

OPTIMASI JUMLAH TANAH LIAT, TAWAS, DAN KAPUR PADA PROSES PENGENDAPAN LIMBAH CAIR TAHU DENGAN METODE *PERUNUT I-131*

Sugili Putra, Mutia Anggraini, Suryo Rantjono

Teknikimia Nuklir STTN-BATAN Yogyakarta
Jalan Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281

ABSTRAK

KANDUNGAN LOGAM DI DALAM SEDIMEN WADUK GAJAH MUNGKUR KABUPATEN WONOGIRI. Penelitian mengenai kandungan logam pada sedimen waduk Gajah Mungkur kabupaten Wonogiri telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan unsur logam di dalam waduk Gajah Mungkur kabupaten Wonogiri dengan metode AANC. Pencuplikan sedimen dilakukan di 3 (tiga) lokasi di daerah waduk tersebut. Pencuplikan pada bulan April 2008 dengan waktu pencuplikan pada jam 10.00 – 14.00 WIB. Kandungan unsur logam di waduk ditentukan dengan menggunakan Generator Neutron SAMES J-25 serta peralatan spektrometer gamma dengan detektor NaI(Tl) serta standar pembanding SRM 2704 (buffalo river sediment, BRS) dari NIST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kandungan unsur logam yang tersebar didalam waduk pada lokasi 1 hingga 3 untuk Fe: 7,4 - 32 % Al: 12 - 16 % ; Si: 40 % dan Cr total: 3 - 16 ppm. Adapun akurasi untuk unsur logam Fe, Al, Si dan Cr total mempunyai kisaran: 5,25 - 10,75 %; presisi: 10,99 - 14,25 % dan batas deteksi untuk Al = 1 %, Na= 0,14 %, Mg = 0,05 %, Si = 2 %, Fe = 1 % dan Cr= 0,01 ppm. Didasarkan data penelitian menunjukkan bahwa di dalam sedimen waduk telah mengalami pencemaran unsur logam berat, utamanya unsur Cr total.

Kata kunci: Limbah Cair Tahu, Optimasi, Labelling I-131

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF CLAY, ALUM, AND LIME BY TOFU LIQUID WASTE SEDIMENTATION PROCESS WITH LABELLING I-131 METHODE. In the research, tofu liquid waste can be treatment by sedimented with coagulan and flocculan, such as clay, alum, and lime. One of important things in chemical process is optimization to get optimum condition. Optimization of clay, alum, and lime which added in tofu liquid waste is got by radioisotop I-131 labelling methode. Influential factors in tofu liquid waste sedimentation process are time of reaction, speed of agitation, and diameter of blade (impeler/magnetic stirrer). The result are optimum condition of clay, alum, and lime are 0,6195 gram, 2,418 gram, and 3,975 gram to sedimented 300 mL tofu liquid waste. Time of reaction in tofu liquid waste sedimentation process did not influence reaction product. Optimum condition of speed's agitation is in 7 ppd. Optimum of length of blade (impeler/magnetic stirrer) is 4 cm for 10 cm tank's diameter.

Keywords : Tofu Liquid Waste, Optimization, Labelling I-131

PENDAHULUAN

Limbah cair tahu akan mencemari lingkungan jika dibuang tanpa proses pengolahan limbah terlebih dahulu. Limbah cair tahu dapat menyebabkan bau busuk pada air lingkungan akibat dari proses penguraian (dekomposisi) bahan organik (protein, terutama gugus amin) dari

limbah cair tahu oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk^[1].

Limbah cair tahu juga berpotensi menimbulkan berbagai macam penyakit karena protein yang terkandung dapat menjadi media yang sangat baik untuk berkembangnya mikroba pathogen^[2]. Air limbah akan berubah warna

* Corresponding author. Tel/Fax: 0274-489716/0274-489715
Email address: sugili@sttn-batan.ac.id

menjadi coklat kehitaman dan apabila air ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur tersebut tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila air limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan maka akan menimbulkan penyakit gatal, diare, dan penyakit lainnya.^[3]

Kandungan fosfor, nitrogen, dan sulfur serta unsur hara lainnya dengan konsentrasi tinggi di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air. Kondisi demikian lambat laun akan menyebabkan kematian biota dalam air.^[4] Ditinjau dari dampak-dampak negatif dari limbah cair tahu, maka limbah cair tahu perlu diolah agar menjadi lebih bermanfaat dan tidak mencemari lingkungan.

Salah satu proses pengolahan limbah adalah dengan cara pengendapan. Proses pengendapan dilakukan dengan cara menambahkan bahan-bahan pengendapan (flokulan dan koagulan) sehingga bahan-bahan berbahaya pada limbah cair tahu akan terendapkan. Tanah liat, tawas, dan kapur adalah bahan-bahan pengendapan yang telah banyak digunakan.

Salah satu hal penting dalam proses kimia adalah perlunya optimasi. Optimasi adalah usaha untuk menyempurnakan suatu proses dengan menggunakan bahan seminimal mungkin, sehingga akan diperoleh hasil proses yang sebaik-baiknya. Optimasi jumlah tanah liat, tawas, dan kapur dapat diketahui dengan metode labelling (penandaan) menggunakan radioisotop I-131.

Radioisotop I-131 dimasukkan ke dalam limbah cair tahu setelah diikatkan dengan kaolin dalam tanah liat melalui reaksi penandaan (*labelling*). Di dalam limbah cair tahu, radioisotop ini akan bergerak bersama-sama dengan senyawa yang ditumpanginya sesuai dengan dinamika senyawa tersebut di dalam limbah cair tahu. Dengan demikian, keberadaan dan distribusi senyawa tersebut di dalam limbah cair tahu akan mencerminkan sifat dan perlakuan koloid-koloid dalam limbah cair tahu.

Proses pengadukan akan menyebabkan partikel-partikel dalam limbah cair tahu bertumbukan. Semakin besar frekuensi tumbukan antar partikel maka akan memperbesar nilai faktor tumbukan per satuan luas (A), sehingga semakin besar pula konstanta kecepatan reaksi (k) yang dihasilkan. Konstanta kecepatan reaksi yang besar akan menyebabkan besarnya kecepatan reaksi (r). Kecepatan reaksi akan mempengaruhi waktu reaksi. Semakin besar kecepatan reaksi maka akan semakin cepat waktu reaksi.

Panjang blade (*magnetic stirrer*) akan mempengaruhi nilai bilangan Reynold. Blade yang panjang akan menyebabkan nilai bilangan Reynold besar. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya aliran turbulen yang dapat memecah flok yang telah terbentuk.

METODE

Bahan

1. Limbah cair tahu industri rumah tangga di desa Demblaksari, Kabupaten Wonosari, Yogyakarta.
2. Tanah liat
3. Tawas
4. Kapur
5. Radioisotop I-131 dengan $A_0 = 17,89$ mCi, pada tanggal 3 juni 2009.
6. Aquadest

Peralatan

1. Beker Glass 500 mL
2. Neraca Analitik Denver 300
3. Gelas Arloji
4. Sendok Sungu
5. Magnetik Stirer Nouva II
6. Pinset
7. Pompa vakum
8. Centrifuge PLC Series
9. Sarung tangan
10. Corong
11. Stopwatch
12. Pipet Volume 5 mL
13. Lampu Pemanas Philips 220 – 230 V Infra Red 250 S
14. Planset
15. Penampung limbah RA
16. Detektor GM Ludlum Measurement. Inc model 44-7
17. Mikropipet Eppendorf 500 μ L
18. Kertas Saring Gulung

Penentuan Kestabilan Alat

1. Alat cacah dihidupkan.
2. Kondisi tegangan diatur pada 900 kV dan waktu pencacahan 60 detik.
3. Cacah latar diukur.
4. Sumber standar (Co-60 atau Cs-137) diletakkan di bawah detektor pada jarak 2 cm dari permukaan detektor.
5. Sumber standar tersebut dicacah selama 60 detik.
6. Langkah 5 diulangi sebanyak 20 kali.
7. Nilai kestabilan alat dihitung menggunakan metode Chi square.

Penentuan Waktu Pencacahan Minimum

1. Alat cacah dihidupkan.
2. Tegangan diatur pada 900 kV dan diukur cacah latarnya.
3. Sumber I-131 diletakkan di bawah detektor pada jarak 2 cm dari permukaan detektor.
4. Sumber tersebut dicacah selama 10 detik, 30 detik, 60 detik, dan 300 detik.
5. Langkah 5 diulangi sebanyak 10 kali.
6. Waktu pencacahan minimum dicari dengan metode standar deviasi.

Pencacahan Sampel

1. Alat cacah dihidupkan.

2. Tegangan diatur pada 900 kV dan waktu 60 detik.
3. Cacah latar diukur.
4. Sampel diletakkan di bawah detektor pada jarak 2 cm dari permukaan detektor.
5. Sampel dicacah selama 60 detik dan diulangi sebanyak 3 kali.

Labelling tanah liat

1. Tanah liat ditimbang sebanyak 15 gram.
2. Tanah liat dihaluskan kemudian discreening dengan ukuran 200 mesh.
3. Tanah liat dimasukkan ke dalam gelas beker 1000 mL, ditambahkan aquadest 1000 mL.
4. Larutan tanah liat diaduk, didiamkan larutan tersebut sampai terbentuk endapan.
5. Tanah liat disaring menggunakan kertas saring dengan bantuan pompa vakum.
6. Konsentrasi tanah liat diukur dengan metode gravimetri.
7. Radioisotop I-131 ditambahkan sebanyak 500 μ L ke dalam filtrat hasil penyaringan.

Pengukuran Konsentrasi Pengeruh dengan Metode Gravimetri

1. *Cuvet centrifuge* dikeringkan dan ditimbang.
2. Slurry tanah liat diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam *cuvet centrifuge*.
3. *Cuvet centrifuge* dimasukkan ke dalam *centrifuge* kemudian dihidupkan (diputar) selama 20 menit dengan kecepatan 10 pada skala *centrifuge PLC Series*.
4. Langkah 3 diulangi sampai endapan berada di bagian bawah *cuvet*
5. Beningan diambil dan diganti dengan aquadest.
6. Beningan dimasukkan ke dalam *centrifuge* dan *centrifuge* dihidupkan selama 20 menit dengan kecepatan 10 pada skala *centrifuge PLC Series*.
7. Langkah 5 dan 6 diulangi sebanyak 3 kali.
8. Beningan diambil, *cuvet* dan endapan dikeringkan hingga kering.
9. *Cuvet* dan endapan yang telah kering ditimbang.
10.
$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{berat Endapan}}{\text{Umpam yang Dimasukkan}}$$

Penentuan Optimasi Jumlah Tanah Liat, Tawas, dan Kapur

1. Limbah cair tahu dimasukkan sebanyak 300 mL ke dalam gelas beker 500 mL
2. Tanah liat yang sudah dilabel sebanyak 105 mL ditambahkan dalam limbah cair tahu.
3. Tawas sebanyak 0,509 gram ditambahkan ke dalam larutan sampel.
4. Larutan diaduk dengan kecepatan pengadukan 8 ppd selama 1 menit.
5. Larutan sampel dipipet sebanyak 5 mL, kemudian disaring.

6. Filtrat hasil penyaringan sebanyak 1000 μ L dimasukkan dalam plancet, dikeringkan menggunakan lampu Infra merah.
7. Sampel dicacah menggunakan pencacah detektor Geiger Muller.
8. kapur sebanyak 0,619 gram dimasukkan pada limbah cair tersebut.
9. Langkah 4-7 diulangi dengan pemberian tawas dan kapur secara bergantian sampai ditemukan optimasi jumlah tawas dan kapur yang ditambahkan.
10. Grafik cacah I-131 dalam filtrat sebagai fungsi penambahan tawas dan kapur dibuat.

Penentuan Waktu Reaksi Optimum

1. Limbah cair tahu sebanyak 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.
2. Tanah liat yang telah dilabel ditambahkan sebanyak 105 mL, 2,418 gram tawas, dan 3,975 gram kapur.
3. Larutan diaduk dengan kecepatan pengadukan 7 ppd (putaran per detik).
4. Larutan sampel dipipet sebanyak 5 mL, kemudian disaring.
5. Filtrat hasil penyaringan sebanyak 1000 μ L dimasukkan dalam plancet, dikeringkan menggunakan lampu Infra merah.
6. Sampel dicacah menggunakan pencacah detektor Geiger Muller.
7. Langkah 3-6 diulangi dengan variasi waktu pengadukan berturut-turut 0, 30, 60, 90, 120, 150 dan 600 detik.
8. Grafik cacah I-131 sebagai fungsi waktu reaksi dibuat.

Penentuan Kecepatan Pengadukan

1. Limbah cair tahu sebanyak 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.
2. Tanah liat yang telah dilabel ditambahkan sebanyak 105 mL, 2,418 gram tawas, dan 3,975 gram kapur.
3. Larutan diaduk selama 5 menit.
4. Larutan sampel dipipet sebanyak 5 mL, kemudian disaring.
5. Filtrat hasil penyaringan sebanyak 1000 μ L dimasukkan dalam plancet, dikeringkan menggunakan lampu Infra merah.
6. Sampel dicacah menggunakan pencacah detektor Geiger Muller.
7. Langkah 3-6 diulangi dengan variasi kecepatan pengadukan berturut-turut 5 ppd, 6 ppd, 7 ppd, 8 ppd, dan 9 ppd.
8. Grafik persen cacah I-131 sebagai fungsi kecepatan pengadukan dibuat.

Penentuan Panjang Blade (Magnetic Stirrer)

1. Limbah cair tahu sebanyak 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.

2. Tanah liat yang telah dilabel ditambahkan sebanyak 105 mL, 2,418 gram tawas, dan 3,975 gram kapur.
3. Larutan diaduk selama 5 menit menggunakan magnet dengan panjang 5 cm.
4. Larutan sampel dipipet sebanyak 5 mL, kemudian disaring.
5. Filtrat hasil penyaringan sebanyak 1000 µL dimasukkan dalam plancet, dikeringkan menggunakan lampu Infra merah.
6. Sampel dicacah menggunakan pencacah detektor Geiger Muller
7. Langkah 3-6 diulangi dengan variasi panjang blade (magnetik stirer) 4 cm dan 2,5 cm.
8. Grafik persen cacah I-131 sebagai fungsi panjang blade (magnetic stirrer) dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kestabilan Alat

Kestabilan alat detektor Geiger Muller dapat dicari menggunakan metode tes Chi Square. Harga Chi Square didefinisikan sebagai berikut:

$$\chi^2 = \frac{\sum (x-x)^2}{x}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga χ^2 terletak pada jangkauan yang baik untuk jumlah pengukuran 20 kali. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa alat cacah detektor Geiger Muller dapat bekerja dengan baik ditinjau dari segi statistik.

Penentuan Standard Deviasi dan Waktu Minimum Pencacahan

Waktu minimum pencacahan dapat dicari berdasarkan grafik standar deviasi. Gambar 1 menunjukkan waktu minimum pencacahan adalah sebesar 60 detik atau 1 menit. Hal ini terjadi karena nilai cacah mulai stabil pada pencacahan 60 detik.

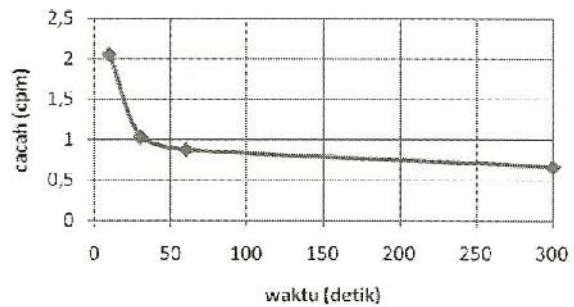
Optimasi jumlah tanah liat yang ditambahkan pada proses pengendapan limbah cair tahu dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{ppm} = \frac{mt-m_0}{v} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)$$

mt = massa tanah liat dan kuvet

m0 = massa kuvet

v = volume tanah liat dalam kuvet



Gambar 1. Grafik Standar Deviasi

Optimasi Jumlah Tanah liat, Tawas, dan Kapur

$$\text{Kadar tanah liat (ppm)} = \frac{(4,994 - 4,935) \text{ gr}}{10 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ gr}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 5900 \text{ ppm}$$

Jumlah tanah liat yang ditambahkan dicari dengan persamaan :

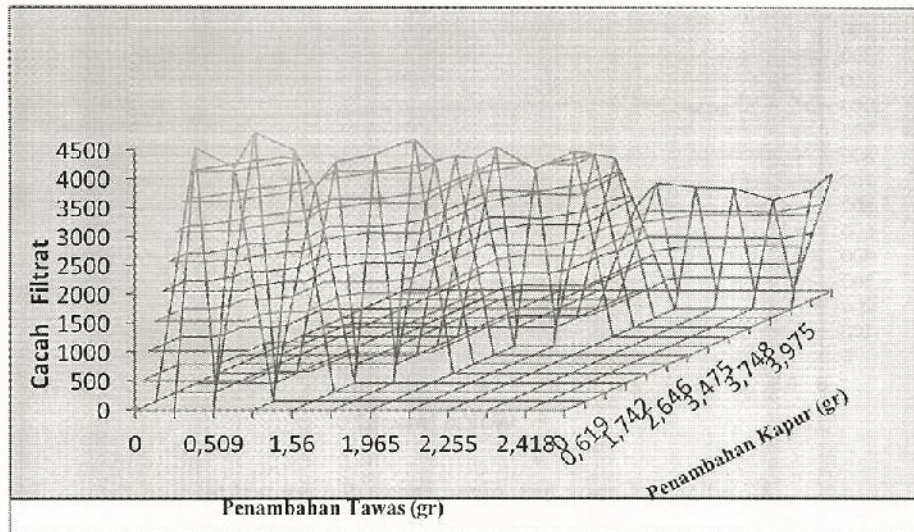
$$= \text{kadar (ppm)} \times V \text{ penambahan tanah liat (mL)}$$

$$\text{Optimum tanah liat} = 5900 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 105 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 619,5 \text{ mg}$$

Untuk menentukan jumlah optimum tawas dan kapur dibuat grafik hubungan antara cacah I-131 pada filtrat dengan variasi penambahan jumlah tawas dan kapur.

Penurunan nilai cacah juga disebabkan karena belum tercapainya keadaan setimbang. Jumlah tawas dan kapur yang ditambahkan masih belum mencapai kondisi stokiometri. Pada saat tercapainya kondisi setimbang maka nilai cacah akan cenderung tetap. Titik ini disebut titik ekuivalen atau titik optimum. Kenaikkan nilai cacah terjadi setelah titik optimum, hal ini terjadi karena jumlah tawas dan kapur yang ditambahkan telah melewati kondisi kesetimbangan sehingga akan menyebabkan reaksi samping yang akan memecah flok dan menaikkan nilai cacah radioisotop I-131.

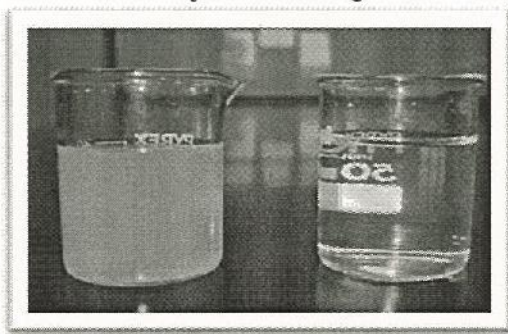
Jumlah optimum tawas dan kapur yang ditambahkan untuk mengendapkan limbah cair tahu diketahui dengan mengamati penurunan nilai cacah radioisotop I-131 yang cenderung tetap. Grafik Optimasi Tawas dan Kapur menunjukkan penurunan nilai cacah radioisotop I-131 yang cenderung tetap terjadi pada saat penambahan tawas sebanyak 2,418 gram dan kapur sebanyak 3,975 gram.



Gambar 2. Grafik Optimasi Tawas dan Kapur

Hasil proses pengendapan limbah cair tahu adalah filtrat yang bening. Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara hasil penyaringan limbah cair tahu tanpa perlakuan dan hasil penyaringan setelah proses pengendapan.

Limbah cair tahu mengandung koloid-koloid penyebab kekeruhan yang lolos saring. Tanah liat yang ditambahkan akan menggumpalkan koloid-koloid tersebut menjadi gumpalan-gumpalan kecil. Jarak antar gumpalan tersebut masih berjauhan. Penambahan tawas akan mendekatkan jarak antar gumpalan sehingga membentuk flok-flok besar yang dapat tersaring pada kertas saring. Kapur berperan untuk menaikkan pH limbah cair tahu menjadi netral, sehingga kinerja tawas akan optimal. Selain itu, filtrat hasil pengendapan limbah cair tahu akan aman jika dibuang ke lingkungan.



Gambar 3. Hasil proses pengendapan limbah cair tahu

Penentuan Waktu Reaksi Optimum

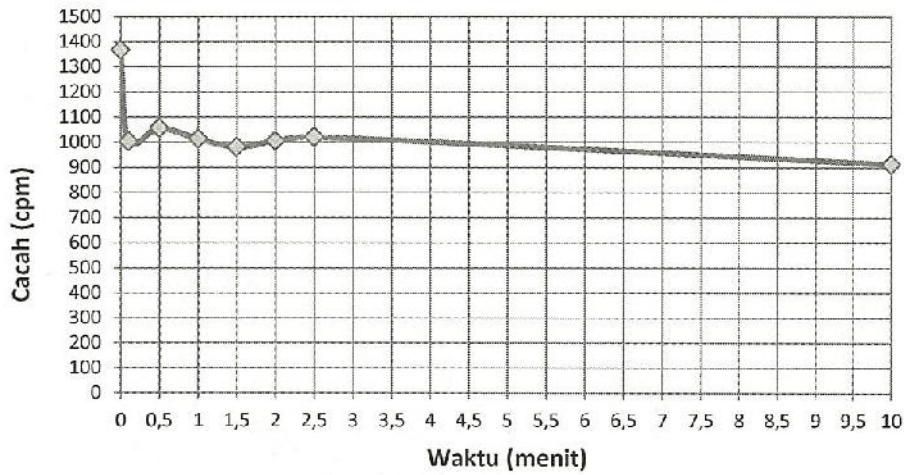
Waktu reaksi optimum pada proses pengendapan limbah cair tahu dapat ditentukan dengan membuat grafik hubungan antara cacah radioisotop I-131 dengan waktu reaksi.

Gambar 4 menunjukkan bahwa reaksi antara tanah liat, tawas, kapur, dan koloid-koloid pada limbah cair tahu berlangsung secara spontan (seketika). Nilai cacah radioisotop I-131 mengalami penurunan yang konstan pada berbagai variasi waktu. Sehingga waktu reaksi yang semakin lama tidak berpengaruh terhadap hasil cacah. Hal ini terjadi karena tanah liat, tawas, kapur, dan koloid dalam limbah cair tahu langsung bertumbukan satu sama lain secara cepat membentuk flok-flok. Tumbukan tersebut akan berhenti jika jumlah pereaksi telah habis, sehingga untuk variasi waktu yang semakin lama, nilai cacah yang dihasilkan akan sama.

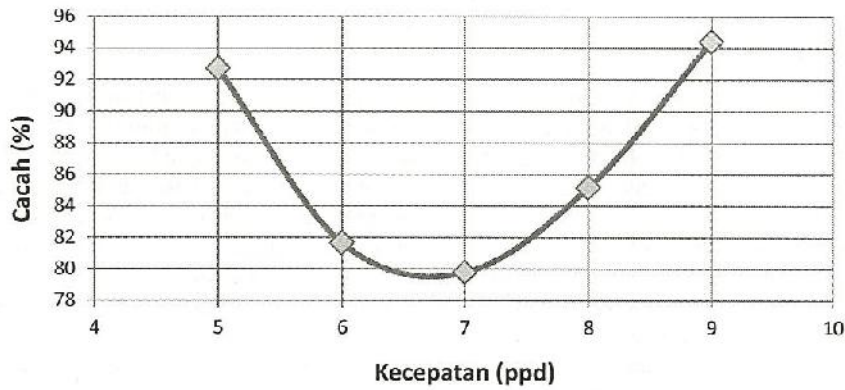
Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum

Kecepatan pengadukan optimum proses pengendapan limbah cair tahu dapat diketahui dengan mengukur nilai cacah radioisotop I-131 pada berbagai variasi kecepatan pengadukan dan dibuat grafik hubungan persen cacah filtrat dengan kecepatan pengadukan yang ditunjukkan pada Gambar 5.

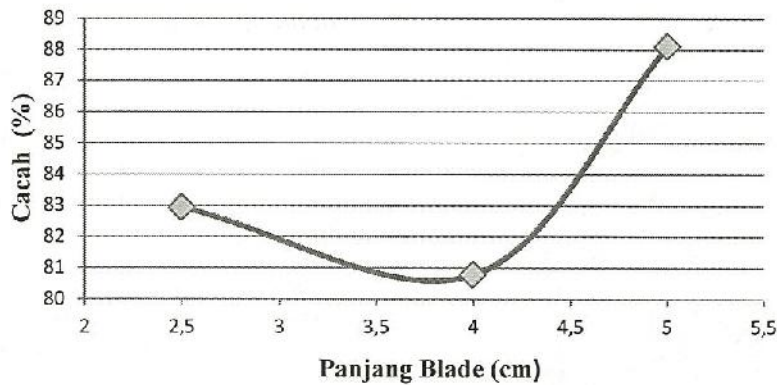
Nilai persen cacah mengalami penurunan pada kecepatan pengadukan 7 ppd. Hal ini berarti perbandingan jumlah cacah akhir dan cacah awal adalah kecil. Semakin kecil nilai perbandingan cacah akhir dan cacah awal maka semakin kecil pula nilai cacah akhir. Semakin kecil nilai cacah akhir maka koloid-koloid yang berada pada filtrat hasil pengendapan juga semakin sedikit. Hal ini berarti tanah liat, tawas, kapur, dan koloid-koloid pada limbah cair tahu telah tercampur secara merata dan proses pengendapan dianggap telah sempurna. Oleh sebab itu, kecepatan pengadukan optimum pada proses pengendapan limbah cair tahu adalah 7 ppd. Nilai persen



Gambar 4. Grafik hubungan cacah dengan waktu



Gambar 5. Grafik hubungan cacah dengan kecepatan pengadukan



Gambar 6. Grafik hubungan cacah dengan panjang blade

cacah naik pada kecepatan 8 ppd dan 9 ppd. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tersebut flok-flok yang telah terbentuk akan terurai kembali sehingga menyebabkan nilai persen cacah yang dihasilkan besar.

Penentuan Panjang Blade (*Magnetic Stirrer*) Optimum

Panjang blade optimum ditentukan dengan cara membuat grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai hubungan antara persen cacah radioisotop I-131 dengan variasi panjang blade. Ukuran blade dengan panjang 5 cm menghasilkan persen nilai cacah yang tinggi. Blade yang panjang akan menyebabkan terjadinya gerakan

turbulensi. Gerakan ini akan memecahkan flok-flok yang telah terbentuk. Persen cacah yang dihasilkan juga bernilai besar pada ukuran blade pendek (2,5 cm). Hal ini terjadi karena blade yang terlalu pendek tidak mampu menjangkau seluruh permukaan tangki sehingga limbah cair tahu, tanah liat, kapur, dan tawas akan lambat bercampur secara merata.

Ukuran blade optimum pada proses pengendapan limbah cair tahu adalah ukuran blade sedang yaitu 4 cm untuk diameter tangki 10 cm. Pada gambar 4.7, persen nilai cacah terendah terjadi pada panjang blade 4 cm. Hal ini berarti nilai cacah setelah pengadukan lebih kecil dari pada nilai cacah sebelum pengadukan. Nilai cacah setelah pengadukan yang kecil menunjukkan nilai cacah yang kecil pula pada filtrat hasil pengendapan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang telah dilakukan pada proses pengendapan limbah cair tahu dengan metode labelling I-131, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Jumlah optimum tanah liat, tawas, dan kapur pada proses pengendapan limbah cair tahu masing-masing adalah sebagai berikut: 0,6195 gram, 2,418 gram, dan 3,975 gram untuk 300 mL sampel.
2. Waktu reaksi pada pengendapan limbah cair tahu tidak mempengaruhi hasil reaksi.
3. Kecepatan pengadukan optimum pada proses pengendapan limbah cair tahu adalah sebesar 7 ppd.
4. Panjang blade (magnetic stirrer) optimum adalah 4 cm untuk diameter tangki (gelas beker) 10 cm.

DAFTAR PUSTAKA

1. ARYA WARDHANA, Wisnu. 1995. "Dampak Pencemaran Lingkungan". Andi Offset : Yogyakarta.
2. UPIK Marlinda, 2008. "Pemanfaatan Gamping (CaCO₃) dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu" www.kompas.com 12 Desember 2008.
3. PRAMUDYANTO, 1991. "Informasi Praktis Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tahu Tempe". www.menlh.go.id 23 Oktober 2008.
4. ALAERT dan SANTIKA, 1987. "Dampak Limbah Cair Tahu". www.wordpress.blog.com 22 Desember 2008.
5. SASIRANGAN, RUBIYAH. 2007. "Teknologi Pengolahan Limbah di Rubiyah Sasirangan". www.rubiyahsasirangan.com 3 Maret 2009.