



Pengaruh Morfologi Anionik Flokulan terhadap Performa Koagulasi Nira PG. Krembong PTPN X

Lulu Sekar Taji¹, Erlangga Ardiansyah¹, dan Eva Oktavia Ningrum^{1*}

¹Departemen Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60117

*E-mail: eva-oktavia@chem-eng.its.ac.id

Abstract

The problem that occurs in Indonesia is the consumption of sugar that is greater than its production which causes the inability of the sugar industry to supply the demand of all consumers. One of the problems that occurred is caused by the large number of raw materials that are still imported, including the flocculant used in this case, namely Anionic Polyacrylamide flocculant. Anionic Polyacrylamide (APAM) was first developed using an alkaline hydrolysis process. Until now, APAM manufacturing technology has undergone many developments. However, there are only few research conducted on Anionic poly flocculant (SA-co-A) regarding the influence of polymer properties and the efficiency of its use in the sugar refining process, therefore research was conducted on the influence of Anionic flocculant morphology on the coagulation-flocculation performance of sap at Krembong PTPN X sugar factory to reduce costs in the sugar production process. In this study, poly (SA-co-A) synthesis was carried out as a flocculant to be used in the sugar refining process. The steps used are adding acrylic acid, acrylamide and sodium carbonate which are then added with the NaOH solution. The next step is the synthesis of poly(SA-co-A), the synthesis process is carried out with a nitrogen atmosphere for 3 hours which has previously been added with ammonium persulfate. This study was conducted on the concentration ratio between acrylic acid and acrylamide which uses 40:60, 50:50, 60:40 variables. The resulting flocculants will be tested for flocculant FTIR test, flocculant SEM test, NMR test, settling speed test, mud volume test, pH test, TDS test, turbidity test on sugar's sap to determine the effect of adding the flocculant. Based on the research that has been done, optimal flocculant performance was obtained, namely on the variable of poly(SA-co-A) 60:40 dose 2.5 ppm, whereas the results are almost equal or even better than commercial flocculant performance. With the removal percentage for the speed of precipitation and the volume of precipitation increases up to 4.5 and 2 times. Then for TDS and turbidity dropped to 14% and 86%.

Keywords: Acrylamide; Acrylic Acid; Flocculant.

Pendahuluan

Nira merupakan bahan baku utama produksi gula pasir. Sebelum proses pemurnian, nira bersifat asam dengan pH 5,2 – 5,5 serta terdapat pengotor lainnya yang bersifat organik dan anorganik (Edi Purnomo, 1994). Agar produksi menghasilkan gula pasir dengan kualitas yang baik, maka harus digunakan nira dengan kualitas yang baik. Salah satu cara agar untuk menghilangkan pengotor yang ada pada nira pada proses pemurnian adalah dengan menggunakan flokulan, Flokulan adalah polimer dengan berat molekul tinggi yang dibuat dalam satu dari tiga bentuk, yaitu nonionik, kationik atau anionik (Risdianto, 2007). Salah satu flokulan yang dapat digunakan dalam proses pemurnian nira adalah flokulan anionik *Polyacrylamide*, flokulan jenis ini merupakan kopolimer bermuatan karena adanya gugus fungsi karboksilat, sulfonate, atau fosfonat (Bakir, 2020; Guan, 2021)). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ningrum (2023), penggunaan flokulan *Poly(Sodium Acrylate-co-acrylamide)* (*poly(SA-co-Aam)*) pada proses flokulasi-koagulasi nira menunjukkan bahwa flokulan *poly(SA-co-Aam)* merupakan alternatif yang layak untuk flokulan komersil karena kinerja flokulasi dan koagulasinya yang baik dengan rasio SA:Aam optimal 50:50. Walaupun flokulan polimer anionik memiliki keunggulan dalam proses pemurnian nira, namun penelitian yang berfokus pada hubungan sifat polimer dan efisiensi flokulasi masih jarang dilakukan. Sehingga pada penelitian ini dilakukan sintesis flokulan *Poly Sodium Acrylate-co-Acrylamide* (SA-co-A). Adapun tujuan dari penelitian ini yakni melakukan investigasi pengaruh perbandingan konsentrasi *Acrylic Acid* dengan *Acrylamide* terhadap gugus fungsi flokulan, morfologi permukaan, *turbidity*, TDS, pH, koagulasi/flokulasi, *settling rate*, *mud volume*, dan kekompakan flok. Penambahan dosis flokulan juga diinvestigasi pengaruhnya terhadap *turbidity*, TDS, pH, koagulasi/flokulasi, *settling rate*, *mud volume*, dan kekompakan flok. Kinerja flokulan SA-co-A juga akan dibandingkan dengan flokulan komersil Kuriflok PA 331 SP.



Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan flokulan akrilamida, natrium karbonat (Na_2CO_3), sodium hidroksida (NaOH), karbon aktif, dan asam akrilat ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$) digunakan dalam proses sintesis sodium akrilat ($\text{C}_3\text{H}_3\text{NaO}_2$). Lalu untuk mensintesa *Poly(SA-co-A)* menggunakan *ammonium persulfate* (APS)

Prosedur pembuatan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah pretreatment bahan, dimana peralatan destilasi dipersiapkan dan asam akrilat dimasukkan ke dalam labu destilat. Destilasi dilakukan hingga destilat tidak menetes. Tahap selanjutnya adalah sintesis sodium acrylate. Natrium karbonat, karbon aktif, dan asam akrilat dimasukkan ke dalam beaker glass. Larutan NaOH 2N ditambahkan, dan dilakukan penyaringan untuk mendapatkan larutan natrium akrilat yang jernih. Larutan *sodium acrylate* ini disimpan untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Tahap sintesis *Poly(SA-co-A)* melibatkan memasukkan larutan sodium acrylate yang telah disintesis ke dalam reaktor. Acrylamide dan aquades ditambahkan ke dalam reaktor, dan reaktor dipanaskan hingga suhu 50°C dengan aliran nitrogen. *Ammonium persulfate* (APS) dimasukkan melalui inisiator inlet. Reaksi polimerisasi berlangsung selama 3 jam dalam atmosfer nitrogen. Polimer kemudian dicuci dengan etanol, dilarutkan dalam aquades, dan dikeringkan. Polimer yang telah kering kemudian dipotong dan dilakukan analisis.

Setelah itu, prosedur analisis dilakukan. Analisis koagulasi-flokulasi melibatkan pengisian beaker glass dengan sampel, penambahan flokulan *Poly(SA-co-A)*, pengadukan cepat dan lambat, serta pengendapan flok hingga mencapai kecepatan akhir. Volume flok yang terbentuk dan karakteristik flok diukur. Analisis settling rate dan mud volume melibatkan pengendapan sampel setelah koagulasi-flokulasi. Lama waktu pengendapan dan volume endapan diukur untuk menghitung settling rate, diukur menggunakan perhitungan berikut :

$$\text{Lama waktu pengendapan} = \frac{\text{volume endapan akhir} - \text{volume endapan awal}}{\text{waktu pengendapan akhir} - \text{waktu pengendapan awal}}$$

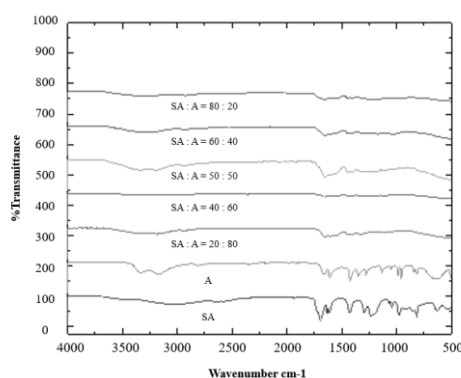
Analisis kekompakan flok melibatkan pengujian pada alat *jar test* dengan mengamati kekompakan flok saat flokulator dijalankan dengan kecepatan pengadukan 10 rpm selama 20 detik. Analisis TDS melibatkan pengambilan sampel filtrat dan pengukuran jumlah padatan terlarut menggunakan TDS meter. Analisis *turbidity* melibatkan penggunaan turbidimeter untuk mengukur tingkat kekeruhan dalam sampel yang telah diuji. Dilanjut dengan analisis pH, ini dilakukan untuk mengukur pH dalam sampel sebelum dan sesudah koagulasi-flokulasi menggunakan pH meter.

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsional dalam *Poly(SA-co-A)* dan prediksi keberhasilan reaksi polimerisasi untuk mendapatkan data bilangan gelombang (cm^{-1}). Perbandingan konsentrasi monomer lalu diuji menggunakan *infrared spectrophotometry*.

Analisis SEM dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* dengan tipe JSM 35C. Analisis ini dilakukan menggunakan sampel flokulan *Poly(SA-co-A)* dan flokulan komersial dengan perbandingan konsentrasi monomer yang telah dilekatkan pada boat sensor gas dengan perbesaran 250x, 500x, 1000x dan 2500x.

Hasil dan Pembahasan

Analisa FTIR



Gambar 1. Spektrum infra merah: *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 20:80, *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 40:60, *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 50:50, *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 60:40, dan *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 80:20

Pada Gambar 1 terlihat sodium acrylate terdapat ikatan C-C ditunjukkan pada panjang gelombang $2988,45 \text{ cm}^{-1}$. Ikatan O-H ditunjukkan pada panjang gelombang $2658,93 \text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $1694,01 \text{ cm}^{-1}$ $1634,45 \text{ cm}^{-1}$ $1613,96 \text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O ditunjukkan pada panjang gelombang $1293,51 \text{ cm}^{-1}$ $1235,69 \text{ cm}^{-1}$ $1067,42 \text{ cm}^{-1}$ $1043,62 \text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H ditunjukkan pada panjang gelombang $974,34 \text{ cm}^{-1}$ $920,70 \text{ cm}^{-1}$ $816,48 \text{ cm}^{-1}$ $629,55 \text{ cm}^{-1}$ $1429,86 \text{ cm}^{-1}$.

Pada *acrylamide* ikatan O-H kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $3333,46 \text{ cm}^{-1}$ $3164,33 \text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H

ditunjukkan pada panjang gelombang $2812,07\text{ cm}^{-1}$ $2357,27\text{ cm}^{-1}$ $1424,54\text{ cm}^{-1}$ $1351,02\text{ cm}^{-1}$ $985,11\text{ cm}^{-1}$ $958,99\text{ cm}^{-1}$ $840,26\text{ cm}^{-1}$ $815,41\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O ditunjukkan pada panjang gelombang $1920,90$ $1050,46\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $1651,91$ $1610,73\text{ cm}^{-1}$.

Pada *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 20:80 terdapat ikatan N-H dengan intensitas sedang ditunjukkan pada panjang gelombang $3184,49\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $2928,86\text{ cm}^{-1}$ dan $1651,73\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1449,00\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1119,20\text{ cm}^{-1}$.

Pada *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 40:60 terdapat ikatan N-H ditunjukkan pada panjang gelombang $3359,21\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $1651,85\text{ cm}^{-1}$; $1596,51\text{ cm}^{-1}$ dan $1552,52\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1444,85\text{ cm}^{-1}$ dan $1403,73\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1167,80\text{ cm}^{-1}$.

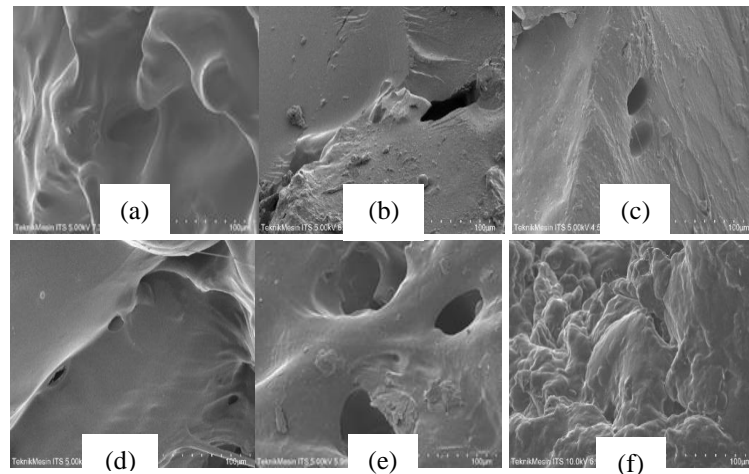
Pada *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 50:50 terdapat ikatan N-H dengan intensitas sedang ditunjukkan pada panjang gelombang $3338,26\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $1648,18\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $2929,05\text{ cm}^{-1}$ dan $1449,25\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1172,61\text{ cm}^{-1}$ dan $1116,19\text{ cm}^{-1}$.

Pada *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 60:40 terdapat ikatan N-H dengan intensitas sedang ditunjukkan pada panjang gelombang $3337,80\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $2923,92\text{ cm}^{-1}$ dan $1654,59\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1448,46\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1165,93\text{ cm}^{-1}$.

Pada *Poly(SA-co-A)* konsentrasi 80:20 terdapat ikatan N-H dengan intensitas sedang ditunjukkan pada panjang gelombang $3347,41\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C ditunjukkan pada panjang gelombang $2920,18\text{ cm}^{-1}$ dan $1651,61\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-H dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1446,59\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C-O dengan intensitas kuat ditunjukkan pada panjang gelombang $1166,20\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan data tersebut diketahui terjadi penurunan gugus C=C, dimana tujuan polimerisasi yaitu memecah gugus ikatan rangkap.

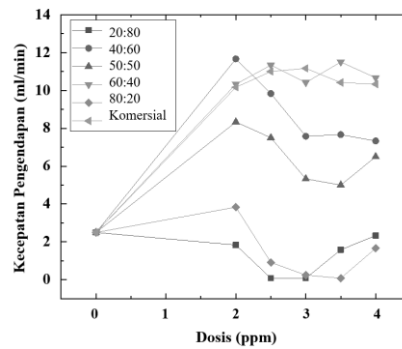
Analisa SEM



Gambar 2. Hasil Analisa SEM *Poly(SA-co-A)* (a) perbandingan konsentrasi 20:80, (b) perbandingan konsentrasi 40:60, (c) perbandingan konsentrasi 50:50, (c) perbandingan konsentrasi 60:40, (c) perbandingan konsentrasi 80:20 dan (d) flokulan komersil

Pada gambar di atas merupakan gambar SEM dengan perbesaran 500x. Dapat dilihat permukaan *Poly(SA-co-A)* pada perbandingan 20:80 mulai terbentuk agregat namun tidak terbentuk porous, kemudian pada perbandingan 80:20 terbentuk porous yang terlihat jelas. Porous yang terbentuk sebanding dengan peningkatan perbandingan konsentrasi sodium akrilat. Sedangkan jika dibandingkan dengan flokulan komersil, pada perbandingan 80:20 terlihat porous yang terbentuk lebih banyak. Terbentuknya pori akan menyebabkan luas permukaan semakin besar sehingga luas kontak dan kemampuan flokulan untuk mengadsorpsi koloid terhadap nira semakin tinggi. Hal ini akan meningkatkan efisiensi pada proses flokulasi (Yang, 2013).

Analisa *Settling Rate* dan *Mud Volume*

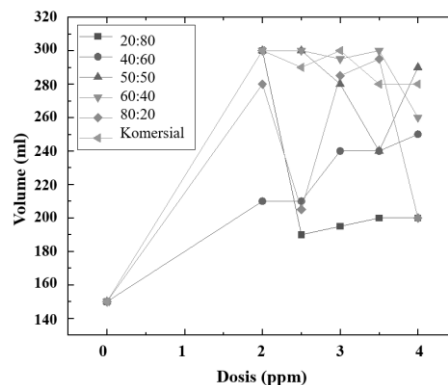


Gambar 3. Pengaruh Dosis terhadap Kecepatan Pengendapan

Kecepatan pengendapan merupakan parameter yang penting dalam klarifikasi nira. Pengendapan akan terus berlangsung selama waktu yang tak hingga. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kecepatan pengendapan setelah penambahan *Poly(SA-co-A)*. Namun juga terjadi penurunan kecepatan yang kemudian meningkat dengan penambahan dosis 3 ppm hingga 4 ppm. Menurut Craciun (2015), semakin tinggi penambahan dosis flokulan maka dapat menghasilkan kecepatan pengendapan yang lebih cepat. Pada penambahan dosis *Poly(SA-co-A)* yang rendah, kecepatan pengendapan juga rendah. Ketika dosis polimer meningkat maka partikel yang dijembatani lebih banyak dan flok yang terbentuk lebih besar. Sehingga meningkatkan kecepatan pengendapan. Pada penambahan dosis 2,5 ppm hingga 3 ppm terjadi penurunan. Hal ini dikarenakan jumlah polimer kurang optimum untuk menjembatani partikel dan flok yang terbentuk sehingga kecepatan pengendapan lambat.

Bridging merupakan salah satu mekanisme flokulasi menggunakan flokulan polimer. Mekanismenya disukai apabila polimer memiliki rantai yang panjang. Pada gambar diatas juga terlihat bahwa penambahan konsentrasi *sodium acrylate* pada *Poly(SA-co-A)* dapat meningkatkan *settling rate*.

Pada perbandingan monomer 60:40 didapatkan hasil yang hampir menyerupai dengan kecepatan pengendapan flokulan komersil, namun 0,2 ml/menit lebih cepat dibandingkan dengan penambahan flokulan komersil.



Gambar 4. Pengaruh Dosis terhadap Volume Pengendapan

Pada Gambar 4 menunjukkan jumlah volume pengendapan pada berbagai dosis flokulan dan konsentrasi monomer. Terlihat bahwa dengan penambahan flokulan, volume endapan lebih banyak dibandingkan tanpa penambahan flokulan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Craciun (2015) bahwa dengan penambahan konsentrasi sodium dapat mensuplai anion yang banyak sehingga mekanisme *bridging* dapat berlangsung optimal. Untuk membentuk jembatan yang efektif harus ada rantai polimer yang memadai dan mampu membentuk jangkauan yang luas untuk mengikat partikel. Oleh karena itu, penambahan konsentasi sodium akan meningkatkan kecepatan pengendapan flokulan yang berakibat menaikkan volume dari pengendapan. Namun pada penambahan *Poly(SA-co-A)* 20:80, 50:50 dan 80:20 didapatkan hasil yang fluktuatif. Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan teknis saat pembagian nira pada beacker glass sebelum dilakukan koagulasi-flokulasi. Sehingga volume awal blotong tidak merata antara dosis 1 dengan yang lain.

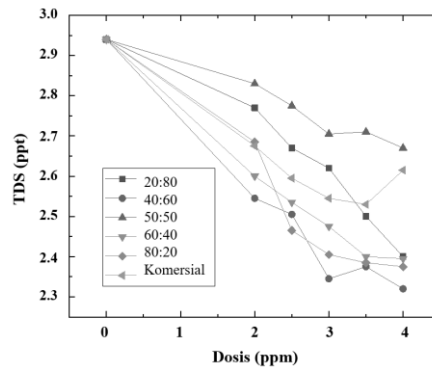
Volume endapan optimum dihasilkan dengan penambahan *Poly(SA-co-A)* 60:40. Dimana pada penambahan *Poly(SA-co-A)* volume endapan yang terbentuk hampir menyerupai volume endapan yang dihasilkan dengan penambahan flokulan komersil.

Analisa Kekompakan Flok

Pada analisa kekompakan flok dilakukan dengan memberikan rpm rendah yaitu 10 rpm selama 20 detik pada bagian supernatant. Kemudian diamati kondisi dari flok. Hasil yang didapatkan hampir semua variabel memiliki hasil flok yang cukup kompak. Namun pada variabel 50:50, 60:40 dan komersil pada bagian atas endapan saat dilakukan

pengadukan terlihat kembali menyebar. Hal ini bisa dikarenakan flok tersebut tidak berhasil masuk ke dalam jaring-jaring yang telah terbentuk. Sehingga flok tersebut berada di atas jaring-jaring tersebut. Dengan adanya proses pengadukan, akan menyebabkan flok tersebut kembali melayang-layang karena tidak terjaring.

Analisa TDS



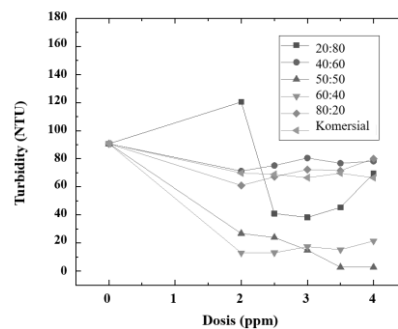
Gambar 5. Pengaruh Dosis terhadap TDS

Gambar 5 menunjukkan pengaruh dosis flokulan dan konsentrasi monomer terhadap nilai TDS. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi dosis penambahan flokulan maka nilai TDS yang dihasilkan akan semakin turun. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya pengotor-pengotor yang dinetralkan oleh flokulan. Pada proses pengendapan flok, TDS yang terdapat dalam nira ikut terjaring dan mengendap bersama flok yang terbentuk.

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui penurunan TDS terbaik pada perbandingan konsentrasi monomer 40:60 dan 60:40. Menurut Mishra (2003) penambahan flokulan dalam suspensi nira menyebabkan sejumlah padatan berkumpul dan mengendap. Namun penambahan konsentrasi monomer *sodium acrylate* lebih lanjut dapat meningkatkan jumlah flok yang terbentuk. Namun, jumlah flok yang terlalu banyak dapat menyebabkan tumbukan antara partikel yang teragregat sehingga menyebar kembali dalam suspensi.

Pada penambahan flokulan komersial menunjukkan penurunan nilai TDS seiring dengan penambahan dosis. Jika dibandingkan dengan *Poly(SA-co-A)*, nilai TDS *Poly(SA-co-A)* 40:60 dan 60:40 lebih rendah daripada flokulan komersial.

Analisa Turbidity



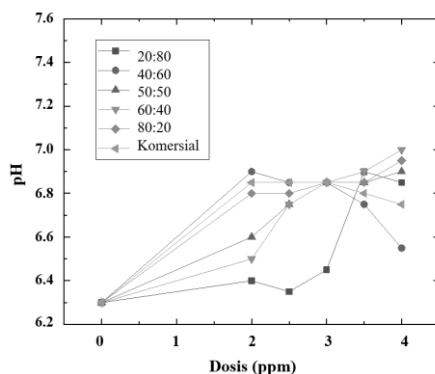
Gambar 6. Pengaruh Dosis terhadap Turbidity

Secara umum dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kekeruhan dengan penambahan flokulan. Pada konsentrasi monomer 50:50 dan 60:40 penurunan nilai turbidity berbanding lurus dengan dosis flokulan. Semakin tinggi dosis flokulan diperoleh tingkat penurunan kekeruhan yang semakin baik. Pertama-tama penambahan dosis flokulan dapat meningkatkan laju adsorpsi namun pemberian dosis berlebih dapat menyebabkan partikel yang teradsorpsi diselubungi oleh kelebihan dosis flokulan sehingga partikel tetap terdispersi dan tidak membentuk flok (Abidin, 2018).

Ketika perbandingan konsentrasi monomer 20:80 jumlah ion anion yang disuplai kecil sehingga jembatan yang terbentuk kecil dan tidak memadai untuk menangkap partikel. Sedangkan pada perbandingan konsentrasi monomer 60:40 jumlah ion anion terlalu banyak sehingga flok yang terbentuk semakin banyak namun memungkinkan terjadinya tumbukan antar flok sehingga terdispersi kembali dalam suspensi.

Penambahan flokulan komersial menurunkan nilai turbidity namun tidak lebih kecil dari nilai turbidity pada penambahan *Poly(SA-co-A)* dengan perbandingan monomer 50:50 dan 60:40.

Analisa pH



Gambar 7. Pengaruh Dosis terhadap pH

Pada Gambar 7 secara umum dapat dilihat bahwa penambahan flokulan tidak memberikan perubahan signifikan pada pH nira. Dimana nilai pH masih berada pada rentang pH yang diijinkan. Terjadi sedikit peningkatan dan cenderung konstan pada pH 6. Pada perbandingan 20:80 sempat terjadi peningkatan yang signifikan pada dosis 3 ppm ke 3,5 ppm. Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan teknis pada proses koagulasi flokulasi, dan adanya perbedaan nira yang digunakan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa Kinerja flokulan yang optimal yaitu pada variabel *Poly(SA-co-A)* 60:40 dosis 2,5 ppm, dimana hasilnya hampir menyamai bahkan lebih baik daripada kinerja flokulan komersial. Dengan % removal sebagai berikut :

1. Pada *Poly(SA-co-A)* 60:40 dapat meningkatkan kecepatan pengendapan hingga 4,5 kali dari tanpa penambahan flokulan. Sedangkan pada flokulan komersial 4,4 kali dari tanpa penambahan flokulan.
2. Pada *Poly(SA-co-A)* 60:40 meningkatkan volume pengendapan hingga 2 kali dari tanpa penambahan flokulan. Sedangkan pada flokulan komersial 1,9 kali dari tanpa penambahan flokulan.
3. Pada *Poly(SA-co-A)* 60:40 menurunkan nilai TDS hingga 14% dari tanpa penambahan flokulan. Sedangkan pada flokulan komersial 12%.
4. Pada *Poly(SA-co-A)* 60:40 menurunkan nilai Turbidity hingga 86% dari tanpa penambahan flokulan. Sedangkan pada flokulan komersial 24%.

Daftar Notasi

gr = massa [gr]
ml = volume [ml]
mg = massa [mg]
rpm = kecepatan rotasi [rpm]
ppm = konsentrasi [ppm]

Daftar Pustaka

- Abidin, A. Z., Aflahi, R. and Arfan, K., Komparasi Kinerja Flokulan Akrilamida AMDMC dan AMDAC pada Penjernihan Air, *Jurnal Teknologi* 2018, II(1), pp. 1–7.
- Bakir, H., Denman, J.A., and Doherty, W.O.S., Slow settling behaviour of soil nano particles in water and synthetic sugarcane juice solutions, *J. Food Eng.* 2020, 279, 109978.
- Craciun, Gabriela. (2015). Synthesis and Characterization of Poly(Acrylamide-Co-Acrylic Acid) Flocculant Obtained by Electron Beam Irradiation. *Materials Research*. 2015; 18(5): 984-993
- Guan, G., Gao, T., Wang, X., and Lou, T., A cost-effective anionic flocculant prepared by grafting carboxymethyl cellulose and lignosulfonate with acrylamide, *Cellulose* 2021, 28 (17), 11013–11023.
- Ningrum, E. O. et al. Flocculation Performance of Industrial Sugarcane Juice by Acrylamide-Based Anionic Flocculant, *Indonesian Journal of Chemistry* 2023, 23(1), pp. 33–43.
- Purnomo, E. Susu Kapur Bening untuk Pra Defikasi nira gilingan dalam *Majalah Penelitian Gula Indonesia*. P3GI: Pasuruan, 1994.
- Mishra, Anuradha, Monika Agarwal, and Alpa Yadav. Fenugreek mucilage as a flocculating agent for sewage treatment. *Colloid and Polymer Science* 281.2 (2003): 164–167. (9), 3037e3046.
- Risdianto, D. (2007). Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu. 56-58.
- Yang, Z., Yuan, B., Huang, X., Zhou, J., Cai, J., Yang, H., Li, A., Cheng, R., Evaluation of the flocculation performance of carboxymethyl chitosan-graft-polyacrylamide, a novel amphoteric chemically bonded composite flocculant. *Water Res.* 2012, 46 (1), 107e114.