

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Pewarnaan Tekstil

Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga berwarna (Rambe, 2009). Di Indonesia perkembangan produksi zat pewarna dapat diketahui dari data ekspor nasional. Berdasarkan data Biro Pusat Statistik tahun 2000 mencerminkan bahwa kebutuhan zat pewarna baik untuk keperluan proses produksi dan industri meningkat tiap tahunnya. Tingginya pemakaian zat pewarna pada kegiatan industri tertentu membawa dampak pada peningkatan jumlah bahan pencemar dalam limbah cair yang dihasilkan (Nugroho, 2005). Menurut Selvam dkk (2003), sekitar 10.000 jenis pewarna digunakan pada industri tekstil dan lebih dari 7×10^5 ton bahan pewarna diproduksi setiap tahunnya. Selama proses pewarnaan, 10–15 % dari zat warna tekstil yang digunakan akan terbuang bersama limbah.

Zat warna untuk tekstil dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya yaitu zat warna alami dan zat warna sintesis. Zat warna alami adalah zat warna yang diperoleh dari alam seperti tumbuh-tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan pewarna alam yang biasa digunakan untuk tekstil diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji ataupun bunga, sedangkan zat warna sintesis adalah zat warna buatan (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. Zat warna naptol merupakan salah satu yang banyak digunakana dalam industri tekstil (Laksono, 2012).

Zat warna naptol adalah zat warna tekstil yang dapat dipakai untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. Zat warna naptol merupakan senyawa yang tidak larut dalam air terdiri dari dua komponen dasar yaitu golongan naptol AS (Anilid Acid) dan komponen pembangkit warna yaitu golongan diazonium atau biasa disebut garam. Kedua komponen tersebut bergabung menjadi senyawa berwarna jika sudah dilarutkan. Zat warna naptol disebut sebagai *Ingrain Colours* karena terbentuk di dalam serat dan tidak terlarut di dalam air (Laksono, 2012).

Warna dalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam yaitu besi (Fe) dan mangan (Mn). Naptol termasuk dalam zat pewarna yang tidak larut dalam air, untuk melarutkannya diperlukan zat pembantu yaitu kostik soda (Rambe, 2009). Salah satu zat tambahan dalam industri tekstil adalah senyawa fosfat. Pada industri tekstil, fosfat dipakai sebagai pemberi warna cerah dan memperbaiki sistem ikatan benang pintal (Shreve, 1995).

Salah satu pencemar organik yang bersifat *non biodegradable* adalah zat warna tekstil. Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogen dan mutagenik maka perlu dicari alternatif efektif untuk

menguraikan limbah tersebut (Christina, 2007). Senyawa azo memiliki struktur umum $R-N=N-R'$, dengan R dan R' adalah rantai organik yang sama atau berbeda. Senyawa ini memiliki gugus $-N=N-$ yang dinamakan struktur azo (Widjajanti dkk, 2011).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, definisi dari air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Pengertian limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri. Limbah dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Sunu (2001) menjelaskan bahwa ada beberapa komponen pencemaran air antara lain limbah padat, limbah bahan makanan, limbah bahan organik, limbah anorganik dan limbah zat kimia. Komponen pencemaran air akan menentukan terjadinya indikator pencemaran air. Komponen yang berhubungan dengan pencemaran air karena limbah tekstil adalah limbah anorganik dan limbah zat kimia.

Limbah zat kimia dapat berupa insektisida, bahan pembersih, larutan penyamak kulit dan zat warna kimia. Kandungan zat warna kimia yang ada di dalam air akan mempengaruhi pH air lingkungan dan kandungan oksigen. Hampir semua zat warna kimia bersifat racun dan jika masuk ke dalam tubuh manusia akan ikut merangsang tumbuhnya kanker (Sunu, 2001).

Pewarnaan dan pembilasan *jeans* menghasilkan limbah yang berwarna dengan COD tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai seperti

fenol dan logam. Di Indonesia zat warna berdasar logam (krom) tidak banyak dipakai (Rambe, 2009).

Hasil pengujian di laboratorium terhadap beberapa contoh air limbah industri kecil pencucian *jeans* di Kelurahan Sukabumi Selatan, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat dengan parameter air limbah yakni BOD, COD, total zat padat tersuspensi (TSS) dan warna menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi. Limbah industri kecil tersebut jika langsung dibuang ke saluran umum tanpa pengolahan akan menjadi sumber pencemar yang sangat potensial. Secara umum karakteristik air limbah industri kecil pencucian *jeans* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Pewarnaan Jeans

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	BOD	mg/l	1184 – 1215
2	COD	mg/l	1572 – 1612
3	TSS	mg/l	475 – 550
4	Warna	Pt.Co	6,0 – 6,8

Sumber : Said (2011)

Fosfat diketahui berada dalam air limbah dalam bentuk organik, sebagai ortofosfat anorganik atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisis selama pengolahan hayati menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}) (Budi, 2006). Fosfat dalam limbah pewarnaan utamanya digunakan pada proses persiapan dan pewarnaan tekstil (Smiths, 1988).

Sumber fosfat pada limbah naptol *jeans* dapat berasal juga dari proses pembilasan. Said (2012) menerangkan proses pencucian *jeans* dibagi pada

beberapa tahap yaitu pencucian, pelunturan, pembilasan, pemerasan, pewarnaan dan pengeringan. Pada proses pencucian salah satu bahan yang digunakan adalah detergent dan menjadi sumber limbah fosfat.

B. Dampak Limbah Pewarnaan Tekstil

Pencemaran air atau penurunan mutu air diakibatkan oleh sejumlah kegiatan manusia salah satunya yang berasal dari industri tekstil yang tidak dikelola sebagaimana mestinya, namun dibuang langsung ke aliran air atau permukaan tanah. Limbah industri tekstil yang langsung dibuang ke sungai dapat menimbulkan pencemaran berupa : perubahan warna, bau dan rasa pada air; terhambatnya dan hilangnya aktivitas biologi perairan; pencemaran tanah dan air tanah; serta perubahan fisik tumbuhan, binatang dan manusia oleh zat kimia (Laksono 2012).

Air limbah secara tidak langsung juga akan mempengaruhi kualitas air tanah. Tingkat pencemaran limbah tersebut jika tidak terlalu tinggi akan diikat dan dinetralisir oleh lapisan tanah, tetapi jika melebihi kapasitas tanah, maka kandungan limbah tersebut akan mencapai air tanah dan mencemarinya. Hal tersebut dipengaruhi oleh jarak sumur dengan sungai, jenis dan keadaan sumur, genangan air sungai, jenis cemar dan curah hujan (Tejokusumo, 2007).

Muzamil (2010) menjelaskan kualitas air juga dapat diketahui melalui analisa sifat kimia air tanah. Sifat kimia air tanah yang diteliti meliputi kesadahan sebagai CaCO_3 , pH, unsur-unsur kimia dominan yang larut dalam

air seperti, Natrium (Na), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfat (SO_4), Klorida (Cl), Besi (Fe), serta unsur-unsur kimia yang lain sebagai indikator pencemar limbah domestik seperti: Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), Fosfat, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Beberapa unsur tersebut kaitatannya dengan kualitas air dijelaskan sebagai berikut :

1. pH

Parameter pH merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam analisa kualitas kimia air karena penyimpangan pH terhadap baku mutu air minum dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan didalam air. Air limbah yang mempunyai COD lebih tinggi dan BOD lebih rendah disebabkan karena adanya bahan organik yang tidak dapat dipecah secara biologik atau bahan buangan beracun (Mahida, 1986). Menurut Wardhana (1995) COD merupakan indikator tingkat pencemaran yang lain dan dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan secara kasar besarnya angka BOD.

3. Fosfat (PO_4)

Fosfat di alam berasal dari pelapukan batuan, tanah, limbah-limbah, senyawa *orthofosfat*, *polifosfat*, dan *fosfat organik*. Senyawa fosfat juga berasal dari dari pupuk pertanian, sampah rumah tangga dan limbah

industri. Fosfat organik terdapat dalam limbah domestik dan sisa makanan, tetapi tergantung pada kebiasaan makanan yang dikonsumsi, dengan jumlah fosfor yang dilepas merupakan fungsi pemasukan protein.

Pengaruh limbah cair industri menurut Muzamil (2010) yaitu:

- 1) Menimbulkan resiko kesehatan secara tidak langsung bagi masyarakat luas yang memanfaatkan sumber-sumber air yang tercemar limbah cair industri.
- 2) Merusak sungai, estuari, atau tempat penambakan sehingga tangkapan ikan menjadi berkurang.

Pembuangan limbah cair dengan kandungan fosfat yang tinggi ke dalam badan air dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu tumbuhnya lumut dan mikroalga yang berlebihan dalam badan air yang menerima limbah tersebut. Menurut Lawrence, et.al. (2002), air yang mengandung $P > 0,015$ mg/L yang tersedia secara biologi dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga timbul beberapa masalah penting dalam air. Peningkatan populasi tumbuhan dapat menyebabkan turunnya kandungan oksigen terlarut dalam air. Hal ini disebabkan karena menurunnya kadar sinar matahari yang masuk ke dalam perairan sehingga fotosintesis oleh tumbuhan air juga menurun dan lebih lanjut terjadi penurunan kadar oksigen hasil fotosintesis. Penurunan kandungan oksigen juga disebabkan karena pada malam hari tumbuhan menggunakan oksigen dalam badan air, serta adanya tumbuhan yang mati dan terdekomposisi oleh mikrobia. Kondisi tersebut menurunkan kualitas lingkungan sebagai habitat berbagai spesies ikan dan organisme lain (Khusnuryani, 2008).

C. Lumpur Aktif

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru (Megasari, 1999).

Berbagai metode seperti penukar ion, penyerapan dengan karbon aktif (Rama, 1990) dan pengendapan secara elektrolisis telah dilakukan untuk menyerap bahan pencemar beracun dari limbah, tetapi cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dalam pengoperasiannya. Penggunaan bahan biomaterial sebagai penyerap ion logam berat dan warna merupakan alternatif yang memberikan harapan. Daun teh (Tan, 1989) sabut kelapa sawit (Munaf, 1999), bahan non biomaterial seperti Zeolit, tanah gambut, lumpur aktif dan lain-lain juga telah digunakan sebagai bahan penyerap logam-logam berat dan warna dalam air limbah (Darnianti, 2008)

Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan metode biologi. Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat perkembangbiakan. Metode

pengolahan lumpur aktif (*activated sludge*) merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut (Megasari, 2012).

Proses lumpur aktif senyawa organik akan diuraikan secara biologis oleh aktifitas mikrobia yang tumbuh tersuspensi di dalam bioreaktor. Mekanisme yang terjadi melalui dua tahap, yaitu penyerapan secara fisika-kimiawi dan interaksi antar partikel-partikel terlarut menjadi suspensi yang kemudian terpisahkan dari air limbah. Tahap selanjutnya adalah stabilisasi yang dapat berlangsung secara paralel melalui penyerapan polutan organik ke dalam partikel biomassa yang diuraikan menjadi gas CO₂ dan H₂O oleh aktifitas mikroba. Proses lumpur aktif sangat sensitif terhadap perubahan kondisi dan lonjakan beban polutan (Megasari, 2012)

Herlambang dkk (1999) menyatakan proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif yang terbentuk oleh mikroorganisme (terutama bakteri), partikel anorganik, dan polimer ekso selular. Selama pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti sel bakteri dan flok kecil, menempel pada permukaan flok. Flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hipobisitas internal dan eksternal dari flok dan material eksopolimer dalam flok, dan tegangan permukaan larutan mempengaruhi hidropobisitas lumpur granular dari reaktor lumpur anaerobik.

Kasmidjo (1991), mempertegas pentingnya pembentukan flok dalam proses lumpur aktif dalam campuran cairan dan tipe mikroflora yang ada pada lumpur. Mikroflora pada penanganan limbah secara biologis berasal dari tangki aerasi yang sebelumnya telah mengalami proses aklimatisasi atau

penyesuaian diri. Pengujian menunjukkan bahwa mikroflora yang terdapat di lumpur aktif sangat bervariasi. Pada umumnya terdapat spesies bakteri dari genus *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Zooglea*, dan *Nitrobacter* yang ada pada lumpur aktif.

D. Bakteri Pendegradasi Limbah

Salah satu biota yang berperan dalam sistem pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif adalah bakteri. Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu melakukan metabolisme dengan bahan organik sehingga merupakan bagian yang terpenting dalam rantai makanan dan pengolahan air limbah. Bakteri akan mensintesis unsur-unsur organik yang terlarut dalam air tetapi tidak semua unsur organik dapat digunakan oleh bakteri, oleh sebab itu partikel-partikel organik berukuran lebih besar disintesa oleh protozoa (Megasari, 1979).

Beberapa penelitian yang telah dilaporkan menyatakan bahwa keberadaan mikroba dalam lumpur aktif sangat beragam dari sistem ke sistem. Beragamnya jenis mikroba disebabkan oleh perkembangan secara alami jenis mikroba dari air limbah, udara dan partikel-partikel lumpur. Mikroba tersebut akan teraklimatisasi terhadap cairan limbah dan memudahkan proses penghilangan bahan cemaran (Carawan, 1979). Dwipayana (2010) menjelaskan hasil identifikasi keberagaman bakteri pada lumpur hasil pengolahan cat salah satunya adalah *Bacillus*. Hasil uji indentifikasi antara lain bersifat Gram positif dan bersifat motil.

Degradasi pewarna oleh kultur campur umumnya lebih baik dibanding kultur tunggal mengingat kemampuan tiap bakteri beragam dan macam pewarna yang digunakan juga beragam. Oleh karena itu penggunaan kultur campur bakteri atau mikroorganisme dalam proses degradasi pewarna lebih dianjurkan (Meitiniarti, 2011).

Bakteri-bakteri pendegradasi warna umum dijumpai di limbah yang mengandung pewarna. Dengan memperoleh berbagai isolat bakteri dapat dipilih isolat-isolat yang mempunyai kemampuan degradasi tinggi serta memungkinkan dibuat kultur campur bakteri pendegradasi pewarna. Pengolahan limbah yang mengandung pewarna secara biologi umumnya lebih sempurna jika dilakukan secara kultur campur (Meitiniarti, 2011).

Penurunan fosfat secara biologi dapat ditempuh dengan *strategi enhanced biological phosphorus removal* (EBPR) dengan memanfaatkan aktivitas mikrobial pengakumulasi fosfat (*polyphosphate accumulating organism/PAO*). Beberapa bakteri diperkirakan merupakan bakteri pengakumulasi fosfat. PAO tidak hanya mengonsumsi fosfor untuk pembentukan komponen selulernya saja, tetapi juga mengakumulasi sejumlah besar polifosfat dalam selnya, sehingga fosfor dalam organisme ini berkisar 5-7 % dari biomassa sel (Khusnuryani, 2008). Beberapa bakteri yang termasuk dalam golongan PAO adalah *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Moraxella*, *E.coli*, *Mycobacterium* dan *Beggiatoa* (Bitton, 1994).

Percobaan isolasi dan identifikasi bakteri fosfat yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat terikat telah dilakukan Suliasih (2001).

Berdasarkan hasil isolasi dapat dikoleksi 17 isolat dan diidentifikasi sebagai *Bacillus* sp, *Bacillus pantothenicus*, *Bacillus megaterium*, *Flacobacterium* sp, *Flacobacterium breve*, *Klebsiella aerogenes*, dan *Pseudomonas* sp dapat melarutkan P terikat dari P alam dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ lebih besar dibandingkan kontrol tanpa inokulasi (Suliasih dkk, 2001).

E. Isolasi dan Identifikasi Bakteri

Isolasi bakteri adalah proses mengambil bakteri dari medium atau lingkungan asalnya dan menumbuhkannya di medium buatan sehingga diperoleh biakan yang murni. Bakteri dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya harus menggunakan prosedur aseptik. Aseptik berarti bebas dari sepsis, yaitu kondisi terkontaminasi karena mikroorganisme lain. Teknik aseptik ini sangat penting bila bekerja dengan bakteri. Beberapa alat yang digunakan untuk menjalankan prosedur ini adalah bunsen dan laminar air flow. Teknik aseptik juga melindungi laboran dari kontaminasi bakteri (Singleton dan Sainsbury, 2006).

Bakteri memiliki berbagai aktivitas biokimia menggunakan (nutrisi) yang diperoleh dari lingkungan sekitarnya. Transformasi biokimia dapat timbul di dalam dan di luar dari bakteri yang diatur oleh katalis biologis yang dikenal sebagai enzim. Setiap bakteri memiliki kemampuan dalam menggunakan enzim yang dimilikinya untuk degradasi karbohidrat, lemak, protein, dan asam amino (Prescott, 2002).

Metabolisme atau penggunaan dari molekul organik ini biasanya menghasilkan produk yang dapat digunakan untuk identifikasi dan karakterisasi bakteri. Pengamatan aktivitas biokimia atau metabolisme mikroorganisme diketahui dari kemampuan mikroorganisme dalam menggunakan dan menguraikan molekul yang kompleks seperti karbohidrat, lemak, protein dan asam nukleat. Hasil dari berbagai uji ini digunakan untuk perincian dan identifikasi mikroorganisme (Prescott, 2002).

Beberapa uji untuk mengamati aktivitas mikroorganisme antara lain :

1. Uji Motilitas (Prescott, 2002)

Motilitas adalah salah satu dari ciri makhluk hidup, begitu pula dengan mikroorganisme, namun alat geraknya masih sederhana berupa flagella atau cilia. Bakteri melakukan motilitas dengan menggunakan energi yang diperoleh dari ATP yang diuraikan oleh koenzim ATP-ase membentuk fosfo anorganik.

2. Fermentasi Karbohidrat (Prescott, 2002)

Kemampuan memfermentasikan berbagai karbohidrat dan produk fermentasi yang dihasilkan merupakan ciri yang sangat berguna dalam identifikasi mikroorganisme. Hasil akhir dari fermentasi karbohidrat ini ditentukan oleh sifat mikroba, media biakan yang digunakan, serta faktor lingkungan antara lain pH dan suhu. Media fermentasi harus mengandung senyawa yang dapat dioksidasi dan difermentasikan oleh mikroorganisme. Glukosa merupakan senyawa yang paling sering digunakan oleh

mikroorganisme dalam proses fermentasi itu. Selain itu terdapat pula media sukrosa dan laktosa.

Fermentasi merupakan proses oksidasi biologi dalam keadaan anaerob dimana yang bertindak sebagai substrat adalah karbohidrat. Pada uji fermentasi karbohidrat ini, yang akan dilihat adalah pembentukan asam yang akan terlihat dari perubahan warna medium menjadi kuning dan pembentukan gas yang terlihat dari adanya gas dalam tabung Durham.

3. Uji katalase (Prescott, 2002).

Beberapa bakteri yang memiliki flavoprotein dapat mereduksi O_2 dengan menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) atau superoksida (O_2^-). Kedua bahan ini merupakan bahan yang toksik dan menghancurkan komponen sel dengan sangat cepat. Bakteri harus dapat mempertahankan diri seperti dengan produksi O_2 atau akan terbunuh.

Beberapa bakteri dapat memproduksi enzim yang dapat mengkatalisis katalase atau peroksidase yang dapat mendestruksi hidrogen peroksida. Katalase adalah enzim yang mengkatalisasikan penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan O_2 . Hidrogen peroksida terbentuk sewaktu metabolisme aerob, sehingga mikroorganisme yang tumbuh dalam lingkungan aerob dapat menguarikan zat toksik tersebut. Penentuan adanya katalase ini terlihat dari pembentukan gelembung udara di sekitar koloni setelah ditambahkan larutan H_2O_2 3 %. Enzim katalase memiliki peran sebagai pemecah hidrogen peroksida H_2O_2 yang terbentuk karena proses respirasi aerob

menjadi dihidrogen oksida H_2O dan oksigen O_2 . Reaksi negatif ditunjukkan tidak adanya gelembung-gelembung gas. Hal ini berarti H_2O_2 yang diberikan tidak dipecah oleh bakteri tersebut sehingga tidak menghasilkan oksigen. Bakteri katalase negatif tidak memiliki enzim katalase yang menguraikan H_2O_2 .

4. Uji Reduksi Nitrat (Pelczar dkk, 2008)

Beberapa bakteri anaerob fakultatif nitrat dapat berfungsi sebagai akseptor hidrogen terminal untuk proses transport elektron yang menghasilkan energi. Reduksi nitrat oleh nitrat reduktase menjadi nitrit yang terkandung pada transport elektron untuk transformasi energi. Pada reaksi ini nitrit dapat tertimbun dalam larutan biak dan tidak terjadi pembentukan N_2 . Sebagai gantinya, nitrit dapat direduksi menjadi amonium melalui jalur asimilatorik reduksi nitrat dan selanjutnya diekskresi.

Uji positif ditandai dengan terbentuknya warna merah atau merah muda setelah penambahan reagen uji, yang menunjukkan nitrat telah tereduksi menjadi nitrit. Gelembung gas yang terbentuk pada tabung Durham menunjukkan nitrit tereduksi menjadi gas nitrogen. Sedangkan uji negatif memberikan hasil uji yang sebaliknya yakni tidak terjadi perubahan warna dan tidak terbentuk gas.

5. Uji Indol (Pelczar dkk, 2008)

Uji indol bertujuan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam memecah asam amino triptofan. Asam amino triptofan merupakan

komponen asam amino yang terdapat di dalam protein sehingga asam amino ini dengan mudah dapat digunakan oleh mikroorganisme akibat penguraian protein. Hasil uji indol yang diperoleh negatif apabila tidak terbentuk lapisan (cincin) berwarna merah muda pada permukaan biakan, artinya bakteri tidak dapat membentuk indol dari asam amino triptofan sebagai sumber energi. Uji positif bakteri memiliki enzim triptofanase yang dapat menghidrolisis asam amino jenis triptofan yang memiliki gugus samping indol sehingga indol akan bereaksi dengan reagen uji dan membentuk rosindol yang berwarna merah.

F. Koagulan

Koagulasi terjadi karena adanya interaksi antara koagulan dengan kontaminan seperti partikel koloid. Proses koagulasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain pH, dosis koagulan, serta kekeruhan larutan. Koagulasi adalah proses penambahan koagulan pada air baku yang menyebabkan terjadinya destabilisasi dari partikel koloid agar terjadi agregasi dari partikel yang telah terdestabilisasi tersebut. Penambahan koagulan membuat kestabilan koloid dapat dihancurkan sehingga partikel koloid dapat menggumpal dan membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar, sehingga dapat dihilangkan pada unit sedimentasi. Terdapat empat mekanisme destabilisasi partikel, yaitu (i) pemampatan lapisan ganda, (ii) adsorpsi untuk netralisasi muatan, (iii) penjebakan partikel dengan koagulan, serta (iv)

adsorpsi dan pembentukan jembatan antar partikel melalui penambahan polimer (Rachmawati, 2009).

Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Kisaran pH yang efektif untuk koagulasi dengan tawas pada pH 5,5–8,0 (Rachmawati, 2009).

G. Hipotesis

1. Isolat bakteri dominan yang ditemukan termasuk dalam genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*.
2. Variasi tanpa koagulan akan lebih baik dalam penurunan COD, PO₄ dan degradasi warna.
3. Presentase penurunan COD dan PO₄ optimal terdapat pada variasi bakteri campuran sebesar 90 %.