

BAB I

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia mendirikan banyak industri untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Namun, hal tersebut juga berdampak negatif pada lingkungan karena proses produksi di tiap industri selalu menghasilkan air limbah. Apabila air limbah yang dihasilkan dari beberapa industri tersebut dibuang tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, maka akan terjadi pencemaran air oleh zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan. Industri tekstil, printing, otomotif, serta pulp dan kertas merupakan contoh dari beberapa industri penghasil utama limbah cair. Hal ini disebabkan dari proses produksinya yang memang selalu menggunakan air sebagai bahan pembantu utama dalam setiap tahapan prosesnya.

Pencemaran air dari industri dapat berasal dari: buangan air proses produksi, buangan sisa-sisa pelumas dan minyak, buangan bahan-bahan kimia sisa proses produksi, sampah potongan kain maupun kertas, dan lainnya. Air limbah yang mengandung bahan kimia dan sisa-sisa pelumas dapat merubah warna, sehingga dapat mencemari air yang sangat penting artinya bagi kehidupan manusia.

Di Indonesia telah ada undang-undang yang mengatur tentang baku mutu bahan buangan yang diizinkan untuk dibuang langsung ke dalam lingkungan. Dengan adanya peraturan tersebut, maka industri-industri diperbolehkan membuang limbah cairnya langsung ke lingkungan dengan ketentuan bahwa kandungan bahan kimia atau bahan lainnya dalam air buangannya tidak melebihi konsentrasi yang telah ditetapkan atau dengan kata lain memenuhi persyaratan.

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam cara untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh industri-industri. Salah satu cara yang dilakukan untuk pengolahan limbah industri ini adalah cara flokulasi. Dan dalam penelitian ini, kami akan meneliti flokulan hasil sintesa *starch graft Polyacrylamide* (st-g-PAM) yang akan dipadu dengan *Polyaluminium chloride* (PAC) sebagai penghilang warna pada limbah cair.

I.1 Latar Belakang

Proses flokulasi adalah agregasi atau berkumpulnya partikel-partikel kecil dalam sebuah suspensi, menjadi partikel-partikel yang lebih besar yang disebut flok. Flokulasi disebabkan oleh adanya penambahan sejumlah kecil bahan kimia yang disebut sebagai flokulan (Rath & Singh, 1997). Secara fisik, material berbobot molekul tinggi seperti pati atau polyelectrolytes akan membentuk jembatan menghubungkan dua atau lebih partikel sehingga dapat menyatukan partikel-partikel solid secara acak, berstruktur tiga dimensi, di mana struktur tersebut tidak terikat dan berpori. Flokulan dapat dikategorikan ke dalam dua jenis, yaitu flokulan organik dan anorganik. Di antara flokulan-flokulan anorganik, garam-garam dari berbagai logam seperti aluminium dan besi telah banyak digunakan. Flokulan organik dapat dibagi lagi ke dalam dua jenis, yaitu sintetik dan alami. Flokulan sintetik pada umumnya merupakan polimer linear yang larut air seperti polyacrylamide, poly(acrylic acid), poly(diallyl dimethyl ammonium chloride) (DADMAC), poly(styrenic sulfonic acid), dan sebagainya. Di sisi lain, pati, selulosa, alginic acid, guar gum, dll, adalah polimer alami yang sangat sering digunakan sebagai flokulan.

Sejak pengenalan flokulan polimer sintetik pada tahun 1950, sekarang ini telah banyak dikembangkan flokulan-flokulan sintetik lainnya secara komersil. Pencarian flokulan yang lebih baik terus berlanjut dan digunakan untuk aplikasi yang lebih spesifik dalam industri. Banyak dari bahan polimer larut air yang digunakan dalam pengolahan limbah industri berbasis acrylamide dan aluminium chloride. Telah dikenal dengan baik bahwa *polyacrylamide* (PAM), *polyaluminium chloride* (PAC) dan kopolimernya merupakan polimer yang baik untuk pengolahan limbah cair industri.

Polimer alam terutama polisakarida bersifat *biodegradable*, murah, *shear stable*, dan mudah diperoleh karena diperoleh dari bahan alam yang dapat diperbaharui. Sifat *biodegradable*

pada polimer alami menjadi kelebihan sekaligus kekurangannya, yaitu dapat mengurangi umur penyimpanan sehingga menurunkan efisiensi karena menurunnya berat molekul (Singh, dkk, 2000). *Starch* merupakan salah satu polisakarida yang banyak dihasilkan di Indonesia. Terapan di luar industri pangan dari material ini adalah untuk penjernihan air yang dapat diterapkan untuk pengolahan air dan air limbah.

Polyacrylamide (PAM) adalah flokulan polimer sintetik yang sering dipakai dalam pengolahan air karena daya ikatnya yang kuat terhadap partikel tersuspensi dalam air. Polimer sintetik kurang peka terhadap biodegradasi dan tidak tahan terhadap gesekan mekanis (unshar stable) sehingga kehilangan beberapa dari properti pentingnya seperti efektifitas flokulasinya. *Polyaluminium chloride* (PAC) adalah flokulan anorganik yang sering dipakai dalam pemurnian air limbah industri serta memiliki kemampuan dalam memurnikan limbah industri pencetakan dan pewarnaan.

Kelompok *Polyaluminium chloride*, *Polyacrylamide* dan kopolimernya merupakan polimer yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Umumnya digunakan sebagai flokulan untuk menjernihkan air minum dan pengolahan air limbah. Untuk mendapatkan kebutuhan air minum, air untuk industri, dan air untuk pertanian maka dilakukan pengolahan air limbah, terutama dari buangan endapan dan lumpur dari limbah industri dan perkotaan. Penghilangan kontaminan organik dan anorganik dari limbah cair ini harus dilakukan sebelum digunakan kembali. Untuk penghilangan partikel-partikel yang sulit dipisahkan dari air, perlu dilakukan proses koagulasi atau flokulasi karena tidak dapat mengendap oleh gaya gravitasi dan ukurannya yang kecil sehingga dapat melewati media filtrasi.

Banyak usaha telah dilakukan untuk mengkombinasikan sifat-sifat yang baik dari beberapa jenis polimer seperti dengan kopolimerisasi PAM dengan rantai utama polisakarida. Kombinasi ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi flokulasi, viskositas larutan, shear stability, ketahanan biodegradable, serta untuk mengurangi gaya geser. PAC memiliki kemampuan untuk menghilangkan warna pada limbah cair berwarna dan jika PAC dipadukan dengan polisakarida maka akan memiliki kemampuan yang lebih baik.

Kopolimerisasi *graft* merupakan teknik untuk memodifikasi sifat kimia dan sifat fisika dari polimer (Chowdury, dkk, 2001). Pati telah diuji merupakan polisakarida yang paling efisien sebagai flokulan dibandingkan dengan guar gum dan xanthan gum (Rath, dkk, 1997). Ada tiga macam metode kopolimerisasi *graft* yaitu *Grafting From*, *Grafting To* dan *Grafting Through*. Kopolimerisasi *grafting from* adalah pencangkakan rantai cabang (*graft*) pada sisi aktif yang terdapat pada rantai utama (backbone). Sedangkan pada metode *grafting to*, pembawa sisi aktif adalah rantai cabang. Pada metode *grafting through*, adanya makromer dengan BM rendah dan sisi yang tidak jenuh sehingga polimer yang sedang tumbuh dapat bereaksi pada sisi yang tidak jenuh menghasilkan kopolimer *graft* (Hernandez, dkk, 1997). Mekanisme pembuatan rantai *graft* atau PAM yang umum adalah menggunakan polimerisasi radikal bebas yang mempunyai tiga tahapan proses, diantaranya inisiasi, propagasi dan terminasi (Rath, dkk, 1998). Proses inisiasi adalah proses pembentukan radikal bebas dari inisiator. Sedangkan proses propagasi adalah proses pertumbuhan polimer sebagai akibat dari penggabungan monomer-monomer ke dalam rantai radikal aktif yang kemudian dilanjutkan dengan proses terminasi yang merupakan proses penghentian propagasi (Billmeyer, 1970). Beberapa kelompok inisiator yang banyak digunakan dalam polimerisasi *acrylamide*, seperti peroksida, persulfat, inisiator redoks dan senyawa azo (Caulfield, dkk, 2002). Kalium peroxodisulfat yang digunakan sebagai inisiator dapat berubah menjadi radikal SO_4^{2-} disebabkan karena adanya daya afinitas ikatan hidrogen antara kompleks monomer-inisiator (Hunkeler, 1991). Adanya oksigen pada waktu proses polimerisasi dan sisa inisiator kalium persulfat yang tidak bereaksi dengan monomer *acrylamide* dalam proses polimerisasi dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi berat molekul *polyacrylamide*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu antara lain: Desmukh (1991) meneliti tentang sintesa kopolimer *graft* antara *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dan *Starch* dengan PAM, kemudian menganalisa sifat-sifat *drag reduction*, *shear stability*, dan

biodegradability. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *grafting* mampu meningkatkan keefektifan *drag reduction* dan *shear stability*. Hal tersebut dipengaruhi oleh panjang dan jumlah *graft* polimer. Rath, dkk (1997), meneliti tentang pembuatan kopolimer graft dari beberapa jenis polisakarida. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa *amilopectin-g-PAM* merupakan agen flokulan terbaik. Di mana rantai PAM yang sedikit tapi panjang adalah flokulan yang paling efektif. Shaojie, dkk (2003), melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* (St-g-PAM) kationik dengan polimerisasi inversi emulsi. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa konsentrasi inisiator, konsentrasi monomer, konsentrasi *starch*, dan temperatur reaksi mempengaruhi %GE (*grafting efficiency*) dan %GY (*grafting yield*). Sofia, dkk (2003) melakukan sintesis St-g-PAM serta uji flokulasinya. Hasilnya menunjukkan konsentrasi inisiator, konsentrasi monomer, suhu dan waktu berpengaruh terhadap nilai *grafting efficiency* dan *grafting yield*. Selain itu, semakin besar viskositas intrinsik, kinerja flokulasi akan semakin baik dan dengan metode *grafting to* diperoleh viskositas intrinsik yang paling besar. Dari penelitian Dina, dkk (2005) yang juga melakukan sintesis (St-g-PAM) dengan *grafting from* dan *grafting to* diperoleh bahwa viskositas intrinsik dari *grafting to* lebih besar daripada dengan metode *grafting from*. Erny, dkk (2005), melakukan sintesis St-g-PAM dengan metode *grafting to* dengan metode polimerisasi larutan dan invers emulsi. Hasilnya menunjukkan suhu dan waktu coupling reaksi berpengaruh terhadap jumlah rantai graft pada backbone starch. Dengan teknik invers emulsi diperoleh bobot molekul lebih tinggi daripada dengan teknik polimerisasi larutan. Maulidia, dkk (2005), meneliti tentang pembuatan flokulan non-ionik dari starch dan acrylamide dengan metode *grafting to* melalui teknik polimerisasi larutan dan inversi emulsi dimana konsentrasi monomer *acrylamide* dan konsentrasi inisiator berpengaruh terhadap panjang rantai *graft* pada *backbone starch*. Mishra (2006), melakukan penelitian tentang penggunaan *Tamarindus* dan kopolimernya dalam penghilangan warna tipe direct dan vat. Hasilnya menunjukkan bahwa *Tamarindus-g-PAM* lebih efektif dalam penghilangan warna dibandingkan dengan penggunaan *Tamarindus* saja. Sanghi, dkk (2007), meneliti kopolimerisasi seed gum dengan PAM dimana kopolimerisasi tersebut dapat menghasilkan flokulan yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah dan dengan penambahan PAC akan dapat menghilangkan warna pada limbah. Mega, dkk (2008) meneliti tentang pembuatan St-g-PAM dengan *grafting to* menggunakan teknik polimerisasi larutan, di mana dilakukan terminasi terhadap radikal *non-terminated-Polyacrylamide* (nt-PAM) sisa reaksi yang dapat mengganggu kestabilan rantai *Polyacrylamide* yang ter-*graft* pada *backbone starch*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi inisiator, konsentrasi terminator, dan waktu terminasi mempengaruhi %GE, %GY, dan viskositas intrinsik. Hantowati, dkk (2008) meneliti tentang pembuatan St-g-PAM dengan *grafting to* menggunakan teknik polimerisasi larutan, dimana produk yang dihasilkan dibagi menjadi dua bagian, flokulasi produk tanpa dan dengan proses presipitasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi inisiator, konsentrasi terminator, dan waktu terminasi mempengaruhi %GE, %GY, dan viskositas intrinsik keduanya baik pada produk cair dan padat. Rifa, dkk (2009) meneliti tentang pembuatan St-g-PAM dengan *grafting to* menggunakan teknik polimerisasi larutan, dimana produk yang dihasilkan dibagi menjadi dua bagian, flokulasi produk dengan proses *washing* dan dengan proses *non washing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil produk proses *washing* lebih baik daripada *non washing*.

Beberapa peneliti terdahulu telah melaporkan tentang kemampuan flokulan St-g-PAM yang dapat memurnikan limbah kaolin dan bijih besi. Sedangkan flokulan PAC memiliki kemampuan untuk menghilangkan warna pada air limbah. Apabila St-g-PAM dipadukan dengan PAC, maka diharapkan akan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghilangkan warna. Oleh karena itu kemampuan flokulan paduan untuk menghilangkan warna pada limbah cair penting untuk diteliti lebih lanjut.

I.2 Perumusan Masalah

Polisakarida, *starch*, mudah larut dalam air karena mengandung gugus OH. Sedangkan gugus NH_2 yang terdapat dalam *polyacrylamide* memiliki kemampuan mengikat partikel-partikel tersuspensi dalam limbah cair dan sekaligus dapat digunakan untuk menghilangkan warna pada limbah cair. Kinerja flokulan tersebut dapat ditingkatkan dengan memadukan antara hasil sintesa *starch graft polyacrylamide* dengan *polyaluminium chloride*. *Polyaluminium chloride* yang juga memiliki gugus OH dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mengikat atom nitrogen yang terkandung dalam zat warna sehingga zat warna ikut mengendap bersama flokulan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan flokulan paduan hasil sintesa starch graft polyacrylamide dengan polyaluminium chloride untuk menghilangkan warna pada limbah cair.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi flokulan, dan pengaruh pH terhadap kinerja flokulasi dari Starch-graft-Polyacrylamide dan Polyaluminium chloride, serta mempelajari perpaduan antara St-g-PAM dan PAC untuk menghilangkan warna pada limbah cair.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan flokulan dengan kemampuan flokulasi yang lebih baik dan ramah lingkungan serta mempunyai kemampuan dalam menghilangkan warna pada limbah cair hasil proses industri. Sehingga dapat memberikan kontribusi bagi industri-industri di Indonesia dalam pengolahan air limbah.