

PENGGUNAAN ANTI BUIH POLIPROPILEN GLIKOL UNTUK EVAPORASI LIMBAH RADIOAKTIF CAIR YANG MENGANDUNG DETERGEN

Anadya Khaerina*); Zainus Salimin**); Titik Istirokhatun***)
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : akhaerina@gmail.com

Abstrak

Operasi pencucian pakaian kerja radiasi di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Batan, Puspipstek, Serpong menimbulkan 133,7 m³ limbah cair yang mengandung detergen konsentrasi 1,496 g/l, aktivitas minimal 10⁻⁶ Ci/m³, dan unsur radioaktif utama dalam limbah adalah Cs-137. Limbah tersebut kemudian dicampur dengan limbah cair lain yang sejenis dari fasilitas reaktor dan fabrikasi radioisotop, kemudian diolah melalui evaporasi. Ketika evaporasi dilaksanakan, timbul buih yang dapat menyebabkan peristiwa *carry-over* yang menyebabkan destilat terkontaminasi. Demi mencegah timbulnya buih yang dapat menyebabkan peristiwa *carry-over*, diperlukan anti buih untuk meredakan buih. Material anti buih yang dapat digunakan dalam proses evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen yaitu minyak silikon dan polietilen glikol [1, 3]. Material anti buih selain minyak silikon dan polietilen glikol yaitu polipropilen glikol [2, 3]. Polipropilen glikol lebih kental dibandingkan dengan minyak silikon dan polietilen glikol sehingga cenderung tidak larut yang berarti polipropilen glikol lebih efektif menurunkan jumlah buih karena lapisan polipropilen glikol yang terbentuk pada permukaan cairan yang membuih tidak menyangga buih dengan lebih baik dibandingkan dengan minyak silikon dan polietilen glikol [4]. Etilen glikol bersifat cukup toksik dibandingkan dengan propilen glikol. Selain itu propilen glikol merupakan senyawa anti buih yang aman dan ramah lingkungan serta merupakan produk terbarukan yang berasal dari turunan biogliserol [5]. Penelitian ini menggunakan limbah simulasi dengan aktivitas Cs-137 14,8 Bq/ml, kandungan ekstrak kering 5 g/l, dan variasi kadar detergen 0,1247 g/l ; 0,1496 g/l ; 0,187 g/l ; 0,374 g/l ; 0,748 g/l ; dan 1,496 g/l. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,1247 g/l s.d. 0,187 g/l, sangat efektif, karena aktivitas destilat tanpa anti buih dan dengan penggunaan anti buih memberikan beda yang signifikan. Penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,374 g/l s.d. 1,496 g/l tidak memberikan beda yang signifikan. Pada kadar detergen lebih dari 1,496 g/l permukaan cairan tidak dapat dikontrol dengan anti buih. Pada daerah kadar 0,1247-1,496 g/l laju alir penambahan anti buih senyawa polipropilen glikol mengikuti persamaan : $y = 0,086 \ln (x) + 0,660$; dimana y adalah kecepatan pengaliran anti buih dalam ml / menit dan x adalah kadar detergen dalam g/l.

Kata Kunci : Anti Buih, Polipropilen Glikol, Evaporasi, Limbah Radioaktif Cair Detergen

Abstract

[The Use of Anti-Foam Polypropylene Glycol for The Evaporation of Liquid Radioactive Waste That Contains Detergent]

Radiation work clothes washing operation in Radioactive Waste Treatment Plant Batan, Puspiptek, Serpong raises 133,7 m³ of liquid waste containing detergent concentration of 1,496 g/l, the activity of at least 10⁻⁶ Ci/m³, and the main radioactive elements in the waste is Cs-137. Afterward, the waste mixed with other similar liquid waste from reactors and fabrication facilities radioisotopes, then processed through evaporation. When evaporation was running, emergence of foam can cause carry-over that led to distillate contaminated. In order to prevent foam that may cause carry-over, it's needed anti-foam to defuse foam. Anti-foam material that can be used in the process of evaporation of liquid radioactive waste containing detergents are silicone oil and polyethylene glycol [1, 3]. Anti-foam material other than silicon oil and polyethylene glycol is polypropylene glycol [2, 3]. Polypropylene glycol is more viscous than the silicone oil and polyethylene glycol so that tend to insoluble which means polypropylene glycol more effective to reduce the amount of foam as polypropylene glycol layer formed on the surface of the foam does not support liquid foam, better than the silicone oil and polyethylene glycol [4]. Ethylene glycol was considerably toxic compared propylene glycol. Moreover, propylene glycol is an anti-foam compounds are safe and environmentally friendly as well as a renewable products derived from bio-glycerol derivative [5]. This study uses simulated waste with Cs-137 activity 14,8 Bq / ml, the content of dry extract 5 g / l, and the variation of the detergent concentration 0,1247 g / l ; 0,1496 g / l ; 0,187 g / l ; 0,374 g / l ; 0,748 g / l ; dan 1,496 g / l. The results of this study is the use of anti-foam in the process of evaporation on the detergent concentration 0,1247 g / l to 0,187 g / l, very effective, because the distillate activity without the use of anti-foam and anti-foam provides a significant difference. The use of anti-foam in the process of evaporation on the detergent concentration 0,374 g / l to 1,496 g / l does not provide a significant difference. In the detergent concentration more than 1,496 g / l of liquid surface can not be controlled with anti-foam. At the area level of 0,1247 to 1,496 g / l flow rate of addition of polypropylene glycol anti foam compound follows the equation: $y = 0,086 \ln (x) + 0,660$; where y is the anti-foam stream velocity in ml / min and x is the detergent concentration in g / l.

Keywords : *Anti-Foam, Polypropylene Glycol, Evaporation, Radioactive Waste Liquid Detergent*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada pengoperasian fasilitas nuklir Puspiptek Serpong, para pekerja wajib memakai pakaian kerja radiasi yang berupa jas lab untuk daerah radiasi rendah dan normal, baju-celana *werpack* untuk daerah radiasi tinggi, pelindung sepatu (*shoe – cover*) untuk daerah radiasi normal maupun tinggi, serta sarung tangan pelindung. Pakaian kerja radiasi yang telah digunakan oleh para pekerja, menjadi terkontaminasi sehingga perlu dilakukan pencucian agar terbebas dari kontaminan yang menempel pada kain. Operasi pencucian pakaian kerja radiasi ini menimbulkan 133,7 m³ limbah cair yang mengandung detergen konsentrasi 1,496 g/l dengan aktivitas minimal 10⁻⁶ Ci/m³. Unsur radioaktif utama dalam

limbah adalah Cs-137 yang berwaktu paruh 30 tahun. Limbah tersebut kemudian dicampur dengan limbah cair lain yang sejenis dari fasilitas reaktor dan fabrikasi radioisotop, kemudian diolah melalui proses evaporasi dilanjutkan dengan proses sementasi konsentrat hasil evaporasi.

Evaporasi adalah proses pemekatan dari suatu larutan yaitu dengan mengubah zat pelarutnya saja menjadi uap dan mengambilnya. Pada umumnya suatu larutan terdiri dari zat yang mudah menguap (*volatile*) dan yang tidak mudah menguap (*non volatile*). Sehingga dengan perkataan lain evaporasi adalah untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap untuk mendapatkan larutan yang lebih pekat. Pengolahan limbah cair dengan evaporasi akan efektif untuk limbah

dengan aktivitas sedang dan mempunyai kandungan garam, asam atau basa yang tinggi. Dalam hasil evaporasi limbah radioaktif, bahan radioaktif merupakan komponen terbesar dalam konsentrat [1].

Proses sementasi dilakukan agar kontaminan unsur radioaktif yang terkandung dalam limbah cair tidak dapat larut atau terekstrak kembali ke air (sehingga tidak dapat menyebar ke lingkungan) dan sinar radiasi dari unsur radioaktif tertahan, tidak memancar keluar.

Pada proses evaporasi terdapat kemungkinan terjadinya “*carry-over*”, yaitu terikutnya unsur radioaktif dan atau bahan kimia dalam butiran uap basah, sehingga bahan tersebut masuk ke destilat yang mengakibatkan destilat terkontaminasi. *Carry-over* dapat terjadi jika dalam pendidihan cairan timbul buih yang menyebabkan sejumlah cairan lepas bersama uap, sehingga zat radioaktif dan atau bahan kimia terikut.

Pencegahan *carry-over* perlu dilakukan ketika proses evaporasi berlangsung, sehingga destilat yang dihasilkan tidak mengandung radioaktif lagi dan dapat dibuang ke lingkungan dengan aman atau destilat tersebut dapat dipakai kembali. Demi mencegah terjadinya *carry-over*, diperlukan penggunaan material anti buih dalam proses evaporasi. Material anti buih yang dapat digunakan dalam proses evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen yaitu minyak silikon dan polietilen glikol [1,2].

Material anti buih selain minyak silikon dan polietilen glikol yaitu polipropilen glikol [1, 3]. Polipropilen glikol lebih kental dibandingkan dengan minyak silikon dan polietilen glikol sehingga cenderung tidak larut yang berarti polipropilen glikol lebih efektif menurunkan jumlah buih karena lapisan polipropilen glikol yang terbentuk pada permukaan cairan yang membuih tidak menyangga buih dengan lebih baik dibandingkan dengan minyak silikon dan polietilen glikol [4]. Etilen glikol bersifat cukup toksik dibandingkan dengan propilen glikol. Selain itu propilen glikol merupakan

senyawa anti buih yang aman dan ramah lingkungan serta merupakan produk terbarukan yang berasal dari turunan bio-gliserol [5].

Maka dari itu, polipropilen glikol dipilih sebagai material anti buih yang digunakan dalam studi ini karena lebih unggul dibandingkan dengan minyak silikon dan polietilen glikol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Polipropilen Glikol

Wujud [6] : Bening, tidak berwarna, kental

Kelarutan [6]: Larut dengan air, keton alifatik, alkohol

Bentuk Senyawa [6] : $\text{HO} - \left[(\text{C}_3\text{H}_6) - \text{O} \right]_n - \text{H}$

; n : 4 - 700

Rumus Molekul [6]: $\text{HO}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_n\text{H}$

Berat Molekul [6] : 150 – 4000

Kekentalan [6] : 60 – 1200 centistokes

Densitas [6] : 0,99 – 1,02 g/ml

Tegangan Muka [7] : 33,8 dynes/cm pada suhu 20°C

Gerak Anti Buih

Anti buih adalah bahan yang ada dalam penambahan cairan buih dalam konsentrasi rendah, mengontrol masalah buih[8]. Anti buih umumnya tidak larut dalam cairan yang membuih dan berpermukaan lebih aktif daripada cairan yang membuih. Anti buih yang tidak larut umumnya berfungsi melalui penyebaran pada permukaan atau masuk pada buih. Karena lapisan yang terbentuk melalui penyebaran anti buih pada permukaan cairan yang membuih tidak menyangga buih, jumlah buih menjadi menurun. Anti buih yang berviskositas rendah cenderung menaikkan/memajukan gerak anti buih. Hal ini berhubungan dengan kecepatan penyebaran anti buih dan pengedarannya ke seluruh sistem buih. Stabilitas buih yang lembut digambarkan oleh E, elastisitas Gibbs yaitu [4] :

$$E = \frac{2 \partial V}{\partial \ln A} \dots \dots \dots (1)$$

dimana V dan A masing-masing ialah tegangan muka dan luas film (lps).

Penyebab pokok stabilitas buih seperti ditunjukkan oleh definisi E adalah kemampuan “lamela” untuk menanggapi tegangan melalui pengaturan lokal dari tegangan muka. Luasan yang bertegangan adalah suatu luasan yang tegangan mukanya naik secara lokal yang mana menarik pada mukanya normal. Cairan yang mendasari di tarik sedemikian sehingga kesetimbangan lapisan dicapai, hal tersebut disebut “Efek Marangoni”. Cairan murni tidak dapat mempunyai luas permukaan yang berdekatan yang berbeda dalam tegangan permukaan dan konsekuensinya buih yang stabil tidak dikenal dalam sistem satu komponen.

Persamaan Young-Laplace menunjukkan bahwa tekanan dalam sebuah gelembung lebih besar daripada tekanan atmosferik di bagian luar [4] :

$$\Delta P = 2V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

dimana : ΔP = perbedaan tekanan, V= tegangan muka, R_1 dan R_2 = jari-jari kelengkungan. Sebaliknya, persamaan tersebut menyatakan secara tidak langsung bahwa tekanan dalam gelembung yang kecil berharga lebih besar daripada gelembung yang besar. Gelembung buih yang kecil lebih stabil daripada gelembung buih yang besar karena ada lebih besar jumlah cairan untuk mengimbangi cairan yang hilang melalui pengaliran yang terjadi sebagai hasil dari pengaruh gravitasi pada cairan dalam dinding gelembung. [8].

Penyebaran Anti Buih

Penyebaran film cairan anti buih pada lapisan buih adalah mekanisme pengrusakan buih yang efektif. Supaya penyebaran terjadi, dua cairan harus tidak dapat bercampur. Goncangan yang ditimbulkan melalui gerakan penyebaran anti buih menyebabkan rusaknya buih. Schulman dan Teorell [4] mempertunjukkan bahwa film asam oleat menyebar diatas air pada kecepatan 30

m/detik. Efek tersebut dapat dengan mudah dilihat melalui penambahan tetesan asam oleat (atau cairan aktif permukaan lain yang tidak bercampur) ke permukaan air yang diberi debu talek. Talek secara cepat terdorong jauh karena penurunan permukaan aktif dan bidang cairan bergerak yang bersih terbentuk.

Persyaratan termodinamika untuk penyebaran zat anti buih diatas permukaan cairan adalah [4] :

$$S = V_F - V_{DF} - V_D \dots \dots \dots (3)$$

dimana : S = koefisien penyebaran (harga negatif dari perubahan energi bebas). Koefisien penyebaran (S) berharga positif untuk penyebaran yang terjadi, harga S semakin besar maka kekuatan penyebaran anti buih semakin baik, V_F = tegangan muka dari cairan buih, V_D = tegangan muka dari anti buih, V_{DF} = tegangan antar muka fase-fase buih anti buih.

Bila fase anti buih menjadi jenuh dengan fase buih, tegangan muka dari anti buih dan tegangan antar muka rusak, terjadi penurunan harga koefisien penyebaran. Fase buih mungkin tidak pernah menjadi jenuh dengan fase anti buih karena volume pembentuk buih berharga sangat lebih besar daripada anti buih. Kemampuan anti buih untuk menyebar berkurang oleh pelarutan anti buih dalam cairan yang membuih [8].

III. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu natrium sulfat, natrium nitrat, natrium khlorida yang memiliki kemurnian pro-analisis dari E.Merck dan anti buih polipropilen glikol. Larutan sesium nitrat radioaktif yang dipakai beraktivitas 74.000 Bq/ml. Detergen persil yang digunakan yaitu produk P.T. Estrella Laboratories, Bogor, di bawah lisensi Henkel KgaA, Jerman.

Cara Kerja

a) Pembuatan Limbah Simulasi

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi 0,45 g natrium sulfat, 2 g natrium nitrat, 0,05 natrium khlorida, 0,0635 g detergen ditimbang

; diambil 5 ml larutan sesium nitrat 74.000 Bq/ml sehingga aktivitas sesium limbah yaitu 14,8 Bq/ml. Bahan-bahan tersebut dimasukkan dalam labu takar 500 ml, diperoleh larutan berkadar ekstrak kering dan detergen berturut-turut 5 g/l dan 1,496 g/l. Kemudian melakukan hal yang sama untuk kadar detergen 0,1496 ; 0,187 ; 0,374 ; 0,748 ; dan 1,496 g/l.

b) Percobaan Blanko

Rangkaian alat-alat untuk evaporasi dipasang, limbah simulasi sebanyak 500 ml dimasukkan dalam labu leher tiga kapasitas 1000 ml. Pendidihan limbah dilakukan dengan *heating mantle*. Cuplikan destilat diambil ketika sudah terbentuk sebanyak 10 ml, kemudian dilakukan penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan. Cuplikan konsentrat diambil sesudahnya, sebanyak 10 ml, kemudian dilakukan penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan. Dilakukan analisis aktivitas destilat dan konsentrat serta analisis kandungan ekstrak kering.

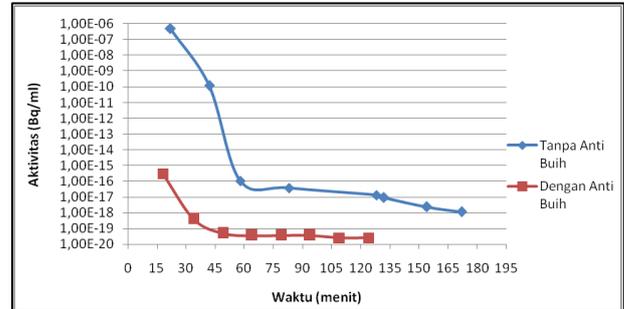
c) Percobaan dengan Anti Buih

Rangkaian alat-alat untuk evaporasi dipasang, limbah simulasi sebanyak 500 ml dimasukkan dalam labu leher tiga kapasitas 1000 ml. Pendidihan limbah dilakukan dengan *heating mantle*. Ketika mulai terbentuk destilat dan timbul buih, anti buih polipropilen glikol segera ditambahkan dalam proses. Cuplikan destilat diambil ketika sudah terbentuk sebanyak 10 ml, kemudian dilakukan penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan. Cuplikan konsentrat diambil sesudahnya, sebanyak 10 ml, kemudian dilakukan penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan. Dilakukan analisis aktivitas destilat dan konsentrat serta analisis kandungan ekstrak kering.

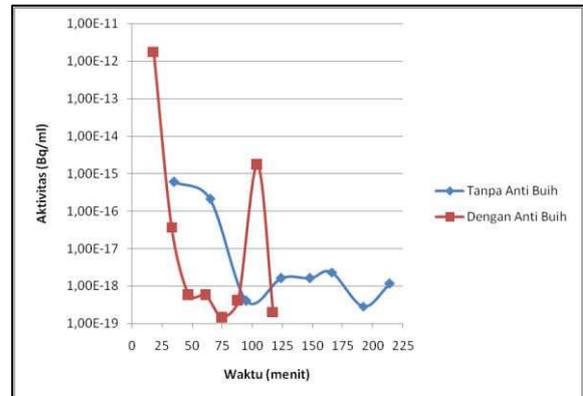
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Destilat

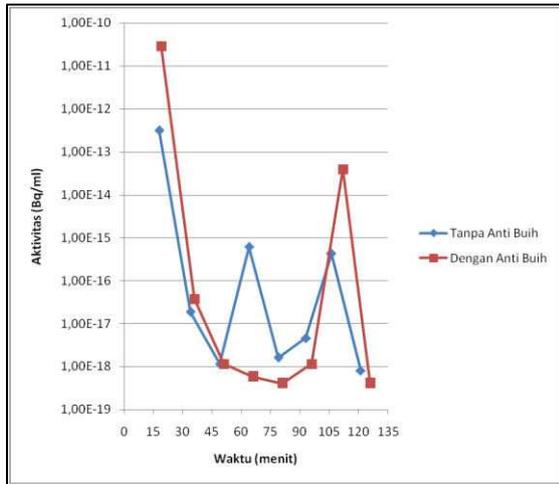
Aktivitas destilat hasil evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen tanpa penggunaan anti buih dan dengan penggunaan anti buih dapat dilihat pada Gambar II s.d. Gambar VII :



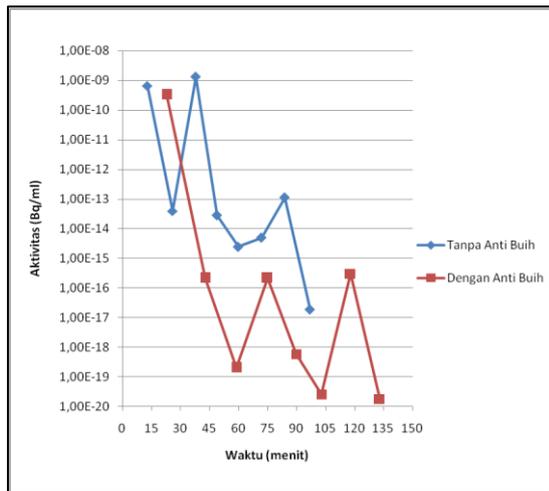
Gambar II Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1247 g/l



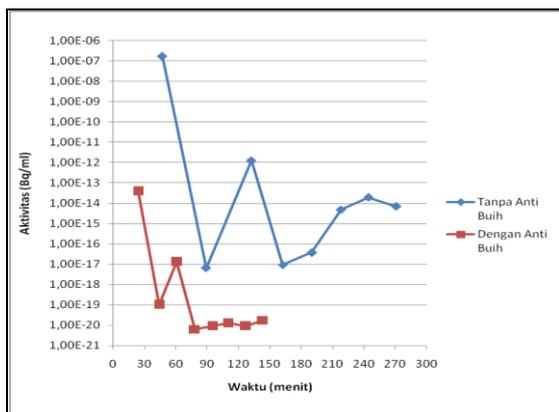
Gambar III Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1496 g/l



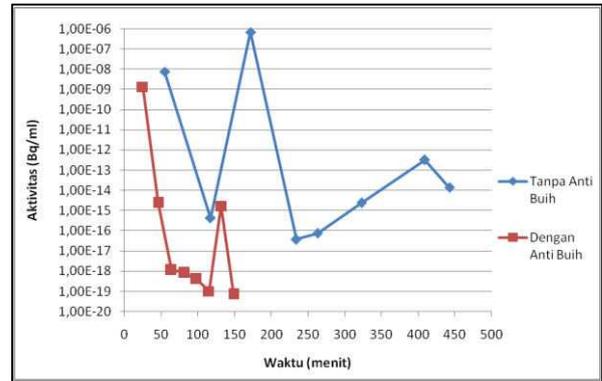
Gambar IV Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,187 g/l



Gambar V Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,374 g/l



Gambar VI Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,748 g/l

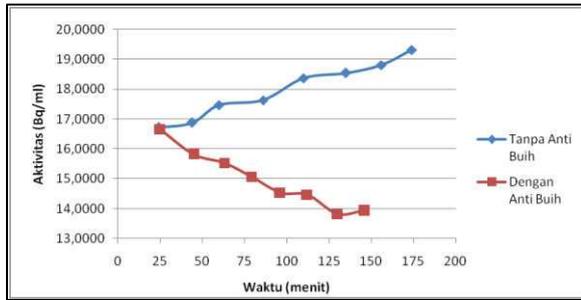


Gambar VII Grafik Aktivitas Destilat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 1,496 g/l

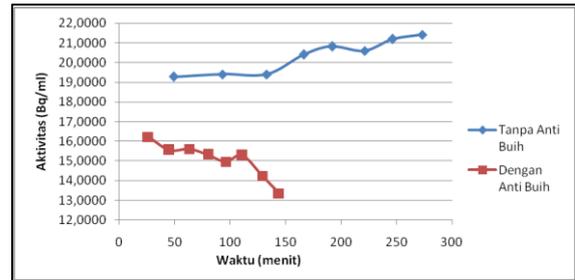
Berdasarkan analisis gambar II s.d. VII, aktivitas destilat tanpa penggunaan anti buih, semakin besar kadar detergen, semakin besar aktivitas destilat karena buih semakin banyak sehingga *carry-over* yang terjadi semakin banyak dan semakin rendah kadar detergen, semakin rendah aktivitas destilat karena buih semakin sedikit sehingga *carry-over* yang terjadi semakin sedikit. Penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,1247 g/l s.d. 0,187 g/l, sangat efektif, karena aktivitas destilat tanpa anti buih dan dengan penggunaan anti buih memberikan beda yang signifikan. Sedangkan penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,374 g/l s.d. 1,496 g/l tidak memberikan beda yang signifikan.

Aktivitas Konsentrat

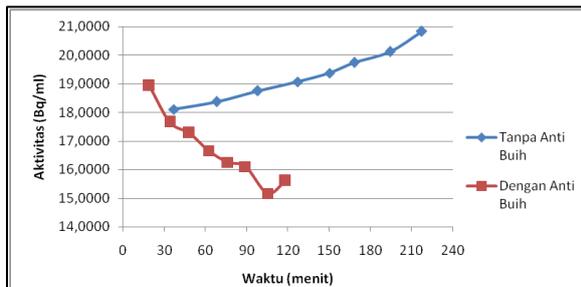
Aktivitas konsentrat hasil evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen tanpa penggunaan anti buih dan dengan penggunaan anti buih dapat dilihat pada Gambar VIII s.d. Gambar XIII :



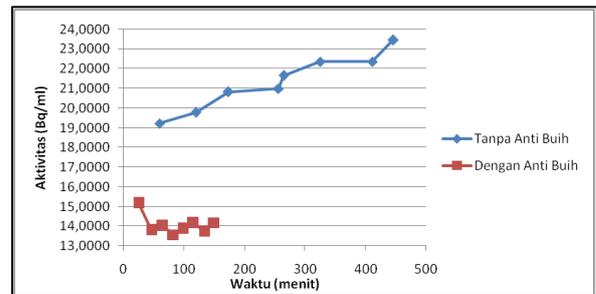
Gambar VIII Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1247 g/l



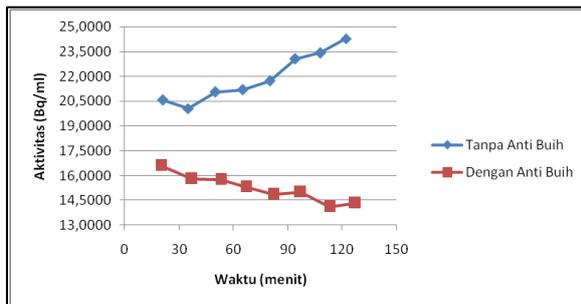
Gambar XII Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,748 g/l



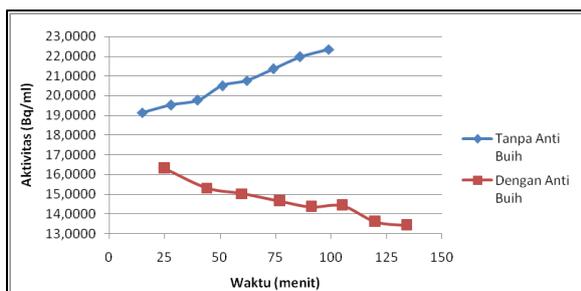
Gambar IX Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1496 g/l



Gambar XIII Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 1,496 g/l



Gambar X Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,187 g/l



Gambar XI Grafik Aktivitas Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,374 g/l

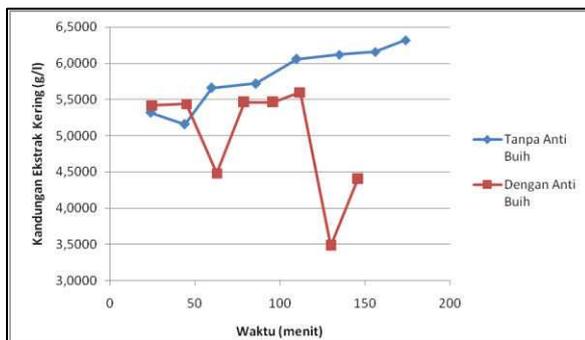
Konsentrat tanpa penggunaan anti buih melalui analisis data dari Gambar VIII s.d. Gambar XIII dimana kadar detergen semakin besar, aktivitasnya semakin meningkat dengan lamanya waktu evaporasi, hal ini disebabkan oleh adanya penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan limbah tetap konstan. Konsentrat tanpa penggunaan anti buih seharusnya memiliki aktivitas semakin kecil dengan semakin besar kadar detergen dalam limbah, karena semakin bertambah lama waktu evaporasi, semakin besar *carry-over* radionuklida yang menyebabkan aktivitas destilat semakin besar [2].

Aktivitas konsentrat dengan penambahan anti buih semakin menurun dengan bertambahnya waktu evaporasi, hal ini diakibatkan oleh terjadinya penyerapan aktivitas oleh anti buih sebesar 10,26 Bq/ml (bernilai lebih kecil dari 10,26 Bq/ml karena keadaan cairan berbeda dengan proses evaporasi yang dilakukan), yang terbukti dari hasil percobaan tambahan yang telah dilakukan. Aktivitas konsentrat dengan

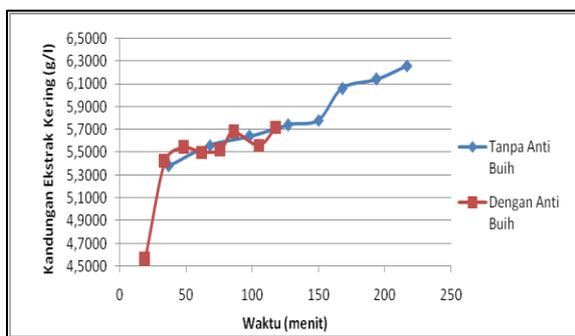
penambahan anti buih seharusnya semakin meningkat dengan bertambahnya waktu dan bernilai lebih besar dari aktivitas konzentrat tanpa anti buih [2], hal ini dikarenakan proses evaporasi dengan anti buih mengakibatkan tidak terjadinya *carry-over* sehingga radionuklida yang seharusnya terikat bersama destilat, terkumpul dalam konzentrat.

Kandungan Ekstrak Kering dalam Konzentrat

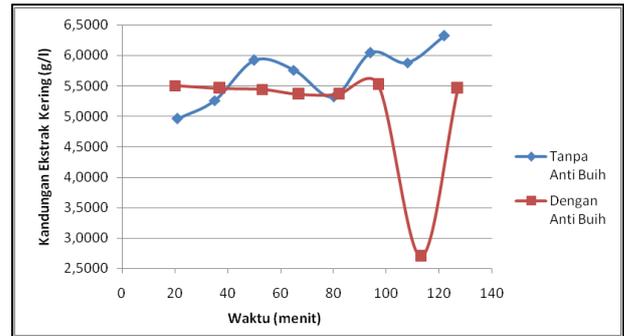
Kandungan ekstrak kering dalam konzentrat hasil evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen tanpa penggunaan anti buih dan dengan penggunaan anti buih dapat dilihat pada Gambar XIV s.d. Gambar XX :



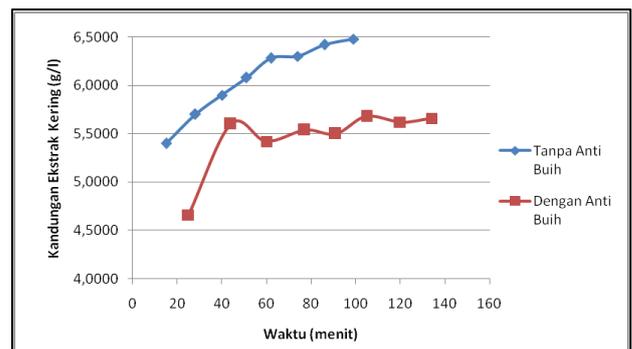
Gambar XIV Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konzentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1247 g/l



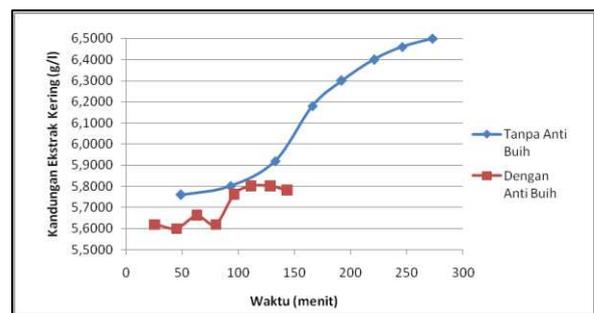
Gambar XV Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konzentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,1496 g/l



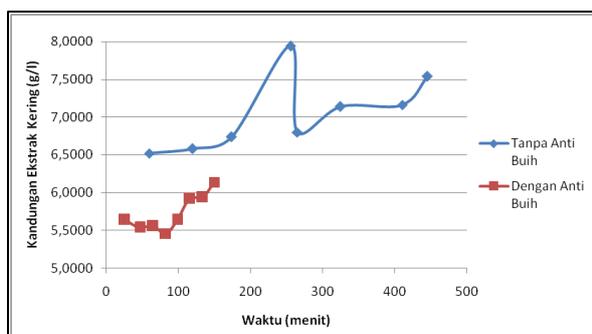
Gambar XVI Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konzentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,187 g/l



Gambar XVII Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konzentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,374 g/l



Gambar XVIII Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konzentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 0,748 g/l



Gambar XIX Grafik Kandungan Ekstrak Kering Konsentrat Hasil Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen 1,496 g/l

Nilai kandungan ekstrak kering konsentrat dengan anti buih ke-3, ke-7, dan ke-8 pada Gambar XIV menurun cukup tajam, hal ini dikarenakan ketika proses pengeringan konsentrat timbul tekanan dari dasar gelas beaker sehingga mengakibatkan berkurangnya konsentrat dan menurunkan nilai kandungan ekstrak kering. Begitupula dengan nilai kandungan ekstrak kering konsentrat dengan anti buih ke-1 pada Gambar XV, ke-1, pada Gambar XVI, ke-7 pada Gambar XVII, ke-2, ke-4, dan ke-8 pada Gambar XVIII, ke-2, ke-3, dan ke-4 pada Gambar XIX.

Kandungan ekstrak kering tanpa penggunaan anti buih dan dengan penggunaan anti buih melalui analisis data dari Gambar XIV s.d. Gambar XIX dimana kadar detergen semakin besar, semakin meningkat dengan lamanya waktu evaporasi, hal ini disebabkan oleh semakin banyak garam natrium yang dipisahkan dari larutannya dan adanya penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan limbah tetap konstan. Kandungan ekstrak kering tanpa penggunaan anti buih seharusnya bernilai lebih rendah dari kandungan ekstrak kering dengan penggunaan anti buih [2] karena terjadi *carry-over* sehingga garam natrium terikut dalam destilat.

Kandungan ekstrak kering dengan penggunaan anti buih melalui analisis data dari Gambar XIV s.d. Gambar XVIII dimana kadar detergen semakin besar memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan kandungan ekstrak kering tanpa penggunaan anti buih dan

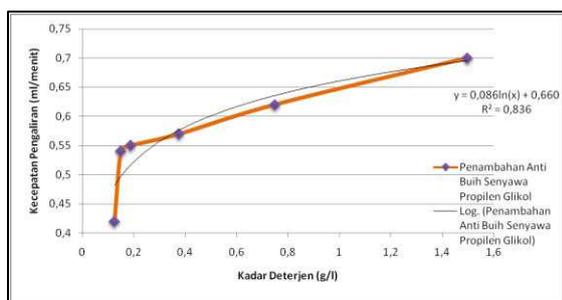
semakin menurun nilainya, hal ini diakibatkan oleh adanya penambahan terjadinya penyerapan aktivitas dikarenakan terjadinya penyerapan garam natrium oleh anti buih sebesar 4,0295 g/l (bernilai lebih kecil dari 4,0295 g/l karena keadaan cairan berbeda dengan proses evaporasi yang dilakukan), yang terbukti dari hasil percobaan tambahan yang telah dilakukan. Kandungan ekstrak kering dengan penggunaan anti buih seharusnya bernilai lebih tinggi dari kandungan ekstrak kering tanpa penggunaan anti buih [2] karena tidak terjadi *carry-over* sehingga garam natrium tidak terikut dalam destilat.

Kecepatan Penambahan Anti Buih Polipropilen Glikol dalam Proses Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen

Tabel I Kecepatan Penambahan Anti Buih Polipropilen Glikol

No.	Kadar Detergen (g/l)	Kecepatan Pengaliran (ml/menit)
1	0,1247	0,42
2	0,1496	0,54
3	0,187	0,55
4	0,374	0,57
5	0,748	0,62
6	1,496	0,7

Dari Tabel I terlihat bahwa kecepatan penambahan anti buih semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar detergen. Hal ini terjadi karena semakin besar kadar detergen, semakin banyak buih yang dihasilkan sehingga anti buih yang dibutuhkan semakin besar volumenya. Berikut grafik penambahan anti buih polipropilen glikol dalam proses evaporasi limbah radioaktif cair yang mengandung detergen :



Gambar XX Grafik Penambahan Anti Buih Polipropilen Glikol dalam Proses Evaporasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Detergen

Berdasarkan Gambar XX didapatkan persamaan penambahan anti buih polipropilen glikol yaitu : $y = 0,086 \ln(x) + 0,660$; dimana y adalah kecepatan pengaliran anti buih dalam ml/menit dan x adalah kadar detergen dalam g/l.

V. KESIMPULAN

1. Aktivitas destilat tanpa penggunaan anti buih semakin besar dengan semakin besar kadar detergen, karena buih semakin banyak sehingga *carry-over* yang terjadi semakin banyak.
2. Aktivitas destilat tanpa penggunaan anti buih semakin rendah dengan semakin rendah kadar detergen, karena buih semakin sedikit sehingga *carry-over* yang terjadi semakin sedikit.
3. Aktivitas konsentrat tanpa penambahan anti buih semakin meningkat, seharusnya semakin menurun karena semakin banyak terjadi *carry-over*, hal ini dikarenakan semakin banyak radionuklida yang dipisahkan dari larutannya dan adanya penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan limbah tetap konstan.
4. Kandungan ekstrak kering dalam konsentrat tanpa penggunaan anti buih lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan ekstrak kering dalam konsentrat dengan penambahan anti buih, seharusnya lebih rendah, karena *carry-over* yang terjadi semakin sedikit, hal ini dikarenakan adanya penambahan limbah untuk menjaga permukaan cairan limbah tetap konstan.
5. Kandungan ekstrak kering dalam konsentrat tanpa penggunaan anti buih semakin meningkat dengan meningkatnya kadar detergen dan dengan semakin lamanya waktu pengambilan konsentrat.
6. Aktivitas destilat dengan penambahan anti buih semakin menurun dengan bertambahnya waktu evaporasi, hal ini membuktikan bahwa anti buih dapat mencegah *carry-over*.
7. Aktivitas konsentrat dengan penambahan anti buih semakin menurun dengan bertambahnya waktu evaporasi, hal ini diakibatkan oleh terjadinya penyerapan aktivitas oleh anti buih sebesar 10,26 Bq/ml (bernilai lebih kecil dari 10,26 Bq/ml karena keadaan cairan berbeda dengan proses evaporasi yang dilakukan).
8. Kandungan ekstrak kering dalam konsentrat dengan penggunaan anti buih lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan ekstrak kering dalam konsentrat tanpa anti buih karena adanya penyerapan garam natrium oleh anti buih sebesar 4,0295 g/l (dapat bernilai lebih rendah dari 4,0295 g/l, karena keadaan cairan berbeda dengan proses evaporasi yang dilakukan).
9. Kandungan ekstrak kering dalam konsentrat dengan penambahan anti buih semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar detergen dan dengan semakin lamanya waktu pengambilan konsentrat.
10. Penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,1247 g/l s.d. 0,187 g/l, sangat efektif, karena aktivitas destilat tanpa anti buih dan dengan penggunaan anti buih memberikan beda yang signifikan.
11. Penggunaan anti buih dalam proses evaporasi pada kadar detergen 0,374 g/l s.d. 1,496 g/l tidak memberikan beda yang signifikan.
12. Pada kadar detergen lebih besar dari 1,496 g/l, evaporasi tidak dapat dilakukan karena

buih yang terbentuk sangat banyak, tinggi permukaan cairan tidak dapat dikontrol dengan penggunaan anti buih, butiran cairan menjadi terikut dalam uap (*carry-over*) sehingga destilat terkontaminasi.

13. Persamaan penambahan anti buih propilen glikol yaitu : $y = 0,086 \ln(x) + 0,660$; dimana y adalah kecepatan pengaliran anti buih dalam ml / menit dan x adalah kadar detergen dalam g/l.

DAFTAR PUSTAKA

1. Salimin Z., Daryoko M., Supardi. 1982. Proceedings Kolokium Teknologi Elemen Bakar Nuklir, Teknologi Reaktor dan Penggunaan Reaktor “Pra Rancangan Evaporator untuk Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Fasilitas Reaktor dan Laboratorium – Laboratorium di PPBMI BATAN”; Bandung Oktober 1982.
2. Salimin Z, Wati. 2010. Komparasi Penggunaan Anti Buih Minyak Silikon dan Polietilen Glikol dalam Evaporasi Limbah Radioaktif Cair Detergen. Prosiding Seminar Nasional ke-44 Temu-Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia. Seminar Nasional XIII Kimia dalam Pembangunan “Perkembangan Mutakhir dalam Ilmu dan Teknologi Kimia di Indonesia”; Yogyakarta 15 Juli 2010.
3. Michael and Irene Ash. 2004. Handbook of Preservatives. United States of America : Synapse Information Resources Inc.
4. Schwarz, A.M. 1963. Surface Active Agent : Their Chemistry and Technology, Vol.1. New York : Interscience Publishers.
5. Acton, Ashton Q. 2013. Glycols—Advances in Research and Applications. Georgia : Scholarly Edition.
6. Salamone, Joseph C. 1996. *Polymeric Materials Encyclopedia, Vol 9.* United States of America : CRC Press, Inc.
7. Anonim. 2009. *Surface Energy Data for Polypropylene glycol (poly(propylene oxide)), CAS # 25322-69-4.* [Online]. Tersedia : http://www.accudynetest.com/polymer_surface_data/polypropylene_lycol.pdf. [30 Januari 2014].
8. Othmer, K. 1979. *Encyclopedia of Chemical Technology, Vol.1, 3rd ed.* New York : John Wiley and Sons.