ANALISA PROFIL ALIRAN FLUIDA AMMONIA CAIR DALAM TUBULAR REAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DINAMICS (CFD)

Amiruddin[1], Azhari[1], Wusnah[1]
[1]Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Laboratorium Teknik Kimia, Jl. Batam No. 2, Bukit Indah, Lhokseumawe 24353
e-mail**:** amirkubik@gmail.com

Abstrak

Tubular reaktor merupakan suatu jenis reaktor yang banyak digunakan dalam industri. Profil aliran fluida ammonia cair dalam tubular reaktor sangat penting untuk diketahui guna melihat turbulensi suatu fluida dalam tubular reaktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil aliran fluida ammonia cair diantaranya viscositas, suhu, NRe yang mempengaruhi profil aliran didalam tubular reaktor dengan bantuan aplikasi computational fluid dynamics (CFD). Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah autodesk inventor dan autodesk simulation CFD. Hasil simulasi yang dilakukan pada tubular reaktor dengan memvariasikan laju alir massa dan temperature dimana semakin kecil laju alir massa maka semakin besar bilangan Reynold dan bilangan Reynold terbesar adalah 157.547,077 terjadi pada laju alir massa 46.000 kg/jam dengan suhu 93°C dan bilangan Reynold terendah adalah 79.584 terjadi pada laju alir massa 66.000 kg/jam dengan suhu 83°C. Temperature 73°C nilai viscositas ammonia cair adalah 0,0001 Pa.s dan temperature 83°C nilai viscositasnya 0,00007 Pa.s. Besarnya nilai viscositas didalam tubular reaktor berbanding terbalik dengan perubahan temperature ammonia cair.

Kata kunci :tubular reaktor, laju alir massa, turbulensi, bilangan Reynold, *Computational Fluid Dynamics*(CFD)

1. Pendahuluan

Tersedianya sumber daya migas yang potensial sebagai bahan baku merupakan faktor penting untuk tumbuh dan berkembangnya industri petrokimia yang produknya selain memenuhi kebutuhan domestik juga dapat diekspor. Industri pupuk urea dari bahan baku gas alam merupakan salah satu industri strategis nasional yang berperan penting dalam menyediakan kebutuhan pupuk sebagai komoditas yang memiliki peran sangat strategis di sektor pertanian dalam

rangka menunjang program ketahanan pangan nasional. Data tahun 2005 menunjukkan total konsumsi urea untuk kebutuhan pertanian, perkebunan dan industri adalah sebesar 5.422,606 ton/tahun, sementara sebanyak 732,909 ton dapat terjual untuk ekspor.

Urea adalah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(NH_2)_2CO$. Urea juga dikenal dengan nama *carbamide* yang terutama digunakan di kawasan Eropa. Nama lain yang juga sering dipakai adalah *carbamide* resin, *isourea*, *carbonyl diamide* dan *carbonyldiamine*. Senyawa ini adalah senyawa organik sintesis pertama yang berhasil dibuat dari senyawa anorganik. *Tubular Reactor* (*Plug Flow Reactor*) sering digunakan sebagai alat sinstesis urea. Penggunaan PFR sering dijumpai sebagai alat sintesis bahan-bahan kimia. PFR juga dijumpai pada industri-industri kimia dengan temperatur dan tekanan tinggi untuk kondisi operasinya.

Kinerja sebuah PFR urea biasanya ditinjau dari aspek konversi sintesis ureanya. Parameter proses yang mempengaruhi konversi sintesis urea adalah suhu, perbandingan mol H_2O/CO_2 dan perbandingan mol NH_3/CO_2. Namun perlu diketahui selain faktor suhu, perbandingan mol H_2O/CO_2 dan perbandingan mol NH_3/CO_2 seperti uraian diatas, ada faktor-faktor lain baik dari teknik proses maupun ekonomi yang menjadi pertimbangan terhadap kondisi operasi yang dipilih.

2. Tinjauan Pustaka

Fluida adalah zat yang tidak dapat menahan perubahan bentuk (distorsi) secara permanen. Bila kita mencoba mengubah bentuk suatu massa fluida, maka di dalam fluida tersebut akan terbentuk lapisan-lapisan di mana lapisan yang satu akan mengalir di atas lapisan yang lain, sehingga tercapai bentuk baru. Selama perubahan bentuk tersebut, terdapat tegangan geser (shear stress), yang besarnya bergantung pada viskositas fluida dan laju alir fluida relatif terhadap arah tertentu. Bila fluida telah mendapatkan bentuk akhirnya, semua tegangan geser tersebut akan hilang sehingga fluida berada dalam keadaan kesetimbangan. Pada

temperatur dan tekanan tertentu, setiap fluida mempunyai densitas tertentu. Jika densitas hanya sedikit terpengaruh oleh perubahan yang suhu dan tekanan yang relatif besar, fluida tersebut bersifat *incompressible*. Tetapi jika densitasnya peka terhadap perubahan variabel temperatur dan tekanan, fluida tersebut digolongkan *compressible.*

Zat cair biasanya dianggap zat yang *incompresible*, sedangkan gas umumnya dikenal sebagai zat yang *compresible*. Perilaku zat cair yang mengalir sangat bergantung pada kenyataan apakah fluida itu berada di bawah pengaruh bidang batas padat atau tidak. Di daerah yang pengaruh gesekan dinding kecil, tegangan geser dapat diabaikan dan perilakunya mendekati fluida-ideal, yaitu *incompresible* dan mempunyai viskositas 0.Aliran fluida ideal yang demikian disebut aliran potensial. Pada aliran potensial berlaku prinsip-prinsip mekanika Newton dan hukum kekekalan massa. Aliran potensial mempunyai 2 ciri pokok:

1. Tidak terdapat sirkulasi ataupun pusaran sehingga aliran potensial itu disebut aliran irotasional.
2. Tidak terjadi gesekan sehingga tidak ada disipasi (pelepasan) dari energy mekanik menjadi kalor.

Bilangan Reynold

Bilangan Reynold aliran digunakan untuk menunjukkan sifat utama aliran, yaitu apakah aliran adalah laminar, turbulen, atau transisi serta letaknya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen berbanding dengan laminar (Raswari, 1987) ditunjukkan dalam persamaan 2.1 berikut ini:

$$N_{re} = \frac{D.v.\rho}{\mu} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

D = diameter dalam pipa (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m3)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

Pada fluida cair, suatu aliran diklasifikasikan laminar apabila aliran tersebut mempunyai bilangan Reynold (Re) kurang dari 2300. Untuk aliran transisi berada pada bilangan 2300 < Re < 4000, disebut juga sebagai bilangan Reynold kritis. Sedangkan untuk aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 4000.

Rapat Jenis (*Density*)

Rapat jenis atau density (ρ) adalah ukuran konsentrasi suatu zat dan dinyatakan dalam satuan massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung ratio massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan dalam persamaan 2.2 berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana :

ρ = massa density (kg/m3

m = massa fluida (kg)

V = volume fluida (m3)

Viskositas

Viskositas fluida adalah ukuran ketahanan suatu fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekularnya. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur hal ini disebabkan gaya–gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat cair tersebut. Viskositas dibedakan atas dua macam yaitu :

1. Viskositas kinematik, adalah perbandingan antara viskositas mutlak terhadap rapat jenis / density seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.3 berikut:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana :

μ = nilai dari viskositas mutlak atau viskositas dinamik (kg./m.s)

ρ = nilai kerapatan massa fluida (kg/m^3)

2. Viskositas dinamik atau viskositas mutlak mempunyai nilai sama dengan hukum viskositas Newton seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.4 berikut:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana :

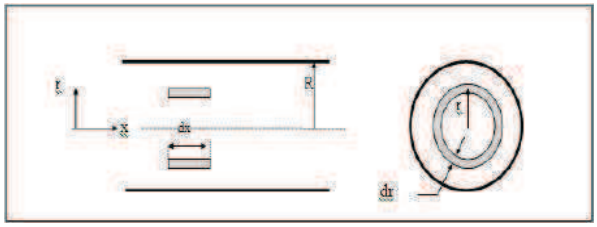
τ = tegangan geser pada fluida (N/m2)

du/dy = gradient kecepatan ((m/s)/m)

Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara merata. Dalan aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan-kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi pasti hukum viskositas Newton.

Aliran dalam pipa terhadap sumbu z tidak simetris sehingga diperlukan kontrol volume diferensial yang berbeda dibandingkan dengan kontrol volume pada aliran di antara plat datar. Bentuk kontrol volumenya adalah bentuk cincin dan dengan dua sumbu yaitu sumbu x dan sumbu r seperti gambar 2.1



Gambar 2.1 Kontrol volume cincin untuk analisa aliran dalam pipa

Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian- kerugian aliran.

Jenis fluida berdasarkan kemampuan menahan terhadap tekanan terbagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Fluida *incompressible* (tidak termampatkan)

Fluida *incompressible* yaitu fluida yang tidak dapat dikompressi atauvolumenya tidak dapat ditekan menjadi lebih kecil sehingga massa jenisnya konstan.Contoh: Air.

2. Fluida *compressible* (termampatkan)

Fluida compressible yaitu fluida yang dapat dikompressi atau volumenyadapat ditekan menjadi lebih kecil sehingga massa jenisnya tidak konstan.Contoh: Gas nitrogen dan gas oksigen

Tabel 2.1 Sifat Air (Viskositas Kinematik) Pada Tekanan Atmosfer

Suhu °C	Viskositas Kinematik (v) m^2/det	Suhu °C	Viskositas Kinematik (v) m^2/det
0	1.795×10^{-6}	50	0.556×10^{-6}
5	1.519×10^{-6}	60	0.477×10^{-6}
10	1.308×10^{-6}	70	0.415×10^{-6}
20	1.007×10^{-6}	80	0.367×10^{-6}
30	0.804×10^{-6}	90	0.328×10^{-6}

40	0.661×10^{-6}	100	0.296×10^{-6}

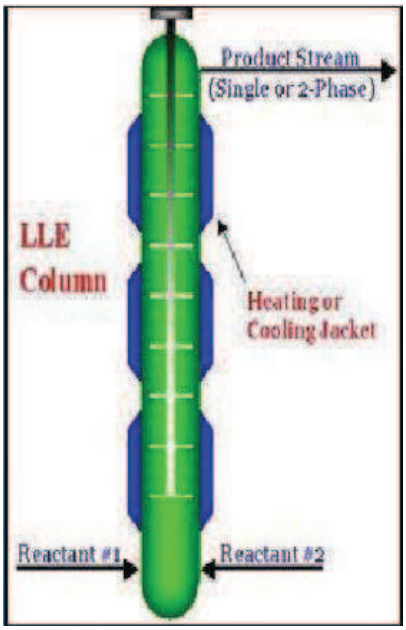
Sumber : Triatmojo 1996

Aliran viskos dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam. Apabila pengaruh kekentalan (viskositas) adalah cukup dominan sehingga partikel-partikel zat cair bergerak secara teratur menurut lintasan lurus maka aliran disebut laminar. Aliran laminar terjadi apabila kekentalan besar dan kecepatan aliran kecil. Dengan berkurangnya pengaruh kekentalan atau bertambahnya kecepatan maka aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Pada aliran turbulen partikel-partikel zat cair bergerak secara tidak teratur.

***Plug Flow Reactor* (PFR)**

Plug flow reactor adalah suatu alat yang digunakan untuk mereaksikan suatu reaktan dalam hal ini fluida dan mengubahnya menjadi produk dengan cara mengalirkan fluida tersebut secara berkelanjutan (*continuous*). Biasanya reaktor ini dipakai untuk mempelajari berbagai proses kimia yang penting seperti perubahan senyawa kimia, reaksi termal dan lain-lain.

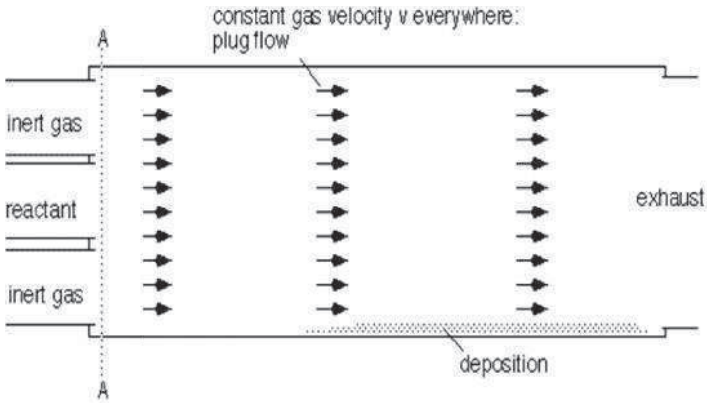
Plug flow reactor biasanya digunakan untuk mempelajari beberapa proses penting seperti reaksi termal dan reaksi kimia plasma dalam aliran gas yang cepat serta daerah katalis. Dalam beberapa kasus, hasil yang didapat tidak hanya membantu kita dalam memahami karakteristik proses-proses kimia, tetapi juga dapat memberikan kita pengertian praktis dari proses-proses kimia yang penting. Bagian-bagian PFR ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Bagian-bagian PFR (Nirmalayahdi, 2013)

Prinsip Kerja *Plug Flow Reactor* (PFR)

Prinsip kerja dari PFR adalah terdapatnya cairan dan gas yang bereaksi dan mengalir dengan cara melewati *tube* (tabung) dengan kecepatan tinggi, tanpa terjadi pembentukan arus putar pada aliran cepat. Reaktan diinjeksikan ke dalam lintasan tengah, sementara itu gas *inert* disalurkan melalui dinding pipa. Kita berasumsi bahwa hanya pada dasar pipa terdapat endapan, akibat kondisi pipa yang panas.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja PFR (Nirmalayahdi, 2013)

Autodesk Inventor

Autodesk Inventor merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, desain mesin, desain mold, desain konstruksi, atau keperluan teknik lainnya. Autodesk Inventor adalah program pemodelan solid berbasis fitur parametrik, artinya semua objek dan hubungan antargeometri dapat dimodifikasi kembali meski geometrinya sudah jadi, tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Hal ini sangat memudahkan kita ketika sedang dalam proses desain suatu produk atau rancangan. Untuk membuat suatu model 3D yang solid ataupun surface, kita harus membuat sketch-nya terlebih dahulu atau mengimpor gambar 2D dari Autodesk Autocad. Setelah gambar atau model 3D tersebut jadi, kita dapat membuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas drawing.

Autodesk Inventor juga mampu memberikan simulasi pergerakan dari produk yang kita desain serta mempunyai alat untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, time to market dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi.

Autodesk Simulation CFD

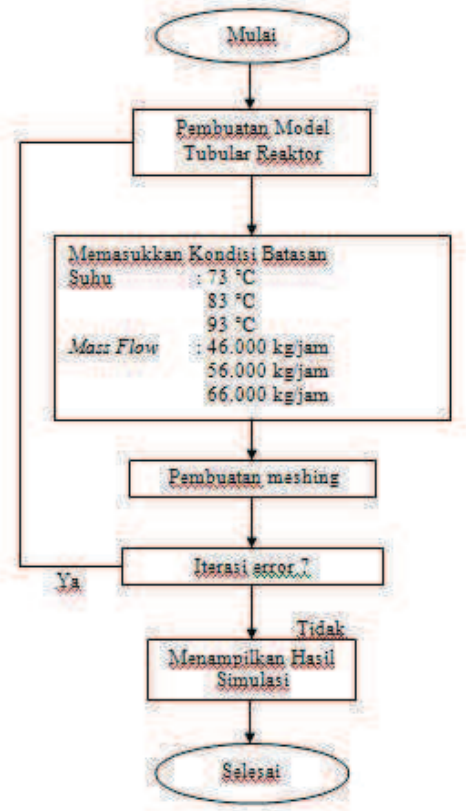
Autodesk Simulation CFD merupakan program simulasi aliran fluida dan termal untuk membantu menganalisa aliran fluida dan pergantian panas di dalam maupun di luar bangunan. Adapun faktor-faktor seperti tampilan estetis, kenyamanan termal, kualitas udara dalam ruang, dan kebutuhan keamanan menjadi pertimbangan. Autodesk Simulation CFD juga menyajikan simulasi yang nyata untuk membantu dalam menciptakan desain yang hemat energi dan berkelanjutan.

Autodesk Simulation CFD ini telah digunakan untuk beberapa penelitian. ElDabosy (2013) menggunakan program ini untuk mengevaluasi desain fasad dan

bangunan untuk menciptakan ventilasi alami yang dapat meningkatkan kualitas ruang pada bangunan, sehingga tercipta kenyamanan termal. Kemudian, Zhang (2013) juga menggunakan program ini untuk menyimulasikan kondisi angin dan temperatur di taman Chanba. Adapun dari hasil simulasi tersebut, diperoleh solusi perencanaan kota dan desain layout, orientasi bangunan, desain hemat energi, dan pemanfaatan energi.

3. Metode Penelitian

Secara keseluruhan proses simulasi untuk penelitian ini ada 6 langkah yang sebelumnya dimulai dari pembentukan geometri, dapat dilihat pada diagram alir prosedur simulasi pada Gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Langkah Pembuatan Geometri Dan Proses Simulasi

Penggambaran Geometri *Tubular Reactor*

Hal yang perlu dilakukan pertama kali sebelum melakukan proses simulasi adalah dengan membuat model geometri *tubular* reaktor. Asumsi penyederhanaan model yang dilakukan adalah dengan mengganggap ketebalan *tubular* reaktor diabaikan. Dalam pembuatan model menggunakan software Autodesk Inventor.

Tahap Desain Permodelan Pada Autodesk Inventor

Autodesk Inventor merupakan salah satu perangkat lunak analisis komputasi untuk membantu membuat gambar atau model untuk disimulasikan ke software Autodesk Simulation CFD.

Pada Autodesk Inventor ini untuk mendasain gambar (2D dan 3D) yang akan disimulasikan, sedangkan yang akan kita simulasikan akan berbentuk 3D. Setelah model gambar 3D selesai, selanjutnya diinput ke Autodesk Simulation CFD.

Pembuatan Kondisi Fisik Model

Sebelum masuk pembuatan fisik model geometri yang telah dibuat dalam Autodesk Inventor di ekstrak ke software Autodesk Simulation CFD. Setelah itu klik pada bagian geometri lalu pilih void fill. Pada void fill pilih edge lalu arahkan menuju diameter reaktor lalu pilih build surface dan fill void. Ini dilakukan untuk pembuatan volume dalam reaktor. Lalu pada bagian material disini adalah untuk pemilihan jenis reaktor yang digunakan dan juga pemilihan jenis bahan yang masuk pada reaktor.

3.1.1 Pembuatan Kondisi Batasan (*Boundary Condition*)

Boundary condition merupakan definisi dari zona-zona yang telah terdifinisi sebelumnya pada software Autodesk Inventor. Selanjutnya, kita menentukan daerah-daerah batas untuk benda tersebut. Karena tiap-tiap permukaan mempunyai kondisi batas yang berbeda sesuai dengan proses yang terjadi pada saat fluida mengalir. Dalam Autodesk Simulation CFD nilai-nilai dan karakteristik dari masing-masing disini dimasukkan .

Pembuatan Meshing

Meshing adalah proses dimana geometri secara keseluruhan dibagi-bagi dalam elemen-elemen kecil. Elemen-elemen kecil ini nantinya berperan sebagai control surface atau volume dalam proses perhitungan yang kemudian tiap-tiap elemen ini akan menjadi inputan untuk elemen sebelahnya. Hal ini akan terjadi berulang-ulang hingga domain terpenuhi.

Proses Iterasi

Langkah terakhir adalah proses Iterasi pada gambar yang telah ditetapkan. Klik solve pada bagian kiri, pilih adaptation lalu pada bagian enable adaption pilih kolom cycles to run isi angka yang diinginkan untuk berapa kali pengulangan iterasi. Setelah itu klik solve agar simulasi berjalan.

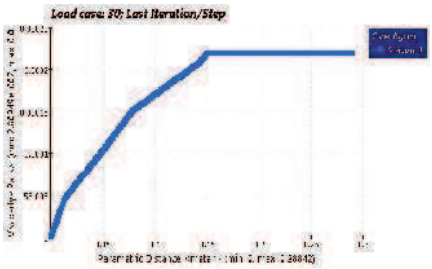
4. Hasil dan Diskusi

***Tubular* Reaktor**

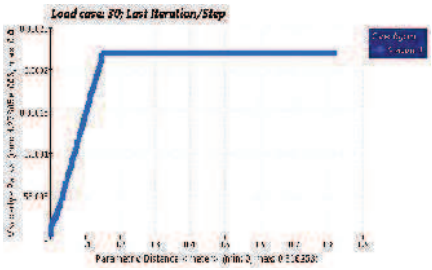
Gambar 4.1 menggambarkan bentuk tubular reaktor dengan diameter 2,16 m dan tinggi 29,7 m. penggambaran model dilakukan menggunakan software autodesk inventor.

Gambar 4.1 Tubular Reaktor dengan diameter 2,16 meter dan tinggi 29,7 meter.

Profil Aliran Fluida Dengan Menggunakan CFD

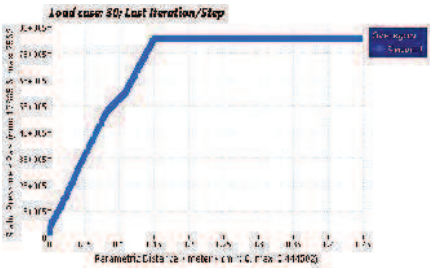


Gambar 4.2 Profil Viscositas Pada T=73°C

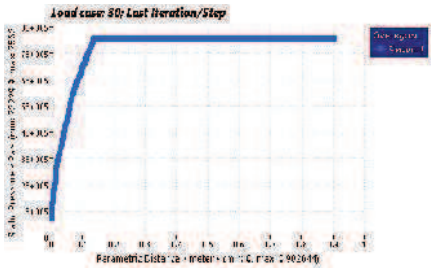


Gambar 4.3 Profil Viscositas Pada T=83°C

Pada gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa besarnya nilai viscositas suatu fluida cair yaitu ammonia dipengaruhi oleh besar kecilnya suatu temperature yang digunakan, pada gambar 4.2 suhu yang digunakan adalah 73°C dengan nilai viscositasnya sebesar 0,0001 Pa.s dan pada gambar 4.3 suhu yang digunakan adalah 83°C nilai viscositasnya sebesar 0,00007 Pa.s, dimana untuk *mass flow* yang di*input* kedalam *tubular* reaktor masing-masing sebesar 46.000 kg/jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar suhu yang digunakan pada suatu kondisi operasi ammonia cair tersebut maka nilai viscositas akan semakin menurun.(Bird,1993)



Gambar 4.4 Profil Viscositas Terhadap P, T=73°C



Gambar 4.5 Profil Viscositas Terhadap P, T=83°C

Pada gambar 4.4 dan 4.5 menampilkan bahwa besarnya nilai viscositas suatu fluida cair yaitu ammonia juga dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur yang digunakan, pada gambar 4.4 suhu yang digunakan adalah 73°C dan tekanannya $3x10^5$ Pa, nilai viscositasnya sebesar 0,00008 Pa.s dan pada gambar 4.5 suhu yang digunakan 83°C dan tekanannya $4,4x10^5$ Pa, nilai viscositasnya sebesar 0,00013 Pa.s, dimana untuk *mass flow* yang di*input* kedalam *tubular* reaktor masing-masing sebesar 56.000 kg/jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar

tekanan yang digunakan pada suatu kondisi operasi yaitu ammonia maka nilai juga viscositasnya juga semakin meningkat.(Rohana,2009)

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi Profil Aliran Fluida Ammonia Cair Dalam *Tubular* Reaktor Dengan Mengggunakan Metode CFD

No	Mass flow ammonia (Kg/jam)	Suhu Sebelum Simulasi (°C)	Suhu Sesudah Simulasi (°C)	Tekanan Pada Reaktor (Pa)	Viskositas (Pa.s)	Reynold number
1	46.000	73	73	$3{,}8x10^5$	0,0001	111.974,4
2	56.000	73	73	$3x10^5$	0,00008	139.968
3	66.000	73	73	$2{,}8x10^5$	0,000075	149.299,2
4	46.000	83	83	$2{,}9x10^5$	0,00007	153.483,428
5	56.000	83	83	$4{,}4x10^5$	0,00013	82.644,923
6	66.000	83	83	$4{,}5x10^5$	0,000135	79.584
7	46.000	93	93	$2{,}75x10^5$	0,000065	157.547,077
8	56.000	93	93	$4x10^5$	0,00012	85.338
9	66.000	93	93	$3x10^5$	0,00008	128.007

Dari tabel 4.1 menunjukkan profil aliran fluida ammonia cair, pada laju alir massa 46.000 kg/jam dengan temperatur 73°C menunjukkan pola aliran didalam *tubular* reaktor adalah turbulen dengan nilai bilangan reynold 111.974,4. Secara keseluruhan jenis aliran didalam *tubular* reaktor adalah turbulen yang ditinjau dari nilai bilangan reynold untuk setiap variasi laju alir massanya. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan metode CFD profil nilai viskositas didalam *tubular* reaktor untuk keseluruhan mengalami perubahan seiring dengan berubahnya temperature dan tekanan. Pada temperature 73°C dengan *mass flow* ammonia cair 46.000 kg/jam, nilai viscositasnya sebesar 0,0001 Pa.s dan pada temperature 83°C dengan *mass flow* 46.000 kg/jam, nilai viscositasnya sebesar 0,00007 Pa.s. Kondisi ini menunjukkan bahwa seiring meningkatnya suhu operasi didalam *tubular* reaktor maka semakin menurun nilai viscositas ammonia cair didalam reaktor tersebut(Bird,1993). Pada tekanan $3x10^5$ Pa dan suhu 73°C

dengan *mass flow* 56.000 kg/jam nilai viscositas ammonia cair didalam tubular reaktor 0,00008 Pa.s dan pada tekanan $4{,}4x10^5$ Pa dan suhu 83°C dengan *mass flow* 56.000 kg/jam nilai viscositas ammonia cair didalam tubular reaktor 0,00013 Pa.s. Kondisi ini menunjukkan semakin besar tekanan operasi didalam tubular reaktor maka nilai viskositas pada ammonia cair tersebut akan semakin meningkat(Rohana,2009).

5. Simpulan

1. Hasil Penelitian dengan simulasi yang dilakukan pada *tubular* reaktor dengan variasi laju alir massa dan temperature dimana semakin kecil laju alir massa maka semakin tinggi nilai bilangan Reynold.
2. Bilangan Reynold tertinggi terjadi pada laju alir massa 46.000 kg/jam, nilai bilangan reynoldnya 157.547,077 dengan temperature 93°C, sedangkan yang terendah terjadi pada laju alir massa 66.000 kg/jam, dengan bilangan reynoldnya 79.584 dengan temperature 83°C.
3. Viscositas dari hasil simulasi menunjukkan semakin besar tekanan operasi didalam *tubular* reaktor maka viscositas ammonia cair juga akan semakin meningkat dan semakin besar suhu yang digunakan didalam *tubular* reaktor maka nilai viscositas ammonia cair akan menurun.
4. Aliran didalam *tubular* reaktor adalah turbulen, yang ditandai dengan besarnya nilai bilangan Reynold

6. Daftar Pustaka

Abdul, K. 2005. "Laju Reaksi dan Mekanisme Reaksi Kimia". Universitas Mulawarman. Samarinda.

Anwar Ilmar R, Ery D. 2014. "Studi Analitik Pola Aliran Dan Distribusi Suhu Dinding Elemen Bakar Silinder di Teras Reaktor Nuklir *Small Modular Reactor* (SMR)". Siposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)2.ISSN : 2339-028X.

Autodesk, Inc. 2011. "Autodesk Simulation CFD 2012". USA.

ElDabosy. 2013. "Mengevaluasi Desain Fasad dan Bangunan Untuk Menciptakan Ventilasi Alami Pada Ruangan". Spanyol.

Levenspiel, O. 1996. "Chemical Reaction Engineering Third Edition". Departement of Chemical Engineering Oregon State University. USA.

Mc Cabe, W. L. 1993. "Unit Operations of Chemical Engineering International Editions". Singapore.

Noviansyah, C. 2014. "Simulasi Perancangan Ruang Pengering". Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Lampung.

Piotrowski. 1998. "Konversi Kesetimbangan".Inggris.

Sukarsono, dkk. 2012. "Variasi Kecepatan Alir Gas Pada Proses Pelapisan Kernel UO_2 Dengan CFD". Jurnal Iptek Nuklir Ganedra Vol.15 No. 1: 7-20..

Widodo, S.W. 2007, "Formulasi Sistematika Knowledge-Based Engineering Untuk Penanganan Permasalahan Proses Dengan Studi Kasus Reaktor Urea Pabrik Kaltim-1". Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Zhang. 2013. "Simulasi Kondisi Angin dan Temperatur di Taman Chanba dengan Autodesk Simulation CFD". Korea Utara.