

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

Saffman dan Taylor (1958) dalam penelitiannya mengenai *Viscous Instability of Fluid in Porous Medium*. Penelitian ini menitikberatkan pada terjadinya ketidakstabilan yang muncul ketika fluida yang memiliki viskositas lebih kecil mendorong fluida lain yang memiliki viskositas lebih besar dalam media berpori. Dalam penelitiannya ini Saffman dan Taylor menggunakan pertama kali alat yang dinamakan dengan *Helle saw cell*. Alat ini terdiri dari dua plat datar yang terpisah dengan jarak yang sangat kecil. Sejak dari itu *Helle saw cell* menjadi alat standard dalam melakukan penelitian mengenai ketidakstabilan yang terjadi pada fluida.

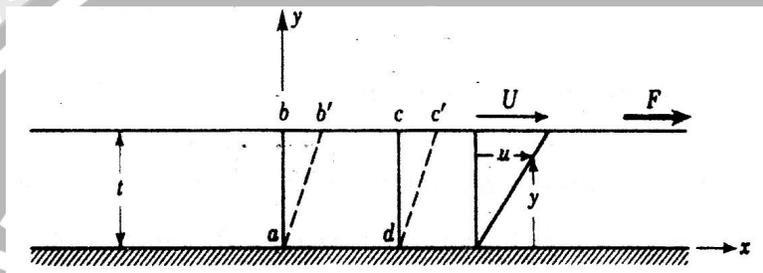
Yoichiro Nagatsu dan Toshihisa Ueda (2001) dalam penelitiannya mengenai *Effects of Reactant Concentrations on Reactive Miscible Viscous Fingering*. Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh dari variasi konsentrasi reaktan terhadap karakteristik dari reaksi kimia yang dapat bercampur pada fenomena *viscous fingering*. Fenomena ini kemudian diobservasi secara eksperimen kemudian didiskusikan dari sudut pandang teoritis. Dimana konsentrasi reaktan yang divariasikan di sini adalah $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ dengan KSCN. Yang kemudian direaksikan dengan gliserol.

Eli Gilje (2008) dalam penelitiannya mengenai *Simulation of Viscous Instabilities in Immiscible and Miscible Displacement*. Penelitian ini meneliti tentang ketidakstabilan viskositas pada fluida yang dapat bercampur dan fluida yang tidak dapat bercampur dengan tujuan untuk membandingkan hasil penelitian dengan hasil simulasi dimana simulator yang digunakan menggunakan UTCHEM yaitu suatu simulator yang menggambarkan ketidakstabilan fluida dalam 3 dimensi. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat kesamaan pola antara hasil eksperimen laboratorium dengan hasil simulasi menggunakan simulator.

2.2 Fluida

2.2.1 Definisi Fluida

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuk secara terus-menerus (kontinyu) bila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan geser tersebut. Tegangan geser ini timbul akibat adanya gaya geser. Gaya geser yang terjadi adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, kemudian gaya geser ini yang dibagi dengan dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu. (Streeter, L. V, dan Wylie, 1996 : 3)



Gambar 2.1: Perubahan bentuk yang diakibatkan oleh penerapan gaya geser yang konstan

Sumber : Streeter, L. V, dan Wylie, Mekanika Fluida.1996 : 4

Pada gambar 2.1 diatas dapat dilihat bahwa suatu zat yang ditempatkan diantara 2 pelat sejajar dengan jarak yang kecil (Y) dan sedemikian luasnya sehingga pada keadaan tepi-tepinya diabaikan. Pelat bagian bawah dalam keadaan diam dan pelat bagian atas bergerak dengan kecepatan U karena adanya gaya F terhadap suatu luasan A dari pelat yang bergerak.

Apabila gaya F tersebut menyebabkan pelat atas bergerak dengan suatu kecepatan, betapapun sangat kecilnya gaya F, maka dapat disimpulkan bahwa zat diantara pelat tersebut adalah suatu fluida yang sedang mengalami pergerakan dengan kecepatan tertentu dan ditandai perubahan bentuk dari fluida tersebut di sepanjang aliran.

Dari percobaan-percobaan menunjukkan bahwa dengan besaran lainnya dipertahankan konstan maka F berbanding lurus dengan A dan juga dinyatakan berbanding terbalik dengan tebal dari pelat t, yang dinyatakan dengan persamaan.

$$F = \mu \frac{AU}{t} \quad (\text{Streeter.L.V and Wylie, 1991: 4}) \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

μ = faktor kesebandingan konstan yang biasa disebut dengan viskositas dinamik atau viskositas absolut



U/t = kecepatan sudut garis ab atau laju perubahan bentuk sudut fluida dan dapat ditulis du/dy

Kecepatan sudut juga dapat ditulis du/dy , karena baik U/t maupun du/dy menyatakan perubahan dibagi dengan jarak sepanjang perubahan yang terjadi. Jika tegangan geser $\tau = F/A$, maka diperoleh persamaan:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (\text{Streeter.L.V and Wylie, 1991: 4}) \dots \dots \dots (2- 2)$$

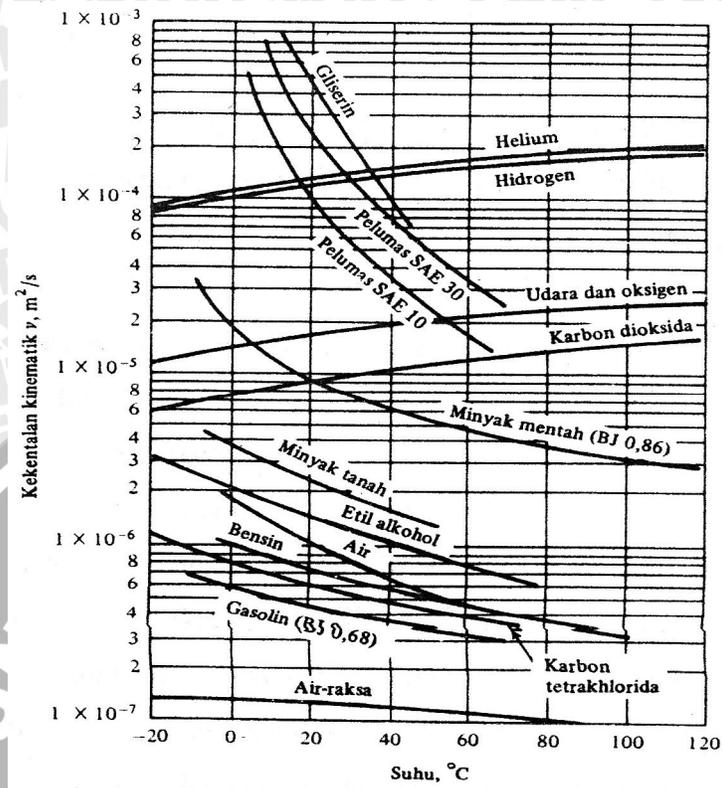
Bentuk diferensial di atas adalah hubungan antara tegangan geser dan laju perubahan bentuk sudut untuk aliran satu dimensi. Faktor kesebandingan μ disebut viskositas dinamik dan persamaan di atas adalah hukum viskositas Newton.

2.2.2 Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida dalam menahan laju deformasi dari molekul fluida tersebut. Hukum viskositas newton menyatakan bahwa, untuk laju perubahan bentuk suatu fluida tertentu, merupakan fungsi dari tegangan geser dan viskositas. Contoh cairan yang sangat kental adalah larutan gula sedangkan air dan udara mempunyai viskositas yang sangat kecil/ tidak kental.

Pada gambar 2.2 terlihat viskositas dari berbagai fluida. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk fluida cair viskositas kinematik (ν) akan menurun dengan meningkatnya temperatur sedangkan untuk fluida gas sebaliknya, yaitu dengan meningkatnya temperatur maka viskositasnya juga meningkat. Menurut Streeter (1996: 8) perbedaan dalam kecenderungan terhadap suhu dikarenakan tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tersebut tergantung pada kohesinya dan laju perpindahan momentum molekulernya. Fluida cair yang memiliki ikatan-ikatan molekul yang jauh lebih rapat daripada gas. Kohesi merupakan salah satu penyebab utama viskositas cairan karena kohesi berkurang dengan naiknya temperatur, maka demikian pula dengan viskositasnya. Sebaliknya gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekuler. Viskositas akan bertambah jika pertukaran kalor yang acak antar molekul-molekulnya, sehingga meningkatnya temperatur mengakibatkan viskositasnya juga akan meningkat (Nekrasov, B; 1960)





Gambar 2.2 : Viskositas kinematik berbagai fluida pada 1 atm

Sumber : White, Frank M.1994 : 388

Viskositas dibedakan menjadi 2 macam yaitu viskositas dinamik (μ) dan viskositas kinematik (ν), dimana viskositas kinematik adalah rasio perbandingan antara viskositas dinamik dengan densitas suatu fluida. Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{Mott, Robert. L, 1994 : 25}) \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana :

- ν = viskositas kinematik (m^2/s)
- μ = viskositas dinamik ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)
- ρ = densitas/massa jenis (Kg/m^3)

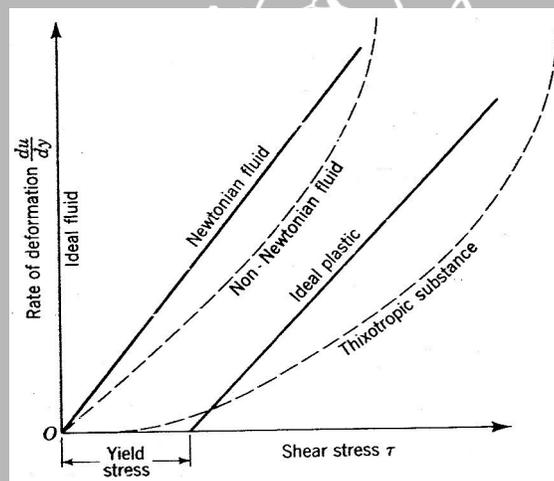
Viskositas kinematik adalah viskositas yang banyak dipengaruhi oleh temperatur tanpa memperhitungkan gaya yang bekerja dan banyak muncul dalam penerapan, misalnya untuk menentukan bilangan Reynold pada internal flow, misalnya aliran fluida di dalam pipa,

sedangkan viskositas dinamik adalah viskositas yang menunjukkan ketahanan suatu fluida terhadap tegangan geser / gaya yang bekerja padanya.

2.3. Klasifikasi Fluida

2.3.1. Fluida Newtonian dan Fluida non-Newtonian

Berdasarkan kemampuan fluida dalam menahan tegangan geser, fluida dibedakan menjadi fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian (Streeter, Victor. L, 1986: 3). Dalam fluida Newtonian terdapat hubungan linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dengan laju perubahan bentuk yang diakibatkan. Sedangkan fluida non-Newtonian memiliki hubungan yang tak linier antara besarnya tegangan geser dengan laju perubahan bentuk seperti pada gambar 2.3. Contoh fluida Newtonian adalah air, udara, dan oli. Sedangkan fluida non-Newtonian adalah plastik cair dan lilin cair.



Gambar 2.3 : Fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian

Sumber : Streeter, Victor. L dan Wylie, Mekanika Fluida. 1996 :5

2.3.2 Fluida mampu mampat dan Fluida tak mampu mampat

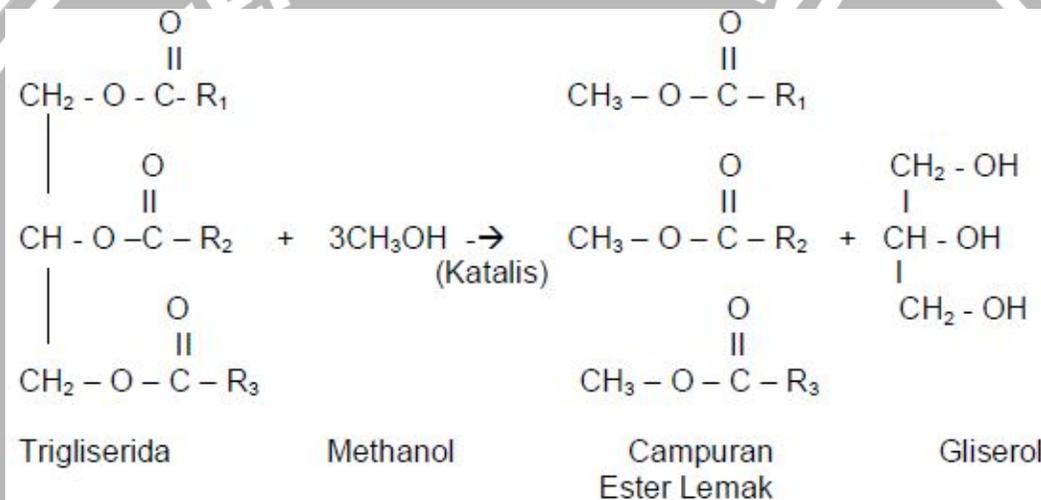
Menurut Daugherty, Robert L. (1986 : 4) fluida dibagi menjadi 2 yaitu fluida mampu mampat (*compressible*) dan fluida tak mampu mampat (*incompressible*). Fluida tak mampu mampat (*incompressible*) adalah fluida yang mempunyai massa jenis (ρ) konstan, tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan $\frac{d\rho}{d\rho} = 0$. Sedangkan untuk fluida mampu mampat

(*compressible*) massa jenisnya (ρ) berubah-ubah terhadap tekanan $\frac{d\rho}{d\rho} > 0$. Contoh fluida tak

mampu mampat adalah fluida cair dan fluida gas yang memiliki Bilangan Mach atau *Mach Number* (M) $< 0,3$, sedangkan untuk fluida gas yang memiliki *Mach Number* (M) $> 0,3$ dianggap fluida mampu mampat dan sifat-sifat kompreibilitasny harus diperhitungkan.

2.4 Gliserol

Gliserol biasa juga dikenal dengan nama gliserin. Gliserol ini tidak berwarna, tidak berbau, dan merupakan cairan yang memiliki kekentalan yang tinggi yang digunakan secara luas dalam industri farmasi. Gliserol adalah hasil samping dari pembuatan biodiesel dimana gliserol ini dipisahkan dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. Berikut ini merupakan gambaran dari proses transesterifikasi



Gambar 2.4: Reaksi Transesterifikasi

Sumber : Rahayu, Martini., Teknologi Proses Produksi Biodiesel

Gliserol ini memiliki banyak kegunaan misalnya di dalam industri makanan gliserol dimanfaatkan sebagai pelarut dan pemanis, selain itu juga sebagai pengawet makanan, Gliserol juga dapat dijadikan sebagai salah satu cara untuk mendapatkan hidrogen melalui proses *steam reformer*, dan Gliserol dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan propelan apabila direaksikan dengan asam nitrat. Gliserol memiliki tegangan permukaan sebesar 64,00 mN/m pada temperatur 20 °C dan memiliki koefisien temperatur sebesar -0,0598 mN/(m K). Untuk lebih jelasnya mengenai sifat dan karakteristik dari gliserol dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

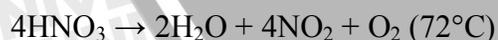
Sifat	
Rumus molekul	$C_3H_5(OH)_3$
Massa molar	92.09382 g/mol
Densitas	1.261 g/cm ³
Titik leleh	18 °C (64.4°F)
Titik didih	290 °C (554°F)
Viskositas	1.5 Pa·s
Flash point	160 °C (closed cup)

Tabel 2.1 : Sifat gliserol

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/nitroglycerin>

2.5 Asam Nitrat

Senyawa kimia asam nitrat (HNO_3) adalah sejenis cairan korosif yang tak berwarna, dan merupakan asam beracun yang dapat menyebabkan luka bakar. Larutan asam nitrat dengan kandungan asam nitrat lebih dari 86% disebut sebagai asam nitrat berasap, dan dapat dibagi menjadi dua jenis asam, yaitu asam nitrat berasap putih dan asam nitrat berasap merah. Asam nitrat murni (100%) merupakan cairan tak berwarna dengan berat jenis 1.522 kg/m³. Asam nitrat membeku pada suhu -42 °C, membentuk kristal-kristal putih, dan mendidih pada 83 °C. Ketika mendidih pada suhu kamar, terdapat dekomposisi (penguraian) sebagian dengan pembentukan nitrogen dioksida sesudah reaksi:



yang berarti bahwa asam nitrat sebaiknya disimpan di bawah 0°C untuk menghindari penguraian. Tabel di bawah ini menunjukkan sifat-sifat dari asam nitrat .

Sifat	
Rumus molekul	HNO_3

Massa molar	63.012 g/mol
Penampilan	Cairan bening tidak berwarna
Densitas	1.5129 g/cm ³
Titik leleh	-42 °C, 231 K, -44 °F
Titik didih	83 °C, 356 K, 181 °F (120.5°C (larutan 68%))
Viskositas	2,6 cP pada 20 ⁰ C

Tabel 2.2 : Sifat Asam Nitrat

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/nitricacid>

2.6 Asam Sulfat

Asam sulfat mempunyai rumus kimia H₂SO₄, merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan, termasuk dalam kebanyakan reaksi kimia. Kegunaan utama termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak. Reaksi hidrasi (pelarutan dalam air) dari asam sulfat adalah reaksi eksoterm yang kuat. Jika air ditambah kepada asam sulfat pekat, terjadi pendidihan. Disebabkan asam sulfat bersifat mengeringkan, asam sulfat merupakan agen pengering yang baik, dan digunakan dalam pengolahan kebanyakan buah-buahan kering. Asam sulfat dipercayai pertama kali ditemukan di Iran oleh Al-Razi pada abad ke-9. Tabel di bawah ini menunjukkan sifat-sifat dari asam sulfat.

Sifat	
Rumus molekul	H ₂ SO ₄
Massa molar	98,078 g/mol
Penampilan	bening tidak

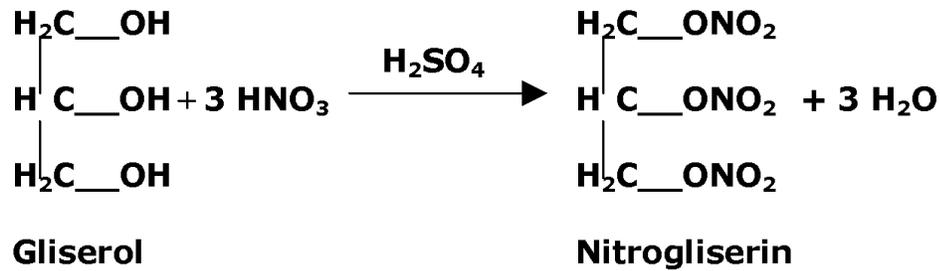
	berwarna, cairan tak berbau
Densitas	1,84 g cm ⁻³ , cairan
Titik leleh	10 °C, 283 K, 50 °F
Titik didih	290 °C, 563 K, 554 °F (asam murni. 98% larutan mendidih pada 338°C)
Kelarutan dalam air	tercampur penuh (eksotermik)
Viskositas	26,7 cP pada 20°C

Tabel 2.3 Sifat Asam Sulfat

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/asamsulfat>

2.7 Pembuatan Nitrogliserin

Nitrogliserin dapat dibuat dengan mereaksikan gliserin (gliserol) dengan asam nitrat (HNO₃). Reaksi ini merupakan reaksi esterifikasi, yaitu reaksi antara alkohol dan asam, seperti terlihat dalam reaksi dibawah ini.



Gambar 2.5 : Reaksi Pembuatan Nitrogliserin

Sumber : Zaidar, Emma., Nitrogliserin Dapat digunakan Sebagai Bahan Peledak. 2003 : 5

Nitrasi gliserin, seperti halnya pada reaksi esterifikasi lainnya, merupakan reaksi "*reversible*", artinya nitrogliserin yang terbentuk dapat terhidrolisis kembali menjadi gliserin. Untuk menggeser kesetimbangan ke arah kanan diperlukan asam nitrat berlebih. Semakin tinggi konsentrasi asam, semakin besar derajat nitrasi dan semakin tinggi nitrogliserin yang dihasilkan. Akan tetapi kelebihan asam nitrat tidak boleh terlalu besar, karena gliserin hanya sedikit larut dalam asam yang digunakan dan hal ini menyebabkan berkurangnya produk yang dihasilkan, tetapi pada saat ini tidak mungkin menemukan asam nitrat yang mempunyai konsentrasi 99 % di pasaran. Oleh karena itu diperlukan suatu *nitrating agent*. Pada saat ini, asam yang umum digunakan sebagai *nitrating agent* adalah campuran asam nitrat dan asam sulfat. Berikut ini adalah reaksi antara asam sulfat dan asam nitrat :



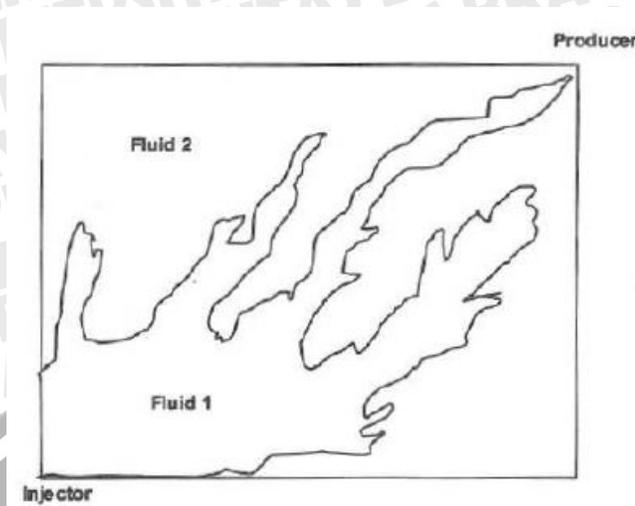
Perbandingan asam/gliserin harus dijaga sedemikian rupa sehingga jumlah asam berlebih (kira-kira 20%) dari asam yang seharusnya dibutuhkan menurut perhitungan teoritis. Selain bahan peledak, nitrogliserin juga digunakan sebagai obat untuk meredakan rasa sakit dan mengurangi frekuensi serangan agiria pektoris.

2.8 Ketidakstabilan Antarmuka (*Interfacial Instability*)

Proses pencampuran dua zat atau lebih bertujuan untuk mendapatkan hasil campuran yang sempurna. Untuk mendapatkan campuran atau reaksi kimia yang sempurna maka diharapkan terciptanya aliran turbulen, tetapi hal ini sulit untuk mendapatkan aliran turbulen ketika fluidanya mempunyai viskositas yang tinggi. Dimana dalam kasus seperti ini kita dapat memanfaatkan fenomena *viscous finger*.

Sistem *viscous fingering* ini efektif digunakan untuk meningkatkan proses pencampuran dan reaksi kimia, karena *fingering* menghasilkan luas permukaan kontak yang lebih besar antara dua fluida. Dalam pencampuran dua zat terdapat zat yang ditambahkan dalam zat lain, dalam penelitian ini asam nitrat dan asam sulfat ditambahkan dalam larutan gliserin. Dalam hal ini apabila kita menambahkan asam nitrat maupun asam sulfat dalam gliserin maka asam nitrat maupun asam sulfat tersebut akan memindahkan ruang dan akan menerobos dalam larutan gliserin. *Viscous finger* adalah merupakan bentuk pendesakan tidak stabil antarmuka (*interfacial instability*) akibat proses pendesakan fluida yang kurang kental oleh fluida lain yang lebih kental dimana larutan yang memiliki viskositas yang rendah yaitu asam nitrat dan asam sulfat akan mendesak larutan yang memiliki viskositas yang lebih tinggi yaitu gliserol. Proses pendesakan tersebut akan menimbulkan percabangan yang berbentuk jari yang disebut dengan *viscous finger*.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah *fingering* yang disebabkan oleh *viscous force*. Penyebab dari *viscous force* ini adalah ketidakcocokan perbandingan viskositas, gaya gravitasi yang disebabkan oleh gradien dari massa jenis fluida, gaya kapiler karena tegangan antarmuka (*interfacial*) antara dua fluida yang tidak dapat bercampur, dan difusivitas yang disebabkan gradien konsentrasi antara dua fluida yang bisa bercampur. Satu atau beberapa dari efek gaya tersebut dapat menimbulkan *viscous fingering*. *Viscous fingering* mempunyai efek yang sangat besar dalam proses pencampuran dua zat atau lebih. Gambar dibawah ini menunjukkan terbentuknya *viscous fingering*:

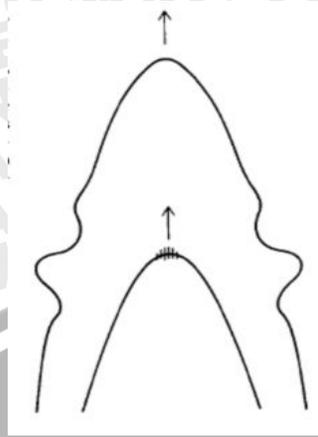


Gambar 2.6 : *Viscous fingering*

Sumber : Gilje, eli, *Simulation of viscous instabilities in miscible and immiscible displacement*, 2008 : 6

Dari gambar 2.6 dapat dilihat proses terbentuk *viscous finger* yang mengakibatkan bidang kontak antara fluida 1 dengan fluida 2 akan semakin besar, itu artinya adalah semakin terbentuk *viscous finger* maka campuran antara dua fluida tersebut semakin sempurna. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa kita mereaksikan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan gliserol. Dimana reaksi diatas merupakan reaksi yang dapat bercampur sehingga proses terbentuknya *finger* diakibatkan oleh efek difusi dan konveksi. Efek difusi ini berdasarkan dari perbedaan konsentrasi dari fluida yang ditentukan oleh viskositas dari fluida.

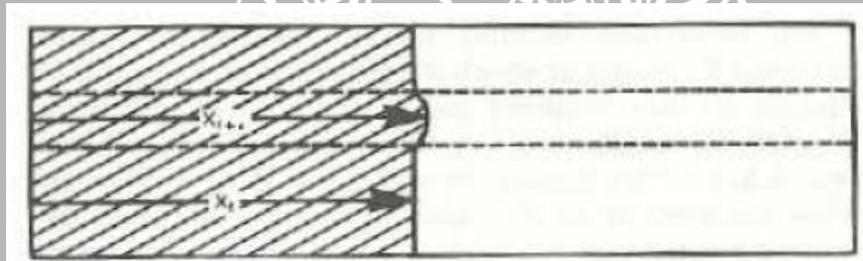
Viscous fingering akan meningkat seiring dengan peningkatan perbandingan viskositas. Dimana semakin besar perbedaan viskositas maka *interfacial instability* antara dua fluida tersebut akan semakin terganggu dan akan menimbulkan percabangan. Gambar dibawah ini menunjukkan proses terbentuknya percabangan.



Gambar 2.7 : Proses Terbentuknya Percabangan

Sumber : Langer, j.s., 1989 : *Dendrites, Viscous Fingers, and the Theory of Pattern Formation*
University of California

Gambar dibawah ini menggambarkan terbentuknya *viscous finger* dimana terdapat daerah yang terganggu sebagai awal terbentuknya *viscous finger* dan daerah yang tidak terganggu:



Gambar 2.8: Model Sederhana Ketidakstabilan Antarmuka

Sumber : Gilje, eli, *Simulation of viscous instabilities in miscible and immiscible displacement* 2008 : 7

Dari gambar dapat dilihat daerah antar muka yang terganggu akan membentuk percabangan sebesar ϵ . Dimana $X_f + \epsilon$ merupakan jarak antara aliran masuk terhadap permukaan antarmuka yang terganggu. Sedangkan X_f adalah jarak aliran masuk terhadap permukaan antarmuka yang tidak terganggu. Berikut ini adalah persamaan yang menggambarkan percabangan ϵ :

$$\frac{dx_f}{dt} = \frac{k\Delta p}{\phi\mu_s [ML + (1-M)x_f]}$$

(Gilje,Eli,2008:7)..... (2.5)

Dan kecepatan fluida untuk daerah yang terganggu adalah:

(Gilje,Eli,2008: 7).....(2.6)

$$\frac{d(x_f + \varepsilon)}{dt} = \frac{k\Delta p}{\phi\mu_s [ML + (1-M)(x_f + \varepsilon)]}$$

Karena ε dibandingkan X_f sangat kecil maka dari persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{-k\Delta p(1-M)\varepsilon}{\phi\mu_s [ML + (1-M)x_f]^2}$$

(Gilje,Eli,2008: 8).....(2.7)

Dengan mengintegalkan persamaan tersebut maka diperoleh persamaan baru yaitu :

$$\varepsilon = e^{ct}$$

(Gilje,Eli,2008: 8).....(2-8)

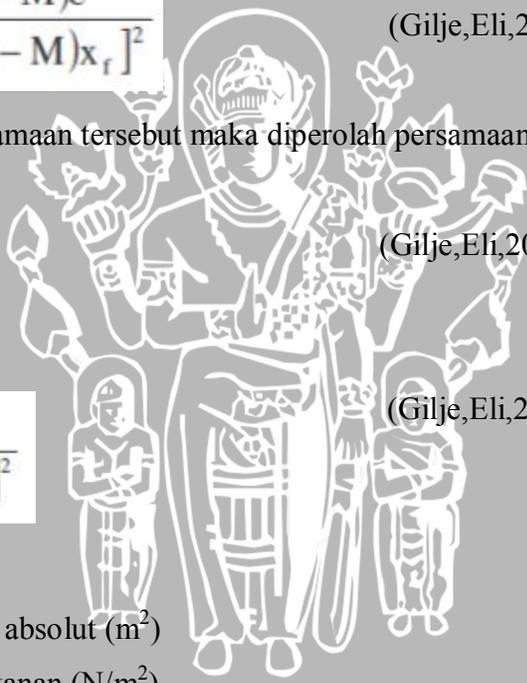
Dimana

$$C = \frac{-k\Delta p(1-M)}{\phi\mu_s [ML + (1-M)x_f]^2}$$

(Gilje,Eli,2008: 8)..... (2-9)

Dimana :

- k = permeabilitas absolut (m²)
- Δp = perbedaan tekanan (N/m²)
- M = perbandingan mobilitas
- ϕ = porositas
- μ = viskositas dinamik fluida pendesak (N.s/m²)
- X_f = jarak dari inlet sampai daerah tidak terganggu (m)
- L = panjang total (m)



Dari persamaan 2-8 dapat kita lihat bahwa semakin kecil viskositas fluida pendorong maka percabangan yang terbentuk semakin panjang sehingga bidang kontak campuran zat bahan baku pembuatan nitroglicerine semakin baik dan diharapkan reaksi kimia berjalan semakin efektif.

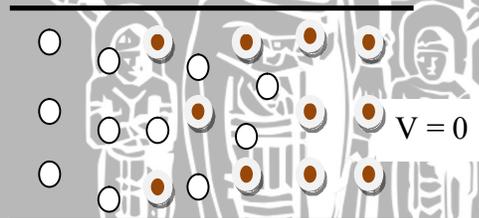
2.9 Difusi

Pergerakan material (massa) antara dua fase karena perbedaan konsentrasi disebut difusi, dan dapat digambarkan dengan transfer material dari satu fase ke fase lain atau keduanya. Fenomena ini disebut perpindahan massa (untuk memisahkannya dengan konsep perpindahan panas). Pada sebuah sistem dengan fase tidak homogen, maka akan memungkinkan terjadinya difusi sendiri (*self-diffusion*) sampai fase mendekati homogen.

2.9.1 Variasi dari proses difusi dari dua zat A dan B

1. Difusi pada campuran fluida homogen pada kondisi stasioner.

Pada kondisi ini, campuran tidak mengalami perubahan massa yang disebabkan oleh difusi molekul ataupun proses konveksi karena fluida pada sistem tidak mempunyai beda konsentrasi dan tidak mengalami pergerakan volume. Berikut ini adalah gambaran mengenai sistem:



Gambar 2.9 : Gambar proses difusi campuran fluida homogen pada kondisi stasioner.

Sumber : Cengel, 1998 : 651

Pada sistem tersebut berlaku :

$$\rho_A = \text{const}$$

$$\rho_B = \text{const}$$

$$\rho = \frac{m_A + m_B}{v}$$

$$m_m = m_A = m = 0$$

$$V_A = V_B = V = 0$$

(Cengel, 1998: 651) (2-10)

Keterangan:

- : fluida A
- : fluida B
- ρ_A : massa jenis fluida A (kg/m³)
- ρ_B : massa jenis fluida B (kg/m³)
- ρ : massa jenis fluida campuran (kg/m³)
- m_A : massa alir fluida A (kg/s)
- m_B : massa alir fluida B (kg/s)
- m : massa alir campuran antara fluida A dan fluida B (kg/s)
- V_A : kecepatan fluida A (m/s)
- V_B : kecepatan fluida B (m/s)
- V : kecepatan rata-rata campuran fluida (m/s)
- v : volume campuran (m³)

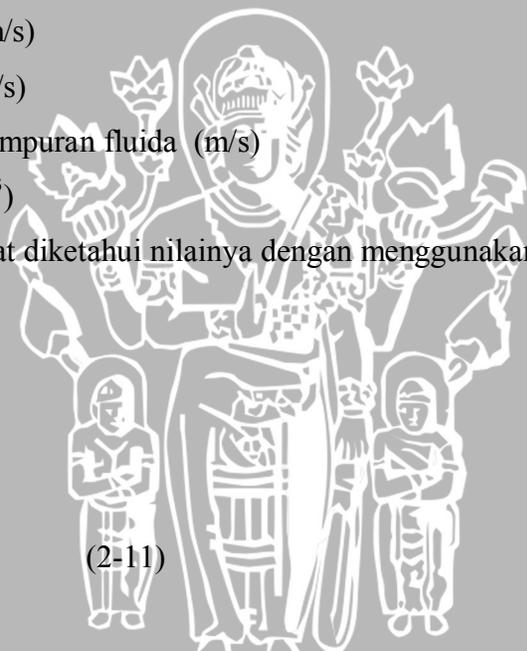
Kecepatan rata-rata fluida dapat diketahui nilainya dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{\rho_m}$$

$$V = \frac{\rho_A}{\rho_m} V_A + \frac{\rho_B}{\rho_m} V_B$$

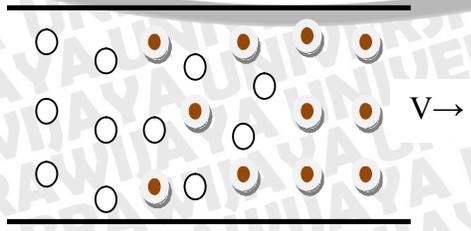
$$V = w_A V_A + w_B V_B$$

(Cengel, 1998: 651) (2-11)



2. Difusi pada campuran fluida homogen yang memiliki pergerakan volume.

Pada kondisi ini fluida bergerak dengan kecepatan rata-rata campuran fluida (V) dan tidak mempunyai beda konsentrasi sehingga tidak terjadi proses difusi. Kondisi ini biasanya terjadi pada aliran dari fluida yang telah bercampur dengan baik pada pipa.



Gambar 2.10 : Gambar proses difusi pada campuran fluida homogen dengan pergerakan volume

Sumber : Cengel, 1998 : 651

Pada sistem tersebut berlaku :

$$\rho_A = \text{constan } t$$

$$\rho_B = \text{constan } t$$

$$\rho = \frac{m_A + m_B}{v}$$

$$m_A = \rho_A V_A A$$

$$m_B = \rho_B V_B A$$

$$m = \rho VA = m_A + m_B$$

$$V_A = V$$

$$V_B = V$$

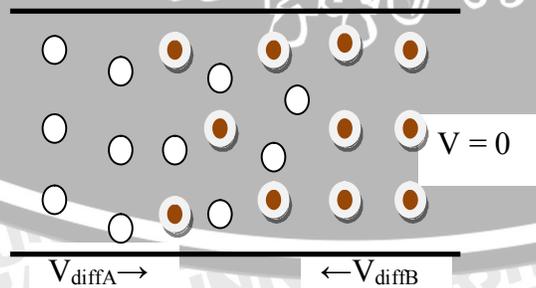
$$V = V$$

(Cengel, 1998: 651)

(2-12)

3. Difusi pada campuran fluida non homogen tanpa terjadi pergerakan volume.

Proses difusi terjadi pada media stasioner ($V = 0$) dengan fluida yang memiliki beda konsentrasi. Kecepatan pada zat ini merupakan kecepatan difusi yang mana merupakan kecepatan rata-rata dari molekul yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi. Berikut ini adalah gambaran mengenai sistem:



Gambar 2.11 : Gambar proses difusi pada campuran fluida non homogen tanpa terjadi pergerakan volume

Sumber : Cengel, 1998 : 651

Pada sistem tersebut berlaku :

$$\rho_A \neq \text{constan}$$

$$\rho_B \neq \text{constan}$$

$$\rho = \frac{m_A + m_B}{V} = \text{constan}$$

$$m_A = \rho_A V_{diffA} A$$

$$m_B = \rho_B V_{diffB} A$$

$$m = \rho V A = m_A + m_B$$

$$V_A = V_{diffA}$$

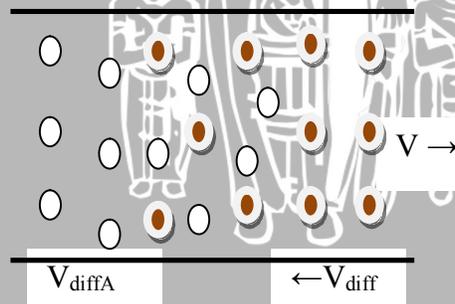
$$V_B = V_{diffB}$$

$$V = 0$$

(Cengel, 1998: 651) (2-13)

4. Difusi dengan fluida yang memiliki beda konsentrasi dan kecepatannya besar.

Pada sistem ini terjadi proses difusi molekul dan konveksi. Kecepatan masing-masing zat sama dengan jumlah antara kecepatan pergerakan volume dan kecepatan difusi. Kecepatan aliran dan kecepatan difusi dapat searah atau berlawanan arah tergantung pada gradien konsentrasi. Kecepatan difusi akan bernilai negatif ketika aliran volume pada arah x positif dan gradien konsentrasi bernilai positif.



Gambar 2.12 : Gambar proses difusi dengan fluida yang memiliki beda konsentrasi dan kecepatan yang besar

Sumber : Cengel, 1998 : 651

Pada sistem tersebut berlaku :

$$\rho_A \neq \text{constan}$$

$$\rho_B \neq \text{constan}$$

$$\rho = \frac{m_A + m_B}{v} = \text{constan}$$

$$m_A = \rho_A V_{diffA} A$$

$$m_B = \rho_B V_{diffB} A$$

$$m = \rho VA = m_A + m_B$$

$$V_A = V + V_{diffA}$$

$$V_B = V + V_{diffB}$$

$$V = V$$

(Cengel, 1998: 651)

(2-14)

2.10 Hipotesis

Semakin besar konsentrasi asam nitrat pada campuran asam nitrat dan asam sulfat akan membuat viskositas fluida pendorong semakin kecil yang akan menimbulkan percabangan *finger* semakin panjang dan menciptakan bidang kontak semakin luas antara campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan gliserol sehingga menghasilkan *interfacial instability* yang besar akibatnya reaksi kimia pembuatan nitrogliserin lebih efektif.