

Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Waktu Tinggal Reaktan terhadap Temperatur dan Volume Fluida dalam Ratb *Bench Scale* untuk Persiapan Sintesis ZBS

Sudaryadi[✉], Isti Dian Rachmawati, dan Herry Poernomo

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – BATAN
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281

Info Artikel

Diterima Agustus 2020

Disetujui September 2020

Dipublikasikan November 2020

Keywords:

waktu tinggal
kecepatan pengadukan
fluida
RATB

Abstrak

Modul reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) *bench scale* adalah suatu perangkat reaktor untuk reaksi kimia yang spesifikasi teknisnya diperoleh dari hasil desain dengan mengadopsi kaidah desain RATB namun dengan ukuran desain yang kecil (volume 1000 mL) yang dilengkapi dengan sistem pengatur debit dan kecepatan pengadukan serta pengendali temperatur. Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji fungsi pengatur debit dan pengendali temperatur pada modul RATB *bench scale* gelas untuk persiapan sintesis *zirconium basic sulphate* (ZBS)- $Zr_5O_8(SO_4)_2 \cdot 15H_2O$ berdasarkan karakteristik perubahan volume dan temperatur fluida yang terukur dalam reaktor. Metode yang dilakukan diawali dengan kalibrasi pompa dosis sebagai pengukur kecepatan alir larutan $ZrOCl_2$, reaktan $(NH_4)_2SO_4$, dan *slurry* ZBS. Kemudian dari data debit fluida dilakukan percobaan pengaruh waktu tinggal fluida (60, 75, 90, 105, 120 menit) dan kecepatan pengadukan fluida (100, 200, 250, 300 rpm) terhadap penyimpangan volume dan temperatur fluida terukur dari data desain modul RATB *bench scale* dengan volume 1000 mL dan temperatur 90°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada percobaan pengaruh waktu tinggal dan kecepatan pengadukan memberikan rentang volume fluida 900-1030 mL atau dengan penyimpangan volume fluida 0-5% dan rentang temperatur fluida di dalam reaktor 89,0-92,6°C atau dengan penyimpangan temperatur fluida 1,1-2,8%. Berdasarkan data penyimpangan volume dan temperatur fluida terukur yang < 10%, maka dapat disimpulkan bahwa alat pengatur debit dan pengendali temperatur pada RATB *bench scale* memiliki kinerja yang baik.

Abstract

The bench scale stirred tank reactor module (CSTR) is a reactor device for chemical reactions whose technical specifications are obtained from the design results by adopting CSTR design rules but with a small design size (1000 mL volume) equipped with a discharge regulating system and stirring speed and temperature controller. The purpose of this study is to test the function of the flow regulator and temperature controller on the glass bench scale CSTR module for the preparation of the synthesis of zirconium basic sulphate (ZBS) - $Zr_5O_8(SO_4)_2 \cdot 15H_2O$ based on the characteristic changes in the volume and temperature of the fluid measured in the reactor. The method starts with calibration of the dosage pump as a measure of the flow rate of $ZrOCl_2$ solution, reactant $(NH_4)_2SO_4$, and ZBS slurry. Then from the fluid discharge data an experiment was conducted to influence the residence time of the fluid (60, 75, 90, 105, 120 minutes) and the speed of fluid stirring (100, 200, 250, 300 rpm) on the deviation of the volume and temperature of the measured fluid from the design data of the CSTR bench module scale with a volume of 1000 mL and a temperature of 90 °C. The results showed that in the experiment the effect of residence time and stirring speed gave a fluid volume range of 900 - 1030 mL or with a fluid volume deviation of 0 - 5% and a fluid temperature range in the reactor 89.0 - 92.6 °C or with a fluid temperature deviation 1.1 - 2.8%. Based on the data deviation of the measured fluid temperature and temperature <10%, it can be concluded that the flow rate regulator and temperature controller on the bench scale CSTR has a good performance.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281
E-mail: sudaryadi@batan.go.id

Pendahuluan

Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) adalah suatu alat proses untuk terjadinya suatu reaksi kimia yang berlangsung secara kontinyu. Pada industri berskala besar, RATB lebih sering diaplikasikan karena kemampuan operasinya yang dapat diatur kapasitasnya. Reaktor alir tangki berpengaduk beroperasi pada kondisi *steady state* dan mudah dalam kontrol temperatur, tetapi waktu tinggal reaktan dalam reaktor ditentukan oleh laju alir (debit) dari umpan dan reaktan masuk serta produk keluar, maka waktu tinggal sangat terbatas sehingga sulit mencapai konversi reaktan per volume reaktor yang tinggi, karena dibutuhkan reaktor dengan volume yang sangat besar (Smith, 1981).

Ada dua model teoritis paling populer yang digunakan dalam pereaksian kimia yang beroperasi dalam keadaan tunak (*steady-state*), yaitu *continuous stirred tank reactor* (CSTR) dan *plug flow reaktor* (PFR). Perbedaannya adalah pada dasar asumsi konsentrasi komponen-komponen yang terlibat dalam reaksi. Reaktor alir tangki berpengaduk merupakan model reaktor yang berupa tangki berpengaduk dan diasumsikan pengaduk yang bekerja dalam tangki sangat sempurna sehingga konsentrasi tiap komponen dalam reaktor seragam sebesar konsentrasi aliran yang keluar reaktor. Model ini biasanya digunakan pada reaksi homogen dimana semua bahan baku dan katalis dalam bentuk cair (Nauman, 2002).

Keberhasilan operasi suatu proses pengolahan sangat bergantung pada aktifnya pengadukan dan pencampuran zat cair dalam proses itu. Pengadukan menunjukkan gerakan yang tereduksi menurut cara tertentu. Pada suatu bahan di dalam bejana, dimana gerakan ini biasanya mempunyai semacam pola sirkulasi. Pencampuran (*mixing*) ialah peristiwa menyebarnya bahan secara acak, dimana bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain dan sebaliknya, sedang bahan-bahan itu terpisah dalam dua fase atau lebih. Tujuan pengadukan antara lain adalah untuk membuat suspensi partikel zat padat, untuk meramu zat cair yang mampu bercampur (*miscible*), dan untuk mempercepat perpindahan panas antara zat cair dengan sumber panas yang dikeluarkan melalui kumparan atau mantel pemanas (Mc Cabe, 1993).

Waktu tinggal fluida dalam reaktor (τ) dan konstante kecepatan reaksi (k) berpengaruh terhadap konversi reaksi (X_A) yang dinyatakan dengan persamaan (Fogler, 1992):

$$X_A = \frac{\tau k}{1 + \tau k} \quad (1)$$

Persamaan (1) memperlihatkan bahwa perubahan waktu tinggal akan berpengaruh pada besarnya konversi reaksi yang diperoleh. Namun waktu tinggal yang terlalu lama dapat menyebabkan gangguan pada ukuran partikel distribusi (Randolph *et al.*, 1988). Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh waktu tinggal di RATB pada pembuatan ZBS ini.

Instalasi RATB dianggap berhasil dengan diikuti pencampuran yang sempurna (Dirksen, 1992). Oleh karena itu reaktor ini memerlukan pengadukan sempurna untuk mereaksikan reaktannya. Hal ini dapat dijelaskan oleh persamaan *Arrhenius*:

$$k = A e^{\frac{-E_A}{RT}} \quad (2)$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa besarnya konstanta reaksi (k) merupakan fungsi faktor tumbukan (A). Faktor tumbukan ini dapat merupakan fungsi dari bilangan *Reynold* yang disebabkan oleh adanya pengadukan. Agar diperoleh persamaan yang dapat dipergunakan lebih luas, kecepatan pengaduk diubah menjadi bilangan *Reynold*. Bilangan *Reynold*, Re , dapat ditulis dengan sebagai berikut: (Fogler, 1992)

$$k = f(Re) \quad (3)$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (4)$$

dengan ρ menunjukkan rapat cairan (kg/m^3), v adalah kecepatan (m/s), D adalah lebar pengaduk (m), dan μ adalah viskositas cairan (*poiseuille*). Kecepatan v , adalah kecepatan linier, karena yang diukur dalam penelitian ini adalah kecepatan putar pengaduk, v dapat ditulis dengan kecepatan putar pengaduk (N) dikalikan dengan lebar pengaduk (D), sehingga persamaan (3) dan (4) dapat ditulis menjadi (Kundari, dkk, 2009):

$$Re = \frac{\rho D^2 N}{\mu} \quad (5)$$

Persamaan di atas menunjukkan besarnya konstanta kecepatan reaksi (k) dipengaruhi oleh besarnya kecepatan pengadukan. Maka dengan meninjau kembali persamaan (1), dapat disimpulkan kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada konversi pembentukan ZBS.

Beberapa hal penting pada RATB adalah:

1. Temperatur dan komposisi diasumsikan seragam selama dalam reaktor.
2. Reaksi berlangsung *steady-state*, dengan aliran kontinu pada reaktan dan produk sehingga jumlah yang masuk setara dengan jumlah yang keluar reaktor.
3. Perhitungan mengasumsikan bahwa pengadukan terjadi secara sempurna sehingga semua titik dalam reaktor memiliki komposisi yang sama (Moakher *et al.*, 2000).

Modul RATB *bench scale* gelas adalah suatu perangkat reaktor untuk reaksi kimia yang spesifikasi teknisnya diperoleh dari hasil desain dengan mengadopsi kaidah desain RATB namun dengan ukuran desain yang kecil (volume 1000 mL) yang dilengkapi dengan sistem pengatur debit dan kecepatan pengadukan serta pengendali temperatur untuk sintesis prototipe produk kimia *zirconium basic sulphate* (ZBS) – $Zr_5O_8(SO_4)_2 \cdot 15H_2O$.

Reaksi pembentukan ZBS sebagai berikut:



Pompa Dosis sebagai Pengatur Debit. Alat pengatur debit pada penelitian ini digunakan untuk mengatur lamanya waktu tinggal reaktan di dalam reaktor. Pengatur debit yang digunakan terdiri dari pompa dosis untuk umpan *zirconium oxychloride* (ZOC), reaktan $(NH_4)_2SO_4$, NH_4OH , dan pompa *output* prototipe produk ZBS. Spesifikasi pompa yang digunakan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi pompa pengatur debit pada reaktor pengendapan ZBS

Nama pompa	Spesifikasi pompa
Pompa ZOC (P-1)	FMI LAB PUMP Model QG 50 220 VAC 50/60 Hz
Pompa $(NH_4)_2SO_4$ (P-2)	FMI LAB PUMP Model QG 50 220 VAC 50/60 Hz
Pompa NH_4OH (P-3)	Black Stone BL 10-2 220-240 VAC – 50/60 Hz
Pompa <i>output</i> ZBS (P-4)	Solenoid Driven Metering Pump PZ-30-VTCF-4X9PVC-W-S-JPL, max capacity 30 mL/min

Modul RATB *bench scale* untuk sintesis ZBS didesain dengan volume fluida 1000 mL. Indikator pengatur debit berkerja dengan baik adalah jika tidak terjadi perubahan volume fluida di dalam reaktor yang signifikan. Hal ini dikarenakan debit masuk sama dengan debit keluar sehingga diharapkan tidak ada akumulasi atau pengurangan volume reaktor selama operasional RATB.

Kinerja pompa dosis dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1 dalam mengisi reaktor pada debit tertentu untuk mencapai *setpoint* volume fluida 1000 mL dalam reaktor dapat dipengaruhi oleh perubahan tegangan listrik, kecepatan pengadukan, dan kondisi pompa dosis. Sehingga volume fluida 1000 mL yang terukur akan berfluktuasi bisa kurang atau lebih dari *setpoint* volume fluida yang diinginkan. Demikian juga kinerja sistem pemanas pada modul RATB *bench scale* untuk mencapai *setpoint* temperatur fluida 90 °C dalam reaktor pada debit tertentu dapat dipengaruhi oleh perubahan tegangan listrik dan kecepatan pengadukan. Dalam praktik operasional RATB, maka toleransi penyimpangan fluktuasi volume fluida dan temperatur fluida yang terukur dapat diterima jika rentang penyimpangan < 10%.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan uji fungsi pengatur debit dan pengendali temperatur pada modul RATB *bench scale* gelas untuk persiapan sintesis prototipe produk ZBS berdasarkan karakteristik perubahan volume fluida dan temperatur yang terukur dalam reaktor.

Metode

Bahan yang digunakan terdiri atas umpan $ZrOCl_2$ - *zirconium oxychloride* (ZOC), reaktan $(NH_4)_2SO_4$, dan NH_4OH sebagai pengatur pH pembentukan ZBS. Alat yang digunakan terdiri atas *stop watch*, gelas ukur, dan modul RATB *bench scale* gelas seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



- H = heater
 KP = kontrol panel
 M-1 = motor pengaduk reaktan
 M-2 = motor pengaduk media panas
 P-1 = pompa dosis umpan $ZrOCl_2$
 P-2 = pompa dosis reaktan $(NH_4)_2SO_4$
 P-3 = pompa dosis NH_4OH
 P-4 = pompa penyedot ZBS
 T-1 = penampung umpan $ZrOCl_2$
 T-2 = penampung reaktan $(NH_4)_2SO_4$
 T-3 = penampung NH_4OH

Gambar 1. Modul RATB *bench scale* gelas untuk sintesis ZBS

Alat Pengatur Debit. Larutan umpan larutan $ZrOCl_2$ dan reaktan $(NH_4)_2SO_4$ di dalam masing-masing penampung T-1 dan T-2 dialirkan ke dalam reaktor (R) dengan menggunakan pompa dosis (P-1) dan (P-2) pada skala tertentu yang telah dikalibrasi debitnya. Besarnya aliran per satuan waktu (debit) umpan mempengaruhi lamanya waktu tinggal reaktan pada reaktor. Oleh karena itu, pompa dosis perlu diatur pada skala tertentu untuk mendapatkan debit atau waktu tinggal sesuai *set point* yang diinginkan. Untuk mengeluarkan *slurry* ZBS dari reaktor dilakukan dengan membuka kran *output* dan menyedot *slurry* menggunakan pompa penyedot (P-4).

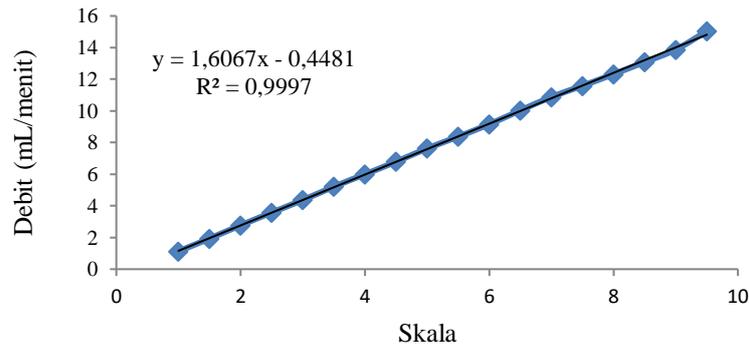
Alat Kendali Suhu. Pengendali suhu pada reaktor ini yaitu *heater* (H) yang berupa bejana silinder gelas dengan *immersion heater* yang tercelup oleh fluida pemanas minyak sebagai media transfer panas di dalam *heater*. Untuk memudahkan transfer panas dari *heater* ke reaktor (R) digunakan pengaduk dengan pengendali berupa motor (M-2). Saklar otomatis yang menghubungkan antara *heater* dan reaktor berfungsi untuk mengatur kestabilan temperatur agar tetap berada pada *set point* yang diinginkan. Sebagai kontrol suhu digunakan sensor temperatur yang dipasang di dalam *heating mantle* dan di dalam reaktor dengan *temperature indicator control* (TIC) yang dapat dilihat di *display* pada kontrol panel (KP).

Uji Fungsi Pengatur Debit. Pompa (P-1), (P-2) dan (P-4) diset pada skala tertentu, kemudian pompa dihidupkan, motor pengaduk di reaktor (M-1) dan motor pengaduk di *heater* (M-2) dihidupkan, volume fluida yang keluar dari pompa diukur pada waktu tertentu.

Uji Fungsi Pengendali Suhu. Reaktor dinyalakan dengan diset pada temperatur $150\text{ }^\circ\text{C}$ di *display heater temperature* dan diset pada temperatur $90\text{ }^\circ\text{C}$ di *display reactor temperature*. Penunjukan temperatur pada *heating mantle* dan reaktor yang tertera pada kontrol panel (KP) diamati dan dicatat pada rentang waktu tertentu selama proses.

Hasil dan Pembahasan

Sebelum pompa digunakan, dilakukan kalibrasi terhadap debit fluida di masing-masing skala yang tertera pada pompa *input* yang terdiri atas pompa pemasukan larutan umpan $ZrOCl_2$ (P-1) dan pompa pemasukan larutan reaktan $(NH_4)_2SO_4$ (P-2) serta pompa *output* yaitu pompa pengeluaran *slurry* ZBS (P-4) yang masing-masing memberikan data debit fluida tertentu. Hasil kalibrasi pompa dosis *input* dan *output* disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

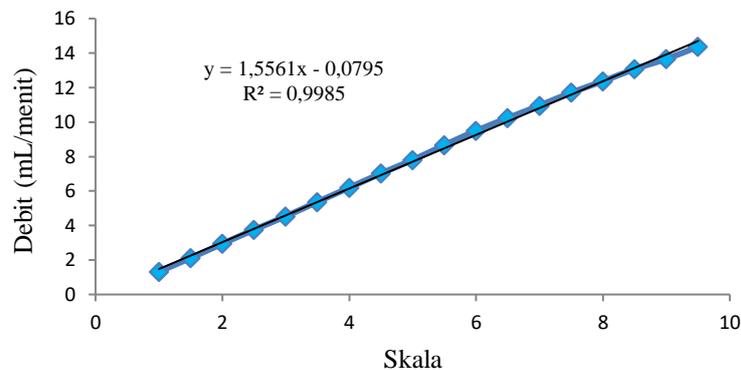


Gambar 2. Kurva kalibrasi pompa dosis larutan $ZrOCl_2$

Berdasarkan Gambar 2 tersebut terlihat bahwa hampir semua titik debit fluida mendekati garis linieritas. Linearitas kurva kalibrasi pompa dosis larutan $ZrOCl_2$ cukup tinggi yaitu $R^2 = 0,9997$. Kurva ini memberikan persamaan $y = 1,6067x - 0,4481$. Berdasarkan kalibrasi tersebut, maka untuk variasi waktu tinggal fluida yang mengisi volume fluida di dalam reaktor 1000 mL dapat diset pada skala pompa dosis seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Set skala pompa dosis larutan $ZrOCl_2$ pada variasi waktu

Waktu tinggal (menit)	Debit (mL/menit)	Skala pompa dosis
60	8,33	5,33
75	6,66	4,36
90	5,55	3,69
105	4,76	3,19
120	4,16	2,85



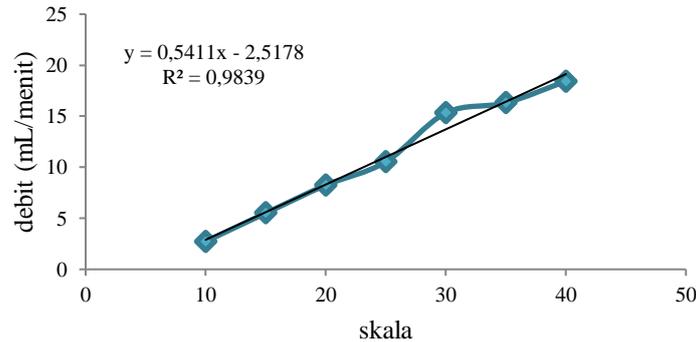
Gambar 3. Kurva kalibrasi pompa dosis larutan $(NH_4)_2SO_4$

Gambar 3 menunjukkan hasil kalibrasi debit larutan $(NH_4)_2SO_4$ 0,08M pada skala yang tercantum dalam pompa dosis. Kurva ini memiliki linearitas yang cukup tinggi yaitu $R^2 = 0,9985$ dengan persamaan $y = 1,5561x - 0,0795$. Berdasarkan data kalibrasi tersebut, maka untuk variasi waktu tinggal pada volume reaktor 1000 mL dapat diset pada skala seperti yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Set skala pompa dosis larutan $(NH_4)_2SO_4$ pada variasi waktu

Waktu tinggal (menit)	Debit (mL/menit)	Skala pompa dosis
60	8,33	5,38
75	6,66	4,30
90	5,55	3,55
105	4,76	3,08
120	4,16	2,70

Pompa *output* dikalibrasi dengan menggunakan *slurry* ZBS yang dihasilkan dari reaksi pembuatan antara ZOC dengan amonium sulfat secara proses *bacth*. Hasil dari kalibrasi pompa *output* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva kalibrasi pompa *output*

Berdasarkan Gambar 4, hasil kalibrasi pompa *output* kurang baik. Pada skala 25, 30, dan 40 debit tidak tepat pada linieritasnya. Hal ini dapat dikarenakan homogenitas *slurry* ZBS yang kurang sehingga viskositas cairan tidak sama persis. *Slurry* ZBS mudah mengendap secara gravitasi dan sifat *slurry* yang lengket ada kemungkinan penyumbatan ringan pada pompa. Berdasarkan data kalibrasi maka untuk variasi waktu tinggal memberikan data debit fluida dengan skala pompa dosis seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Set skala pompa *output* pada variasi waktu

Waktu tinggal (menit)	Debit (mL/menit)	Skala pompa dosis
60	16,66	26
75	13,34	20
90	11,12	15
105	9,52	12
120	8,34	10

Berdasarkan data kalibrasi keseluruhan, maka set skala pompa dosis P-1, P-2, dan P-4 untuk variasi waktu tinggal disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Set skala pompa *input* dan *output*

Waktu tinggal(menit)	Skala pompa dosis larutan ZrOCl ₂	Skala pompa dosis larutan (NH ₄) ₂ SO ₄	Skala pompa <i>output</i>
60	5,33	5,38	26
75	4,36	4,30	20
90	3,69	3,55	15
105	3,19	3,08	12
120	2,85	2,70	10

Uji Fungsi Pengatur Debit. Proses sintesis ZBS menggunakan RATB dimulai dengan memasukkan larutan umpan ZrOCl₂ dan larutan reaktan (NH₄)₂SO₄ ke reaktor sampai volume 1000 mL. Pengaturan kecepatan pengadukan dan temperatur pada reaktor dibuat sama yaitu 150 rpm dan 90 °C (Tuyen *et al.*, 2007) dan (Susiantini, 2013). Hasil uji fungsi alat pengatur debit disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Pengaruh waktu tinggal reaktan terhadap volume fluida selama proses pengoperasian reaktor pada kecepatan pengadukan 150 rpm

Waktu tinggal (menit)	Rentang volume fluida di dalam reaktor (mL)	Rentang penyimpangan volume fluida (%)
60	950 – 1000	0 – 5
75	990 – 1030	1 – 3
90	1000 – 1020	0 – 2
105	950 – 1020	2 – 5
120	1000 – 1010	0 – 1

Tabel 7. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap volume fluida selama proses pengoperasian reaktor pada waktu tinggal 60 menit

Kec. pengadukan (rpm)	Rentang volume fluida di dalam reaktor (mL)	Rentang penyimpangan volume fluida (%)
100	1000	0
200	900 – 1000	0 - 1
250	930-1030	3 - 7
300	1000-1020	0 - 2

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7, menunjukkan bahwa rentang volume fluida pada keseluruhan proses adalah 900 – 1030 mL. Rentang volume fluida pada perubahan waktu tinggal dan kecepatan pengadukan menunjukkan bahwa kinerja alat kendali debit yaitu pompa P1, P-2, dan P-4 masih cukup baik dengan penyimpangan volume fluida di dalam reaktor 0 – 5 % atau kurang dari 10%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja alat pengatur debit dapat dianggap baik.

Uji Fungsi Alat Pengendali Temperatur. Temperatur optimum pembentukan ZBS sesuai hasil optimasi adalah 90 °C (Tuyen *et al.*, 2007) dan (Susiantini, 2013). Oleh karena itu temperatur fluida di reaktor diatur pada nilai 90 °C. Pada saat temperatur fluida di reaktor sudah mencapai 90 °C, saklar otomatis akan mematikan *heater*. Adapun rentang temperatur yang terukur saat proses pengendapan ZBS berlangsung disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh waktu tinggal reaktan terhadap temperatur reaktor selama proses pengoperasian reaktor pada kecepatan pengadukan 150 rpm

Waktu tinggal (menit)	Rentang temperatur reaktor (°C)	Rentang penyimpangan temperatur reaktor (%)
60	89,4 – 92,5	0,6 – 2,7
75	89,1 – 92,3	1 – 2,5
90	89,0 – 92,0	1,1 – 2,2
105	89,3 – 92,3	0,7 – 2,5
120	89,4 – 92,6	0,6 – 2,8

Tabel 9. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap temperatur reaktor selama proses pengoperasian reaktor pada waktu tinggal reaktan 60 menit

Kec. pengadukan (rpm)	Rentang temperatur reaktor (°C)	Rentang penyimpangan temperatur reaktor (%)
100	89,6 – 92,3	0,4 – 2,5
200	89,1 – 91,5	1 – 1,6
250	89,2 – 92,1	0,8 – 2,3
300	89,0 - 92,3	1,1 – 2,5

Berdasarkan Tabel 8 dan Tabel 9 dapat diambil kesimpulan bahwa rentang temperatur pada keseluruhan proses adalah 89,0 – 92,6 °C. Rentang temperatur ini menunjukkan bahwa kinerja alat kendali temperatur pada RATB *bench scale* masih cukup baik dengan penyimpangan 1,1 – 2,8 % dari *set point* temperatur optimum (90 °C) pada sintesis ZBS secara *batch* (Tuyen *et al.*, 2007) dan (Susiantini, 2013). Selain itu, untuk mengetahui keakuratan nilai temperatur yang tercantum di kontrol panel (KP), maka dilakukan pengukuran temperatur reaktor menggunakan thermometer. Nilai temperatur hasil dari pengukuran thermometer menunjukkan angka yang sama dengan nilai temperatur di kontrol panel. Hal ini menunjukkan bahwa pengendali temperatur pada RATB *bench scale* memiliki kinerja yang baik.

Simpulan

Dari data hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa pengaruh debit dan kecepatan pengadukan fluida tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan volume dan temperatur fluida pada operasional modul RATB gelas *bench scale* yang diindikasikan dengan penyimpangan yang relatif kecil yaitu untuk volume terukur sekitar 0 – 5 % dari desain volume RATB sebesar 1000 mL dan temperatur terukur sekitar 1,1 – 2,8 % dari *set point* temperatur optimum (90 °C) untuk proses sintesis ZBS secara *batch* (Susiantini, 2013).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dr. Susilo Widodo selaku kepala Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) yang telah memberikan anggaran melalui DIPA PSTA 2014 sehingga penelitian ini dapat berlangsung dengan baik dan lancar.

Daftar Pustaka

- Dirksen, J.A. 1992. *The Precipitation of Basic Sulfate in a Continuous Stirred Tank Reactor As a Precursor for Zirconia Ceramics*. University of Utha de Nationalite Americaine. Lausanne. EPFL
- Foggler, H.S. and Arbor, A. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 3rd edition. Prentice Hall Inc. New York
- Kundari, N.A., Marjanto, D., dan Wahyuningtyas, D.A. 2009. *Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radioisotop*. STTN-BATAN. Yogyakarta
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition. John Wiley & Sons. New York
- Mc Cabe, Smith, and Harriot. 1993. *Unit Operations of Chem Engineering*. 5th Edition, Mc Graw Hill Inc. New York
- Moakher, M., Shinbrot, T., and Muzzio, F.J. 2000. *Experimentally Validated Computations of Flow, Mixing and Segregation of Non-Cohesive Grains in 3D Tumbling Blenders*. Powder Techno. Elsevier
- Nauman, E.B. 2002. *Chemical Reactor Design, Optimization and Scale up*. Mc Graw Hill. New York
- Poernomo, H., Susiantini, E., Indrati, T., Sulisty, B., dan Supriyadi, H. 2012. *Rancang Bangun Reaktor Pengendapan untuk Pembuatan Zirkonium Berbasis Sulfat (ZBS) Pada Proses Pemurnian Zirkonia*. Laporan Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa (PKPP) Kemenristek
- Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetic*. 3rd edition. Mc.Graw Hill Boo Company Inc. New York
- Susiantini, E. 2012. *Optimasi Kondisi Pembuatan Zirconium Basic Sulphate (ZBS) dari Zirconium Oxychloride (ZOC)*. PTAPB-BATAN. Yogyakarta
- Susiantini, E. 2013. *Pembuatan $Zr(SO_4)_2 \cdot xH_2O$ Melalui Jalur Zirconium Basic Sulphate (ZBS) sebagai Umpan pada Continuous Annular Chromatography (CAC)*. *J. Tek. Bhn. Nukl.*, 9 (2): 55 – 113
- Tuyen, N.V., Quang, V.T., Huang, T.G., Anh, V.H. 2007. *Preparation of High Quality Zirconium Oxychloride from Zircon of Vietnam*. Institute for Technology of Radioactive and Rare Element. VAEC. Vietnam.