6. Kejelasan perolehan yang diharapkan

Kejelasan perolehan yang diharapkan berupa proses dan produk penelitian yang meliputi perolehan kognitif, afektif, serta psikomotorik.

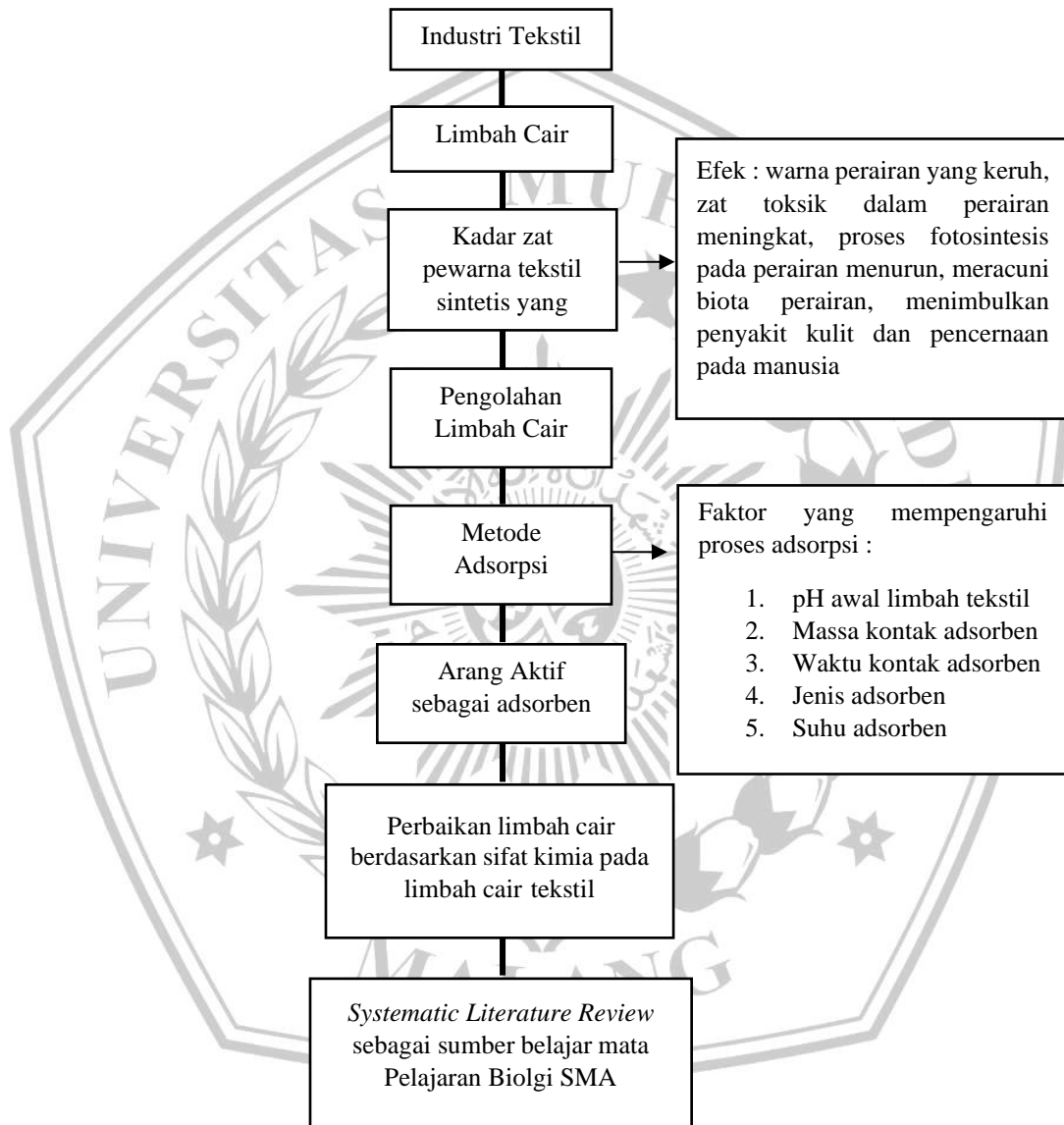
2.8.2. Unsur Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

Pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar harus memuat 2 unsur, yaitu :

1. Proses. Proses yang dilakukan dalam penelitian dapat diuraikan kembali oleh peserta didik yaitu meliputi mengamati, menanyakan, menyusun hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, serta menyimpulkan hasil.
2. Produk, hasil dari suatu proses dapat dijadikan produk agar peserta didik dapat memahami hal-hal yang terjadi pada saat proses penelitian berlangsung. Produk yang dihasilkan memuat beberapa kategori yaitu (1) menyajikan berbagai fakta, konsep, prinsip, dan hukum, (2) menyajikan berbagai hipotesis, teori, dan model, dan (3) meminta peserta didik untuk mengingat pengetahuan serta informasi (Aqil, 2017).

2.9. Kerangka Konsep

Gambar 2.1 adalah kerangka konseptual dalam *Systematic Literature Review* Adsorpsi Kadar Zat Pewarna Pada Limbah Cair Tekstil Menggunakan Arang Aktif Sebagai Sumber Belajar Biologi



Gambar 2.1 Kerangka Konsep *Systematic Literature Review*