



ARTICLE

Rancang bangun dan Uji Karakteristik Kolom Isian sebagai Simulator Penanggulangan Foaming secara Kimia

Afifah Salma Fauziyyah^{1*}, Djanuar Khaerul Rijal¹, In Jumanda¹

¹Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

Koresponden: E-mail: afifah.salma.tki20@polban.ac.id

Diterima 00 Jan 2xxx
Diperbaiki 00 Jan 2xxx
Diterbitkan 00 Jan 2xxx

ABSTRAK

Packed column merupakan kolom dengan isian yang banyak digunakan untuk melakukan proses absorpsi, distilasi, ataupun ekstraksi. Penelitian ini ditujukan untuk merancang dan membangun simulator packed column untuk mengetahui fenomena foaming yang terjadi dalam kolom dan penanggulangan foaming secara kimia. Perancangan packed column didasarkan pada Konsep Perancangan Packed Column Ludwig yang berskala pilot kemudian di-scale down menjadi skala laboratorium. Penentuan tersebut meliputi penentuan diameter kolom, penentuan tinggi kolom, dan penentuan tinggi isian, dengan ukuran secara berurutan yaitu 110 mm, 855 mm dan 340 mm. Adapun isian yang digunakan yaitu jenis raschig ring berbahan PVC berdiameter 1 cm. Permasalahan yang sering terjadi pada proses tersebut di dalam kolom ialah fenomena foaming. Proses foaming ini adalah terbentuknya busa diakibatkan oleh tingginya tegangan permukaan karena kontak zat cair dan gas. Pengujian penanggulangan fenomena foaming dilakukan dengan mengamati collapse time dengan variasi penambahan konsentrasi antifoam, variasi jenis antifoam (silikon antifoam, oil base antifoam), laju alir udara dan air tetap (15 L/m, 7 L/m). Kinerja antifoam paling baik adalah silikon antifoam dengan kisaran collapse time 10 – 20 s, sedangkan kinerja oil antifoam dengan collapse time berkisar 17 – 60 s pada temperatur ambient.

Kata Kunci: Antifoam; Foaming; Packed column

ABSTRACT

Packed column is a column with stuffing that is widely used to carry out absorption, distillation, or extraction processes. This research is aimed at designing and building a packed column simulator to find out the foaming phenomenon that occurs in the column and chemical foaming countermeasures. The packed column design is based on the Ludwig Packed Column Design Concept which is pilot scale and then scaled down to laboratory scale. The determination includes determining the column diameter, determining the column height, and determining the fill height, with the dimensions respectively 110 mm, 855 mm and 340 mm. The filling used is a type of Raschig ring made of PVC with a diameter of 1 cm. The problem that often occurs in this process in the column is the phenomenon of foaming. This foaming process is the formation of foam caused by high surface tension due to the contact of liquid and gas. Tests for overcoming the foaming phenomenon were carried out by observing the collapse time with variations in the addition of antifoam concentration, variations in the type of antifoam (silicon antifoam, oil base antifoam), fixed air and water flow rates (15 L/m, 7 L/m). The best antifoam performance is silicon antifoam with a collapse time range of 10 – 20 s, while oil antifoam performance with a collapse time ranges from 17 – 60 s at ambient temperature.

Keyword: Antifoam; Foaming; Packed column

PENDAHULUAN

Dalam bidang teknik kimia, packed column adalah alat proses industri yang digunakan untuk memisahkan campuran

cairan atau uap yang mengandung dua atau lebih komponen materi menjadi beberapa komponen berdasarkan perbedaan

volatilitas (volatilitas) masing-masing komponen dan saling larut [1].

Packing yang berada dalam kolom berfungsi untuk mengontakkan liquid dan vapor secara kontinu baik aliran counter current maupun co-current dan berfungsi memperluas luas kontak antara kedua liquid dan vapor. Selama ada kolom, aka nada beberapa masalah teknik kimia salah satunya foaming pada kolom [2-6].

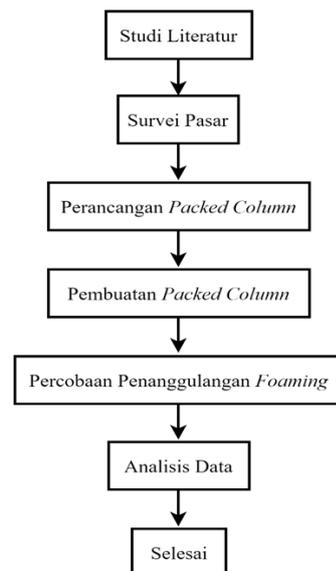
Foaming merupakan proses terbentuknya foam dan menjadi masalah yang banyak terjadi di lapangan khususnya dalam proses absorpsi, distilasi, ataupun ekstraksi. Foam adalah kumpulan bubble yang terbentuk karena terperangkapnya gas dalam zat cair. Foam dalam bahasa Indonesia berarti buih sedangkan bubble dalam bahasa Indonesia berarti gelembung. Foam dalam kolom menyebabkan masalah karena dapat menghambat proses hidrolik. Secara umum, ada dua masalah yang berkaitan dengan foam. Pertama, kecenderungan proses untuk menghasilkan foam dan kedua, kecenderungan proses untuk menghancurkan foam (foam stability) [7-10].

Foam sering menjadi produk samping yang menimbulkan masalah dalam proses industri. Salah satu masalah foaming bagi industri kimia terjadi pada proses biokimia. Sebagian besar bahan biologis seperti protein yang mudah menghasilkan gelembung selama proses agitasi dan/atau aerasi. Pada proses fermentasi aerobik, foam dapat menghambat aliran cairan dan menghalangi transfer oksigen dari udara sehingga mencegah respirasi mikroba. Dampak lain dari foam juga menyebabkan terlepasnya larutan benfield ke udara yang mengandung NH_3 salah satunya NH_4OH yang mudah terdegradasi sehingga menimbulkan bau yang berdampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, dapat ditambahkan antifoam seperti minyak silikon untuk mencegah terbentuknya foam [11-13].

Untuk mempelajari masalah foaming dalam kolom diperlukan simulasi dalam sebuah kolom isian agar dapat diamati pengaruh peristiwa terjadinya foaming dan penanggulangannya pada kolom isian. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam tugas akhir ini akan dirancang, dibangun dan dilakukan uji karakteristik simulator kolom isian serta penanggulangan foaming. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan informasi dan bahan pembelajaran bagi mahasiswa sebagai gambaran di dunia industri pada kolom agar dapat mencegah atau menanggulangi fenomena foaming menggunakan antifoam [14-15].

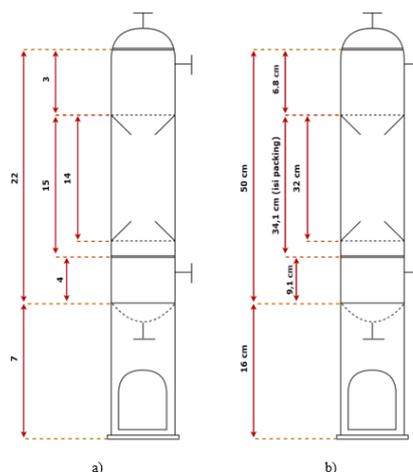
METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung. Dalam rancang bangun alat simulator packed column ini dilakukan dengan Langkah-langka yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Penelitian

Pada proses perancangan dimulai dengan perancangan packed column sebagai alat utama untuk menghasilkan fenomena foaming dengan memanfaatkan proses kontaknya zat cair dan gas yang biasa terjadi pada proses absorpsi dan distilasi. Perancangan ini didasarkan pada Konsep Perancangan Kolom Distilasi Ludwig [16] yang menjadi dasar untuk scale down menjadi packed column skala laboratorium. Tahapan perancangan dimulai dengan menentukan diameter kolom, menentukan tinggi kolom, dan menentukan diameter isian kolom (packing) sebagai media kontak zat cair dengan gas kemudian dilanjutkan dengan pembuatan packed column (Gambar 2). Untuk memudahkan pengoperasian alat dilengkapi dengan flowmeter udara dan iar sebagai pengatur variabel yang diinginkan. Dalam percobaan penanggulangan foaming ditambahkan antifoam silikon dan minyak.



Gambar 2. a) Konsep Perancangan Ludwig, b) Konsep Perancangan setelah Perbandingan dengan Konsep Ludwig [16]

Contoh perhitungan *scale down* salah satu bagian dari kolom Diketahui basis tinggi kolom adalah 50 cm

$$\text{Tinggi Isi Packing} = \frac{\text{Tinggi kolom} \times \text{Tinggi isi packing perbandingan}}{\text{Tinggi kolom perbandingan}}$$

$$\text{Tinggi Isi Packing} = \frac{50 \text{ cm} \times 15}{22}$$

$$\text{Tinggi Isi Packing} = 34,1 \text{ cm}$$

Alat

Alat yang digunakan untuk merancang dan membangun simulator packed column ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar alat simulator packed column

Alat	Spesifikasi	Jumlah
Kolom Akrilik	(OD 12 / ID 11 / Th 0,5) cm	113 cm
Flance Akrilik	(OD 15 / ID 13 / Th 1) cm	9
Karet Seal Flance	(OD 15 / ID 13 / Th 0,5) cm	5
Tray Akrilik	(OD 17 / Th 0,5) cm	1
Pompa Sentrifugal	30 L/m	1
Tangki Air	50 L	1
Pompa Dosing	12 V	1
Adaptor	12V / 2A	1
Dimmer	220V / 2000W	1
Kompresor	Maksimal 7 bar	1
Bar Gauge	10 PSI	1
Flowmeter Udara	20 L/m	1
Flowmeter Air	7 L/m	1
Lampu		1
Tangki Antifoam	500 mL	1
Globe Valve Kuningan	½"	2
Nozzle Sprayer Kuningan	¼"	1
Ball Valve PVC	1"	1

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu larutan Tipol 15 L, antifoam silikon 25 mL dengan konsentrasi 0,25 %; 0,50 %; 0,75 %; 1%; 1,25 %; 1,5 %; 1,75 %, dan Antifoam Minyak dengan volume 75 mL; 150 mL; 225 mL; 300 mL; 375 mL; 450 mL; dan 525 mL yang didapatkan dari toko Bratachem, Kota Bandung. Sebagai bahan fasa cair digunakan air, sedangkan fasa gas adalah udara ambient.

Prosedur

Pada penelitian ini dilakukan tahap pengoperasian alat dan pengujian antifoam.

Pengoperasian Alat

Alat dioperasikan mulai dari Pre-commissioning, alat utama dan pendukung diuji melalui pengecekan kelistrikan, kebocoran, dan keamanan dengan bahan air pada laju alir terendah 1 LPM dan tertinggi 15 LPM. Pada tahap *commissioning* dilakukan uji coba menggunakan air dengan laju alir air optimum yang ditetapkan yaitu 7 LPM dan laju alir udara 15 LPM. Tahap terakhir yaitu operasi normal menggunakan bahan yang akan di uji yaitu larutan Tipol dengan konsentrasi 0,2% pada laju alir air dan udara yang optimum.

Pengujian Antifoam

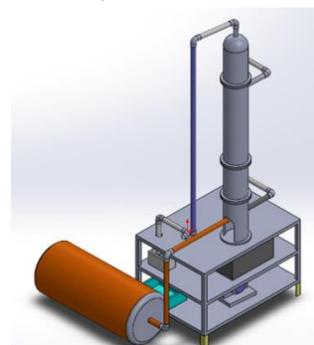
Rangkaian tangki pompa antifoam disusun, sehingga tidak ada kebocoran sambungan. Sebelum pengujian, dilakukan pengenceran antifoam dalam 25mL aquades dengan konsentrasi yang sudah ditetapkan. Dimulai pengamatan fenomena *foaming* dengan cara membuka valve flowmeter air dan udara hingga 7 LPM dan 15 LPM. Setelah foam terbentuk tunggu hingga foam mencapai ujung kolom bagian

atas. Ketika foam menyentuh ujung kolom bagian atas, semprotkan antifoam menggunakan putaran dimmer untuk mengatur kecepatan laju alir antifoam. Hitung waktu Ketika foaming hancur setelah ditambahkan antifoam hingga foam habis diatas permukaan isian kolom (packing) menggunakan stopwatch. Catat berapa lama waktu habis foam (collapse time).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun Simulator Packed Column

Hal yang harus diperhatikan dalam perancangan kolom ini adalah kolom tersebut memiliki isian (random packing) yang dilewati aliran air dan berkontak langsung dengan aliran gas secara counter current dengan pressure drop yang rendah. Pada perancangan kolom ini didesain untuk beroperasi dalam suhu maksimum 60°C dan tekanan atmosfer. Kolom ini dapat menghasilkan fenomena *foaming* yang diamati foam height dan collapse time pada foam. Rancang bangun dan perancangan simulator Packed Column ini terdiri dari alat utama berupa kolom yang dilengkapi dengan isian kolom, *sprayer*, dan antifoam tank. Alat pendukung berupa tangki, pompa, *valve*, perpipaan, flowmeter, rotameter, kompresor, dan meja kerja (Gambar 3).



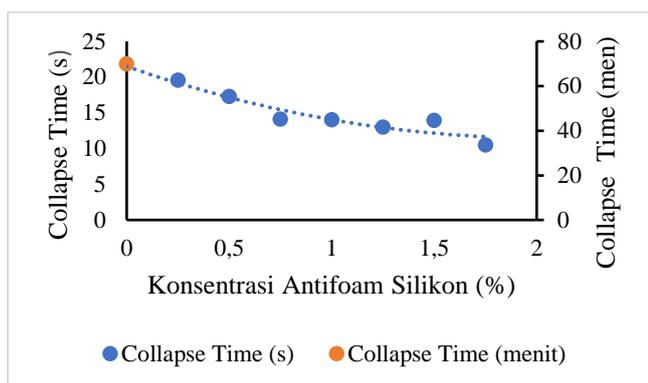
(a)



(b)

Gambar 3. Rangkaian alat keseluruhan : (a) rancangan; (b) hasil rancangan

Pengaruh Konsentrasi Antifoam Silikon terhadap Collapse Time



Gambar 4. Grafik pengaruh konsentrasi silikon antifoam terhadap collapse time

Dalam prosesnya, konsentrasi Tipol yang digunakan pada penelitian adalah 0,2% dalam 15 L air. Konsentrasi Tipol sebagai foamer yang meningkat akan diikuti oleh collapse time yang memiliki trend menurun meskipun terdapat fluktuasi (Gambar 4). Nilai collapse time merupakan waktu berharganya foam hingga foam tersebut habis dan pecah.

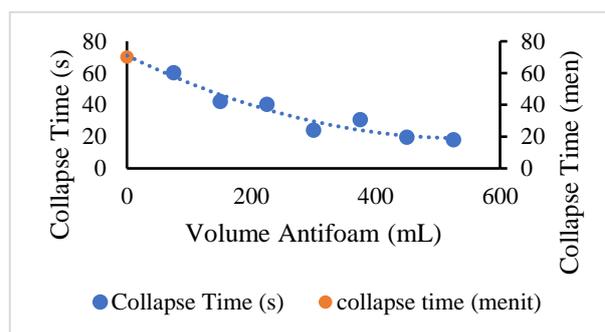
Konsentrasi adalah salah satu parameter dalam menentukan efisiensi antifoam. Dari grafik diatas dapat dilihat secara umum nilai collapse time dengan pengaruh konsentrasi antifoam 0,25% hingga 1,75% berkisar antara 10 s sampai 20 s. Dengan rata-rata nilai collapse time 16,5 s. jika dibandingkan dengan collapse time tanpa antifoam sangat jauh berbeda yaitu 70 men. Ini menunjukkan bahwa karakteristik foam yang terdapat pada penelitian ini mudah pecah ketika diberi antifoam dengan konsentrasi lebih besar. Setiap antifoam memiliki konsentrasi optimal sendiri. Konsentrasi yang terlalu rendah menyebabkan antifoam yang kurang efektif, sedangkan jika konsentrasinya berada diatas batas optimum bertindak sebagai penstabil buih (Okazaki dkk, 1960).

Foam juga mudah pecah karena antifoam didistribusikan oleh sprayer dari sisi atas kolom sehingga antifoam terdispersi secara merata. Hal ini juga menunjukkan bahwa mekanisme antifoam bridging-dewetting bekerja dengan baik. Dimana tetesan pertama antifoam kontak dan masuk terhadap permukaan foam yang sudah terbentuk maka tegangan permukaan foam akan menipis kemudian pecah. Fluktuasi collapse time dapat terjadi apabila tekanan pada bottom column tidak stabil sebagaimana sifat dari udara adalah compressible.

Pengaruh Volume Antifoam Minyak terhadap Collapse Time

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa foam dengan tinggi yang ditetapkan yaitu 34 cm ketika diberikan volume yang semakin banyak maka nilai collapse time memiliki tren menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak volume antifoam yang diberikan foam dalam kolom lebih cepat pecah. Jika dibandingkan dengan silikon antifoam berbasis

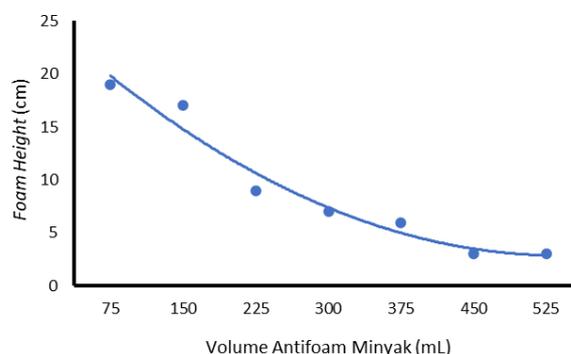
air, antifoam menggunakan minyak memiliki nilai collapse time yang lebih lama yaitu kisaran 17 s untuk volume antifoam minyak 525 mL dan 60 s untuk volume antifoam 75 mL. jika dibandingkan dengan collapse time tanpa menggunakan antifoam sangat jauh berbeda. Collapse time yang lebih lama ini disebabkan oleh viskositas minyak yang berbeda dengan air sehingga tetesan minyak membutuhkan waktu untuk masuk menembus lapisan foam. Tetesan antifoam minyak menyelimuti terlebih dahulu permukaan foam kemudian menekan tegangan permukaan foam sehingga foam habis dan pecah. Antifoam minyak dapat memecahkan lapisan foam dengan bertindak sebagai jembatan hidrofobik antara dua permukaan foam sehingga mengganggu stabilitas foam.



Gambar 5. Grafik pengaruh volume antifoam minyak terhadap collapse time

Pengaruh Volume Antifoam Minyak terhadap Foam Height

Efektifitas antifoam berdasarkan kinerjanya dalam menghancurkan lapisan foam yang terbentuk dapat diamati dengan penurunan tren volume atau foam height. Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa volume antifoam berpengaruh pula terhadap foam height volume dari foam tersebut. Antifoam dengan volume terendah yaitu 75 mL memiliki foam height setinggi 19 cm, hal ini menunjukkan bahwa foam yang hancur hanya setengah dari tinggi awal foam yaitu 34 cm. Begitu juga sebaliknya antifoam dengan volume tertinggi yaitu 525 mL dapat menghancurkan foam dengan foam height 3 cm.



Gambar 6. Grafik pengaruh volume antifoam minyak terhadap foam height

KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilakukan mengenai rancang bangun dan uji karakteristik kolom isian sebagai simulator dan penanggulangan foaming secara kimia, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Packed column yang telah selesai dibangun dengan diameter dalam 11 cm, diameter luar 12 cm dan tinggi 85,5 cm serta diameter Raschig ring 1 cm. alat ini dilengkapi dengan tangki umpan, pompa, dosing pump, valve, flowmeter air dan udara, dimmer, dan tangki antifoam. Alat ini dapat digunakan untuk praktikum pengamatan foaming dengan mengamati foam height dan collapse time.
2. Proses penanggulangan antifoam dilakukan dengan penambahan silicon antifoam dan antifoam minyak nabati, Adapun pengaruhnya sebagai berikut:
 - a) Semakin tinggi konsentrasi antifoam maka semakin cepat collapse time yang terjadi.
 - b) Semakin banyak volume yang disemprotkan maka semakin cepat collapse time terbentuk. Begitu juga dengan foam height, semakin banyak volume yang disemprotkan maka semakin kecil foam height yang dihasilkan.
 - c) Efektifitas silikon antifoam lebih baik daripada antifoam minyak dengan nilai collapse time tertinggi 10,5 s dengan konsentrasi 1,75 % sedangkan antifoam minyak dengan collapse time tertinggi 17,96 s dengan foam height 3 cm. Kesimpulan utama dari penelitian ini dapat disajikan dalam bagian Kesimpulan yang berdiri sendiri. Kesimpulan dapat dituliskan dalam bentuk paragraf atau dalam bentuk daftar bernomor.

KONTRIBUSI PENULIS

AF dan DK melakukan studi mengenai rancang bangun simulator packed column menguji karakteristik packed column penanggulangan foaming, membuat laporan penelitian, dan melakukan analisis data. DK terutama bertanggung jawab untuk merencanakan dan merancang penelitian, serta membangun simulator packed column selama proses berlangsung. AF bertanggung jawab untuk menguji karakteristik, mengumpulkan data eksperimental, membuat gambar dan grafik yang diperlukan, menganalisis data fenomena yang dihasilkan, dan menyajikan hasil yang diperoleh. IJ terlibat dalam penyuntingan naskah serta artikel ilmiah, mengawasi keseluruhan penelitian, dan memberikan saran dan masukan berharga selama proses penelitian. Semua penulis berpartisipasi dalam penulisan revisi dan telah membaca serta menyetujui versi final naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Ir.Nurchayo,M.T atas masukan dan saran dalam penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Aveyard and J.H. Clint, "Liquid droplets and solid particles at surfactant solution interfaces", *Faraday Transactions*, vol. 91, 2681-2697, 1005
- [2] S. Maemunah, "UJI KINERJA ANTIFOAM AFRD PADA SAMPEL SHORT RESIDUE PT. PERTAMINA (PERSERO) RU II DUMAI", Tugas Akhir, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2019.
- [3] R Chaisalee, S. Soontravanich, N. Yanumet, J.F. Scamehorn, "Mechanism of antifoam behavior of solutions of nonionic surfactants above the cloud point", *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 6, no. 4, 345-361, 2003.
- [4] S.I. Karakashev, M.V. Grozdanova, "Foams and antifoams", *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 176-177, 1-17, 2012.
- [5] A. Khaerina, Z. Salimin, T. Istirokhatun, "Penggunaan Anti Buih Polipropilen Glikol Untuk Evaporasi Limbah Radioaktif Cair Yang Mengandung Detergen." *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 1-11, 2015.
- [6] S.P. Christiano, 2003, *Silicone Dispersions*, US Patent 6656975 B1.
- [7] H. Kobayashi, 1996, *Silicone Antifoam Compositions*, US Patent 5531929.
- [8] P.A. Gauglitz, F. Friedmann, S.I. Kam, W.R. Rossen, "Foam Generation in Porous Media", *SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium*, 2002.
- [9] A.F.R. Ghozali, "SIMULATION OF DECREASING C6+ ON NATURAL GAS FEED STREAM TO MINIMIZE FOAMING IMPACT IN SYSTEM PROCESS AT CO2 REMOVAL PLANT PT REKAYASA INDUSTRI - PERTAMINA EP FIELD SUBANG", Tugas Akhir, Bandung" Politeknik Negeri Bandung, 2012.
- [10] W.L. McCabe, J.C. Smith, and P. Harriot, "Unit Operations of Chemical Engineering", Mc Graw-Hill, Singapore, 1993.
- [11] H. Kister, "Distillation Design," McGraw-Hill Inc. United State, 1992.
- [12] M. Redel, A. Novoa, T. Goldina, M. Englert, "Distillation Senior Design CHE 396", 2006.
- [13] M.M. Rieger, "Surfactant in Cosmetics", *Surfactant science series*, New York: Marcel Dekker, Inc., 1985.
- [14] S.J. Routledge, "Beyond de-foaming: the effects of antifoams on bioprocess Productivity", *Computational and Structural Biotechnology Journal*, vol. 4, no. 1, e201210001, 2012.

- [15] S. Styasmi, "Penelitian Penggunaan Anti Buih terhadap Deterjen (Degreasing Agent) dan Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit", Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik Ke-3 Yogyakarta, 2012.
- [16] E.E. Ludwig, "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical. Plants", Gulf Publishing Company Houston, Texas, 1964