ANALISIS IMPLEMENTASI IMPULS MEDAN LISTRIK SEBAGAI METODE ALTERNATIF SISTEM KONTROL ALIRAN DARAH

Toni Dwi Putra[1)]

ABSTRAK

Penelitian di bidang elektrokinetik dilakukan pada aliran di antara pelat sejajar yang dialiri listrik tegangan rendah. Pemodelan aliran di antara pelat sejajar dapat diterapkan untuk model aliran darah. Pelat sejajar yang dialiri listrik berfungsi sebagai kapasitor dimana medium di antara pelat berfungsi sebagai penyimpan energi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh medan listrik terhadap perilaku aliran fluida di antara pelat sejajar yang dikenai listrik tegangan rendah.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Variabel bebas penelitian ini adalah 3 variasi tegangan yaitu medan listrik kontinu, periodik seragam dan periodik seling sesuai posisi muatan listrik, 5 variasi bilangan Reynold (Re 50, Re 100, Re 150, Re 200 and Re 250) yang dilakukan dengan mengatur debit aliran, 5 variasi tegangan listrik 50 Hz (20V, 30V, 40V, 50V and 60V) dengan menggunakan regulator tegangan dan 4 variasi fluida yaitu air, air berpartikel, susu dan minyak. Jarak antar pelat adalah 5 mm. Pengambilan data meliputi pengukuran debit aliran dengan 10 kali ulangan pengukuran, perubahan temperatur menggunakan termokopel jenis K selama 150 detik setiap selang 30 detik dan perubahan pola aliran yang direkam dengan handycam selama ± 2 minutes. Perubahan pola aliran diamati dengan memberikan injeksi bahan pewarna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran cenderung menurun sesuai pertambahan tegangan listrik. Air berpartikel (air gula) memiliki perubahan kecepatan terbesar. Suhu fluida cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik. Air gula juga memiliki perubahan terbesar, sedangkan minyak goreng memiliki perubahan terkecil. Perubahan pola aliran ditunjukkan dengan adanya sudut diffusi, dimana sudut diffusi ini sangat dipengaruhi oleh bilangan Reynold dan tegangan listrik yang diaplikasikan. Semakin besar sudut diffusi maka fenomena diffusi yang terjadi semakin kecil. Semakin besar tegangan listrik maka sudut diffusi akan semakin besar. Medan listrik kontinu cenderung memberikan perubahan yang lebih besar, sedangkan medan listrik periodik seragam dan periodik seling cenderung memberikan perubahan yang relatif sama. Kesimpulan hasil penelitian ini adalah perilaku aliran fluida di antara pelat sejajar sangat dipengaruhi oleh besar tegangan listrik yang diaplikasikan.

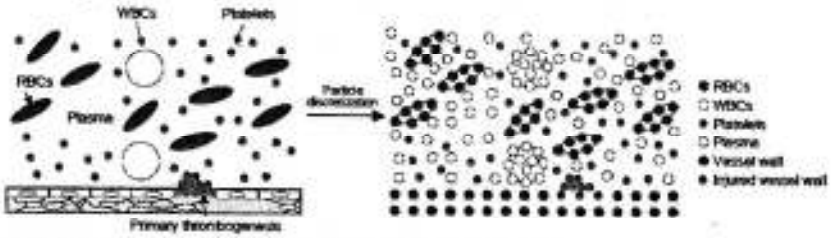
Kata kunci : elektrokinetik, pelat sejajar, tegangan listrik, perilaku aliran fluida

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk perkembangan cabang ilmu Mekanika Fluida adalah di bidang elektrokinetik yaitu ilmu yang mempelajari pengaruh medan listrik terhadap aliran fluida. Bidang ini banyak difokuskan pada studi saluran mikro (*micro channel*) sebagai obyek penelitiannya dan aplikasi medan listrik tegangan rendah.

Penelitian-penelitian eletrokinetik pada saluran mikro telah banyak dilakukan. Green, et. al (2000) meneliti pengaruh medan listrik terhadap aliran fluida pada elektroda mikro serta efek illuminasi. Green, et. al (2002), melanjutkan penelitian ini pada pengaruh medan listrik AC terhadap fenomena elektrolisis. Levitan, et al (2005) meneliti pola elektro-osmosis sepanjang kawat logam. Sedangkan Denisov, et. al (2004) yang meneliti pengaruh medan listrik atau medan magnet bolak-balik terhadap aliran vortex pada lapisan datar. Penelitian-penelitian ini dilakukan dengan penyederhanaan dimensi aliran yaitu aliran dua dimensi.

Salah satu bentuk aplikasi aliran di antara pelat sejajar adalah penelitian yang dilakukan oleh Tsubota, K, et. al, 2005, yang mensimulasikan aliran darah di antara pelat sejajar tetap dengan menggunakan metode partikel. Pemodelannya secara skematik dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Pemodelan partikel aliran darah (Tsubota, K, et. al, 2005)

1) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

Di sisi lain, salah satu bentuk fenomena aliran fluida adalah aliran di antara dua pelat sejajar. Beberapa peneliti yang mempelajari obyek penelitian ini antara lain Barber dan Emerson (2002) yang melakukan studi numerik *slip flow* pada saluran bulat dan pelat parallel pada bilangan Reynold rendah; Bacabac, et al (2005) yang meneliti tegangan geser dinamik (*dynamics shear stress*) pada saluran pelat sejajar untuk aplikasi medis, Wang dan Jones (2003) yang meneliti tentang fenomena bifurkasi pada saluran mikro pelat sejajar dan lain-lain.

Bertitik tolak dari hal di atas dengan mengingat bahwa secara fisik darah memiliki sifat fluida maka perlu dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh impuls medan listrik terhadap pola aliran fluida darah di saluran pelat sejajar yang dapat dikembangkan menjadi sistem pengontrol aliran. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen melalui pengamatan dan pengambilan data pola aliran yang terjadi pada pelat sejajar yang dialiri listrik tegangan rendah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami pengaruh impuls medan listrik terhadap pola aliran fluida viskos dua dimensi, sebagai model darah, di antara pelat sejajar; mendapatkan gambaran sistem aliran darah dengan proses pembekuan minimum, dan memahami perilaku aliran darah pada saluran di antara pelat sejajar yang dialiri tegangan listrik voltase rendah. Manfaat penelitian ini adalah hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk tahap penelitian berikutnya yaitu untuk pemodelan sistem aliran darah.

METODE PENELITIAN

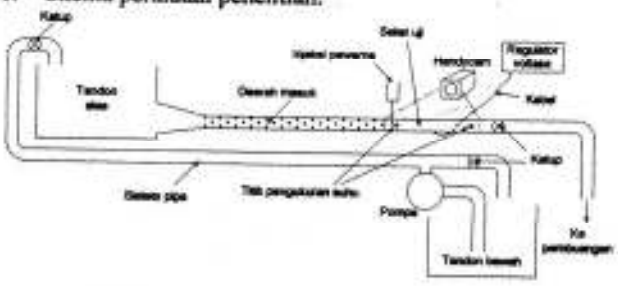
Variabel Penelitian

a. Variabel bebas :
   - 4 variasi fluida : air, susu, minyak dan campuran homogen (fluida berpartikel)
   - 3 variasi pola tegangan pada pelat : tegangan kontinu, periodik serugam dan periodik seling
   - 5 variasi bilangan Reynold (50, 100, 150, 200 dan 250)
   - 5 variasi voltase (20V, 30V, 40V, 50V dan 60V)

b. Variabel terikat : pola aliran fluida, kecepatan aliran dan suhu.

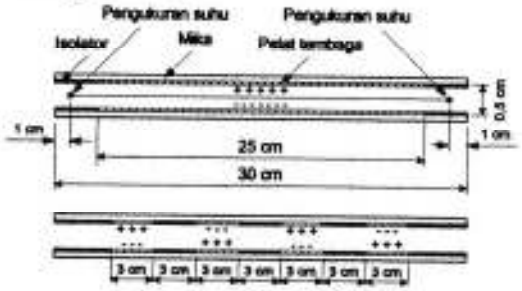
Peralatan dan Bahan Penelitian

1. Skema peralatan penelitian.



Gambar 2. Skema peralatan penelitian

2. Seksi uji.
   Seksi uji dibuat dari bahan tembus pandang (mika) dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 7 cm dan tinggi 0,5 cm. Seksi uji ini dibuat dalam 3 variasi sebagai berikut:



Gambar 3. Skema seksi uji

3. Daerah Masuk (*Entry Region*)
   Daerah masuk dibuat untuk mendapatkan aliran yang telah berkembang penuh (*fully developed*). Bagian ini juga dibuat dari bahan mika dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 7 cm dan tinggi 0,5 cm. Ukuran panjang diambil berdasarkan suatu acuan yang menyatakan bahwa aliran telah berkembang penuh setelah mencapai jarak > 0,5ReD, dimana Re adalah bilangan Reynold dan D adalah diameter pipa atau tinggi penampang segi empat (Fox, R.W, McDonald, A.T, 1994).

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan Data Pola Aliran

Pengambilan data pola aliran dilakukan dengan memakai *handycam* yang diletakkan di sisi seksi uji. Hal ini dimaksudkan agar *handycam* dapat merekam pola aliran yang terjadi pada arah panjang seksi uji. Untuk penanda, pada sistem aliran diinjeksikan pewarna. Injeksi bahan pewarna ini diposisikan pada jarak 1 cm sebelum pelat tembaga dengan ujung injeksi diposisikan di tengah-tengah lebar seksi uji.

Pengambilan Data Perubahan Suhu

Pengambilan data perubahan suhu dlakukan dengan memakai termokopel jenis K. Termokopel dipasang pada titik tengah tinggi dan titik tengah lebar seksi uji, pada jarak 1,5 cm sebelum pelat tembaga untuk pengukuran suhu masuk dan pada jarak 1,5 cm sesudah pelat tembaga untuk pengukuran suhu keluar.

Pengambilan Data Perubahan Debit

Pengambilan data perubahan debit menggunakan gelas penduga dengan bantuan *stop watch*. Pengukuran debit dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Pompa dihidupkan dan dibiarkan hingga stabil dengan cara mengamati ketinggian permukaan fluida pada tandon bagian atas.
2. Handycam diposisikan pada bagian samping seksi uji.
3. Pengaturan dan pengukuran debit dilakukan dengan mengatur 3 buah katup untuk mendapatkan nilai bilangan Reynold yang telah ditentukan. Pengukuran debit dilakukan dengan 10 kali pengulangan.
4. Bahan pewarna diinjeksikan ke dalam seksi uji. Injeksi bahan pewarna ini dilakukan sedemikian rupa schingga bahan pewarna hanya akan membentuk garis alir yang relatif kecil.
5. Handycam merekam pola aliran yang terjadi.
6. Regulator voltase dihubungkan dengan sumber listrik dan diukur keluaran (*output*) voltasenya dengan multimeter.
7. Handycam merekam pola aliran yang terjadi setelah voltase listrik diaplikasikan selama 60 detik.
8. Pencatatan suhu yang tertera pada termokopel.
9. Pengukuran debit aliran setelah aplikasi voltase dengan 10 kali pengulangan.

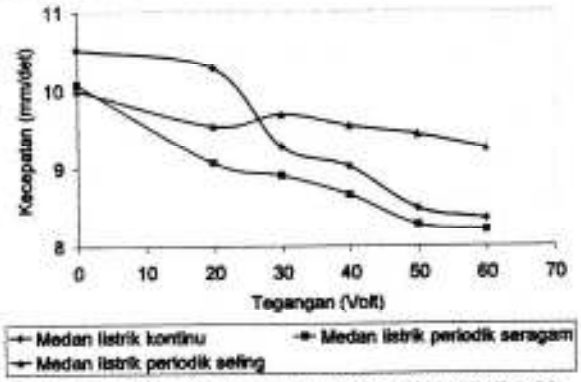
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

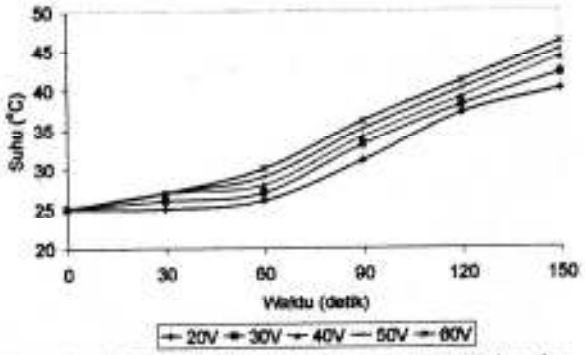
a. Data debit digunakan untuk menghitung kecepatan aliran dan kecenderungan perubahan kecepatan.
b. Data suhu digunakan untuk melihat kecenderungan perubahan suhu.
c. Data pola aliran (rekaman video) di-*capture* menjadi bentuk foto dan diukur perubahan pola alirannya menggunakan ImageJ versi 1.5. Data visual untuk fluida susu dan minyak goreng tidak didapat karena kesulitan dalam memberikan injeksi pewarna. Pengukuran dilakukan dengan cara berikut ini:

Gambar 4. Skema pengukuran sudut difusi

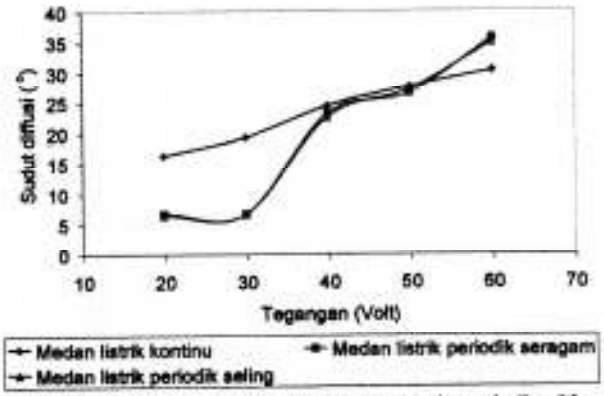
Contoh Grafik Hasil Penelitian



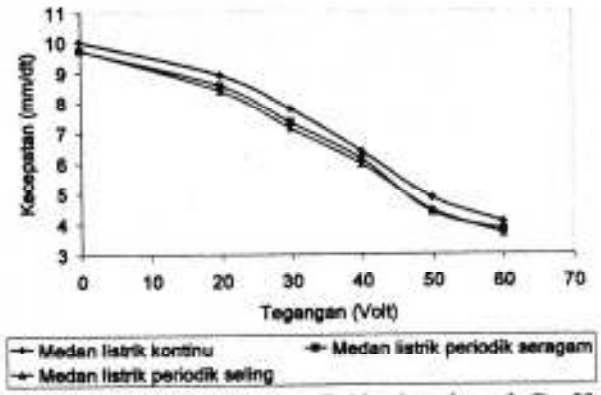
Gambar 5. Grafik kecepatan fluida air pada Re 50



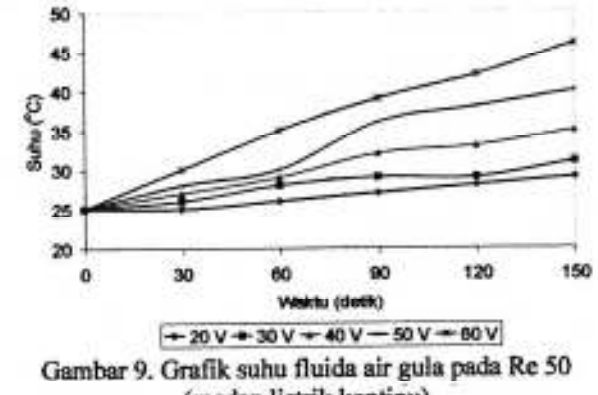
Gambar 6. Grafik suhu fluida air pada Re 50 (medan listrik kontinu)



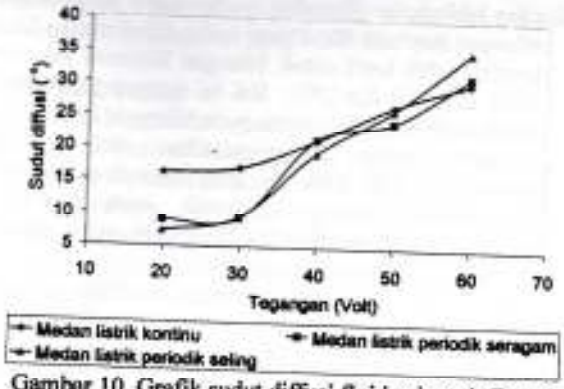
Gambar 7. Grafik sudut diffusi fluida air pada Re 50



Gambar 8. Grafik kecepatan fluida air gula pada Re 50



Gambar 9. Grafik suhu fluida air gula pada Re 50 (medan listrik kontinu)



Gambar 10. Grafik sudut diffusi fluida air pada Re 50

Pembahasan

Fluida Air

A. Perubahan kecepatan

Dari grafik perubahan kecepatan fluida air terlihat bahwa kecepatan semakin besar dengan bertambahnya bilangan Reynold. Selain itu, kecepatan cenderung semakin kecil dengan bertambahnya tegangan listrik yang diaplikasikan. Hal ini mengindikasikan terjadinya hambatan yang disebabkan oleh transfer momentum yang dihasilkan dari aplikasi medan listrik terhadap fluida.

Medan listrik menghasilkan gaya di dalam fluida dan memicu terjadinya aliran. Tetapi dalam hal ini, arah aliran yang dipicu tidak searah dengan arah aliran yang direpresentasikan oleh bilangan Reynold. Perbedaan arah ini menyebabkan gaya yang dihasilkan oleh medan listrik mempengaruhi besar gaya hambat (*drag force*) fluida, sehingga kecepatan alirannya berubah.

Kesamaan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada kecepatan alirannya yang sama-sama berubah karena pengaruh medan listrik. Perbedaannya adalah hasil penelitian sebelumnya kecepatan cenderung bertambah karena aplikasi medan listrik. Hal ini mungkin disebabkan karena:

a. Perbedaan kondisi awal fluida, dimana dalam penelitian ini fluidanya bergerak sedangkan pada penelitian sebelumnya fluidanya diam.
b. Perbedaan jenis fluida yang digunakan, dimana dalam penelitian ini menggunakan air yang bersifat elektrolit lemah sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan potassium khlorida yang bersifat lebih kuat. Hal ini dapat memberikan reaksi yang berbeda terhadap medan listriknya.

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kecepatan fluida semakin kecil dengan bertambahnya tegangan listrik juga menunjukkan kesesuaian dengan teori yang ada. Teori ini menyatakan bahwa kecepatan aliran adalah proporsional terhadap kuadrat tegangan. Hal ini jelas bahwa kecepatan aliran berdasarkan bilangan Reynold akan semakin berkurang jika tegangan yang diaplikasikan semakin besar. Hasil penelitian ini juga ditunjang oleh hasil penelitian Levitan, et. al 2005 dimana grafik hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik maka kecepatan fluidanya semakin besar pula (gambar 2-6).

Medan listrik kontinu cenderung memiliki penurunan kecepatan yang relatif lebih besar. Hal ini disebabkan karena faktor luasan menjadi satu parameter penting terhadap besar medan listriknya. Selain itu hasil ini juga ditunjang oleh hasil penelitian sebelumnya dimana posisi elektrode sangat berpengaruh terhadap kecepatannya. Semakin dekat posisinya maka kecepatannya akan semakin besar pula. Medan listrik kontinu dapat dianggap sebagai medan listrik periodik berjarak nol sehingga kecepatannya relatif lebih besar.

Medan listrik periodik seragam cenderung memiliki perubahan kecepatan yang kurang lebih sama dengan medan listrik periodik seling. Dalam beberapa variasi tampak pula bahwa medan listrik periodik seragam memiliki perubahan yang sedikit lebih besar dibanding periodik seling. Hal ini mungkin disebabkan karena medan seragam memiliki arah perubahan aliran yang sama sehingga perubahan kecepatannya relatif tetap. Medan listrik periodik seling memiliki perubahan arah aliran yang berselang-seling (ke atas dan ke bawah) sehingga fluida mengalami banyak kehilangan energinya sehingga kecepatannya menjadi berkurang lebih banyak.

B. Perubahan Suhu

Dari grafik-grafik perubahan suhu, terlihat bahwa suhu cenderung naik dengan bertambahnya aplikasi tegangan listrik. Kecenderungan lain yang tampak adalah kenaikan suhu yang relatif besar di detik-detik awal (sampai dengan detik ke 60) dan cenderung stabil pada detik-detik berikutnya. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa besar efek elektrothermal tergantung pada besar medan listrik yang diaplikasikan. Berdasarkan teori kapasitor, besar medan listrik ini merupakan hasil kali tegangan dan jarak antar elektrodenya. Karena itu, semakin besar tegangan listrik yang diaplikasikan maka perubahan suhu yang terjadi akan semakin besar pula.

Bilangan Reynold juga mempengaruhi perubahan suhu, dimana semakin besar bilangan Reynold maka perubahan suhunya relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan karena dengan adanya bilangan Reynold yang mewakili kecepatan aliran fluida menyebabkan tidak terjadi pemanasan Joule (*Joule heating*) dalam keadaan stedi. Dengan kata lain, kecepatan aliran ini merupakan bentuk gangguan terhadap perubahan suhu. Semakin besar bilangan Reynold (semakin besar kecepatan aliran) maka system akan semakin jauh dari kondisi seimbang. Kecepatan yang semakin kecil (cenderung mendekati kondisi fluida statis) akan menyebabkan sistem lebih stedi sehingga transfer suhu dari elektrode ke fluida dapat berlangsung secara lebih efektif.

Jenis medan listrik yang diberikan juga mempengaruhi perubahan suhu. Medan listrik kontinu memiliki luasan elektrode yang berbeda, sehingga dengan besar arus listrik yang sama maka intensitas energi yang dihasilkan akan berbeda pula. Medan listrik kontinu memiliki luasan yang lebih besar sehingga intensitas energi yang dihasilkan juga

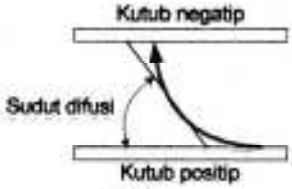
semakin besar. Selain itu pada medan listrik periodik, fluida juga mengalami sedikit pendinginan pada saat melewati bagian-bagian isolator. Hal ini juga diperkuat dengan fungsi pelat sejajar sebagai kapasitor dimana kapasitansi efektif merupakan fungsi luasan elektrode. Hal ini berarti medan listrik kontinu dalam hal ini memiliki kapasitansi efektif yang lebih besar dibandingkan medan listrik periodik.

Perubahan suhu karena medan listrik periodik seling relatif lebih besar dibandingkan dengan medan listrik periodik seragam. Hal ini disebabkan karena kecepatan aliran karena medan listrik periodik seling lebih kecil. Hal ini menyebabkan energi listrik memiliki lebih banyak waktu untuk memanaskan fluida.

C. Perubahan Pola Aliran

Secara skematik, perubahan pola aliran fluida yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut:

(a)



(b)

Gambar 11. Skema perubahan pola aliran

Aplikasi tegangan listrik pada pelat sejajar menyebabkan terjadinya aliran listrik dari kutub positip ke kutub negatip. Karena fluida yang digunakan (air) bersifat polar maka fluida bereaksi terhadap aliran listrik ini. Sebelum tegangan listrik diaplikasikan, hanya terdapat satu aliran fluida yang diwakili oleh bilangan Reynold. Dengan aplikasi tegangan listrik maka terdapat aliran lain yang memiliki arah tegak lurus terhadap aliran sebelumnya (gambar 11a). Aliran lain ini merupakan fenomena difusi yang terjadi sesuai arah aliran medan listriknya.

Kedua aliran di atas saling berinteraksi dimana besar aliran keduanya akan menentukan perubahan pola aliran yang terjadi. Perubahan ini dapat dinyatakan sebagai sudut difusi (gambar 11b). Besar sudut difusi ini tergantung pada besar tegangan listrik dan bilangan Reynold. Jika aliran yang diwakili bilangan Reynold bersifat dominan maka sudut difusinya akan semakin kecil. Secara umum, hubungan ini dapat dinyatakan dengan:

a. Semakin besar tegangan listrik maka sudut difusi akan semakin besar pula.
b. Semakin besar bilangan Reynold maka sudut difusi akan semakin kecil.

Hasil pengukuran sudut diffusi menunjukkan bahwa medan listrik kontinu menghasilkan sudut difusi yang lebih besar dibanding medan listrik periodik pada bilangan Reynold 50. Tetapi sudut difusi medan listrik kontinu lebih kecil untuk bilangan Reynold yang lain (100, 150, 200 dan 250). Hal ini menunjukkan bahwa untuk medan listrik kontinu pada bilangan Reynold 50, kecepatan yang direpresentasikan oleh bilangan Reynold bersifat tidak dominan dibanding kecepatan yang timbul karena medan listrik. Sedangkan untuk medan listrik periodik, hal ini terjadi pada bilangan Reynold 100 sampai dengan 250.

Jika dibandingkan dengan penelitian Green et. al, 2002 maka pola aliran yang terjadi memiliki kesamaan dalam hal garis alirnya, yaitu berupa garis lengkung. Perbedaannya adalah hasil penelitian sebelumnya menunjukkan pola aliran fluida yang menyerupai pola konveksi, sedangkan pola aliran hasil penelitian ini merupakan pembelokan pola aliran awal karena pengaruh medan listrik. Hal ini mungkin disebabkan karena perbedaan posisi elektrode dan jenis fluida yang digunakan.

Fluida Air Gula

A. Perubahan Kecepatan

Kecepatan fluida air gula cenderung menurun sesuai pertambahan tegangan listrik yang diaplikasikan. Tingkat penurunan kecepatan ini lebih besar dibandingkan dengan penurunan kecepatan pada fluida air. Hal ini disebabkan karena fluida air gula termasuk bahan organik yang bersifat mudah bereaksi terhadap aliran listrik. Penurunan kecepatan ini tampak jelas pada Re 50 dan 100 karena pada angka Reynold ini, aliran fluida air gula relatif rendah, sehingga pengaruh tegangan listrik tampak dominan.

Seperti halnya pada fluida air, peningkatan bilangan Reynold juga menurunkan kecepatan air gula. Selain itu medan listrik kontinu juga cenderung menurunkan kecepatan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan medan listrik periodik, baik periodik seragam maupun periodik seling. Pada medan listrik periodik seragam dan seling, besar kecepatan dan perubahannya relatif sama. Hal ini disebabkan karena kedua jenis medan listrik ini hanya berbeda pada arah aliran arus listriknya.

B. Perubahan Suhu

Suhu fluida air gula cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik yang diaplikasikan. Kenaikan suhu fluida air gula cenderung lebih besar dibandingkan dengan kenaikan suhu fluida air. Perbedaannya terletak pada kecenderungan kenaikannya, dimana kenaikan suhu fluida air cenderung drastis pada detik-detik awal tetapi kenaikan suhu fluida air gula cenderung konstan tetapi relatif lebih besar dibanding fluida air. Hal ini disebabkan karena penambahan gula pada air mempercepat reaksi air tersebut terhadap tegangan listrik.

Suhu fluida susu cenderung menurun sesuai pertambahan bilangan Reynold. Kenaikan tertinggi terjadi pada Re 50 dan tegangan listrik 60 Volt dimana suhu mencapai 46 °C. Hal ini disebabkan karena pada Re 50, kecepatan fluida susu sangat rendah sehingga fluida menerima transfer energi panas relatif lebih cepat. Hal ini juga sesuai dengan kecenderungan

perubahan kecepatan dimana tegangan listrik memberikan pengaruh yang lebih dominan.

C. Sudut Diffusi

Fenomena terjadinya sudut diffusi pada fluida air gula menunjukkan gejala yang serupa dengan perubahan pada fluida air. Jika dibandingkan, sudut diffusi fluida air gula cenderung lebih besar dibandingkan dengan sudut diffusi fluida air. Hal ini sesuai dengan kecenderungan perubahan kecepatan yang terjadi, dimana kecepatan fluida air gula relatif lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa fluida air gula lebih terpengaruh oleh tegangan listrik dibandingkan dengan fluida air.

Fluida Susu

A. Perubahan Kecepatan

Kecepatan fluida susu cenderung menurun sesuai pertambahan tegangan listrik yang diaplikasikan. Hal ini mungkin disebabkan karena susu adalah bahan yang bersifat organik. Sifat bahan ini menyebabkan fluida susu sangat mudah bereaksi dengan aliran listrik. Reaksi ini menyebabkan aliran fluida pada arah kecepatan bilangan Reynold menjadi lebih terganggu.

Kecepatan berdasarkan nilai bilangan Reynold menunjukkan bahwa kecepatan kecepatan cenderung naik sesuai pertambahan nilai bilangan Reynold. Hal ini telah sesuai dengan teori yang ada dimana bilangan Reynold berbanding lurus dengan kecepatan aliran. Perubahan besar kecepatan pada perubahan bilangan Reynold menunjukkan perubahan yang relatif sebanding. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan listrik yang diaplikasikan memberikan pengaruh dominan pada perubahan kecepatan.

B. Perubahan Suhu

Suhu fluida susu cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik yang diaplikasikan. Kenaikan ini relatif konstan pada setiap selang waktu pengambilan data. Hal ini menunjukkan perilaku yang berbeda dengan fluida air, dimana air memiliki perubahan suhu yang relatif drastis pada detik-detik awal (detik 30 dan detik 60) dan selanjutnya relatif konstan pada selang waktu berikutnya.

Suhu fluida susu cenderung menurun sesuai pertambahan bilangan Reynold. Kenaikan tertinggi terjadi pada Re 50 dan tegangan listrik 60 Volt dimana suhu mencapai 47 °C. Hal ini disebabkan karena pada Re 50, kecepatan fluida susu sangat rendah sehingga fluida menerima transfer energi panas relatif lebih cepat. Hal ini juga sesuai dengan kecenderungan perubahan kecepatan dimana tegangan listrik memberikan pengaruh yang lebih dominan.

Fluida Minyak

A. Perubahan Kecepatan

Kecepatan aliran fluida minyak pada Re 15 cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik. Hal ini tidak terjadi pada Re 30 dan Re 50, dimana kecepatan cenderung turun. Hal ini mungkin disebabkan karena pada Re 15 yang memiliki kecepatan sangat kecil, fluida minyak yang bersifat viskos (kental) memiliki gaya kohesi dengan dinding yang lebih besar. Aplikasi tegangan listrik mungkin menyebabkan terjadinya kondisi *no slip condition* yang lebih baik.

B. Perubahan Suhu

Suhu minyak cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik. Tetapi kenaikan ini relatif kecil atau tidak sebesar kenaikan pada fluida air dan susu. Hal ini mungkin disebabkan karena sifat viskos minyak tersebut. Selain itu, minyak memiliki titik didih yang lebih tinggi sehingga membutuhkan energi yang lebih banyak untuk menaikkan suhunya.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa impuls medan listrik sangat berpengaruh terhadap perilaku aliran fluida, yaitu:

1. Kecepatan aliran fluida cenderung menurun sesuai pertambahan tegangan listrik yang diaplikasikan.
2. Suhu fluida cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik. Perubahan suhu sangat drastis terjadi pada detik-detik awal aplikasi tegangan.
3. Perubahan pola aliran ditunjukkan dengan adanya fenomena sudut diffusi, dimana sudut diffusi semakin besar tegangan listrik maka sudut diffusi juga semakin besar.
4. Fluida air gula secara umum memiliki perubahan terbesar, selanjutnya fluida air, fluida air susu dan fluida minyak goreng.
5. Jenis medan listrik berpengaruh terhadap perubahan perilaku aliran dimana medan listrik kontinu cenderung memberikan perubahan yang relatif lebih besar. Medan listrik periodik seragam dan periodik seling cenderung memiliki pengaruh yang relatif sama.

DAFTAR PUSTAKA

Bacabac, R.G.; Smit, T.H., Cowin, S.C., Van Loon, J.J.W.A., Nieuwstadt, F.T.M., Heethaar, R., and Klein-Nulend, J., 2005. Dynamic Shear Stress in Parallel-Plate Flow Chambers. *Journal of Biomechanics* **38**:159-167.

Barber, R.W and Emerson, D.R., 2002. A Numerical Study of Low Reynolds Number Slip Flow in the Hydrodynamic Development Region of Circular and Parallel Plate Ducts. Centre for Microfluidics, Department of Computational Science and Engineering, CLRC Daresbury Laboratory, Daresbury, Warrington, WA4 4AD.

Brodkey, R.S. and Hershey, H.C., 1988. *Transport Phenomena A Unified Approach*, International Edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore.

Bruus, H., 2005. *Theoretical Microfluidics, Lecture notes second edition*, MIC. Department of Micro and Nanotechnology Technical University of Denmark. http://www2.mic.dtu.dk/research/MIFTS/publications/books/MIFTSnote.pdf.

Castellanos, A.; Ramos, A., Gonz´alez, A., Green, N.G., and Morgan, H., 2003. Electrohydrodynamics and Dielectrophoresis in Microsystems: Scaling Laws. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36**: 2584–2597 PII: S0022-3727(03)63619-3.

Castellanos, A.; Ramos, A., González, A., Green, N. G., and Morgan, H., 2004. Particle manipulation in Microfluidics: The Role of Dielectrophoresis, Electrohydrodynamics and AC Electrokinetics. XXI ICTAM, Warsaw, Poland.

Cengel, Y.A. and J.M. Cimbala. 2006. *Fluid Mechanics Fundamental and Applications*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York USA.

Colwell, C.H., 2005. Properties of Parallel-Plate Capacitors. PhysicsLAB Mainland High School Daytona Beach, FL 32114. http://online.cctt.org/ physicslab /default.asp.

Denisov, S.; V. Dolgikh, R. Khalilov, S. Khripchenko, I. Kolesnichenko, and A. Korobkov, 2004. *Excitation of Vortex Flows in Plane Layers of Conducting Fluid by Electric Current or Alternating Magnetic Field*, Laboratory of Hydrodynamics Institute of Continuous Media Mechanics Ural Branch of Russian Academy of Science Perm, Russia.

Fox, R.W. and A.T. McDonald. 1994. *Introduction to Fluid Mecahnics*. SI Version. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Canada.

Green, N.G.; A. Ramos, A. Gonz´alez, A. Castellanos, and H. Morgan, 2000. Electric Field Induced Fluid Flow on Microelectrodes: The Effect of Illumination, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **33** : L13–L17.

Green, N.G.; A. Ramos, A. Gonza´lez, H. Morgan, and A. Castellanos, 2002. Fluid Flow Induced by Nonuniform ac Electric Fields in Electrolytes on Microelectrodes. III. Observation of Streamlines and Numerical Simulation, *PHYSICAL REVIEW E* **66**, 026305.

Herr, A.E.; Molho, J.I., Kenny, T.W., Santiago, J.G., and Mungal, M.G., 2000. Variation of Capillary Wall Potential in Electrokinetic Flow. Sandia National Laboratories 7011 East Avenue, Livermore, CA 94550.

Pak, K.W.; Wang, T., Deval, J.H., and Ho, C., 2004. Electrokinetics in Micro Devices for Biotechnology Applications. *IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS*, **VOL. 9, NO. 2.**

Tsubota, K., Wada, S., Kamada, H., Kitagawa, Y., Lima, R., Yamaguchi, T., 2005, A Particle Method for Blood Flow Simulation, Application to Flowing Red Blood Cells and Platelets, *Journal of the Earth Simulator*, Volume 5, March 2006, 2 – 7

Wang, D.; Sigurdson, M., and Meinhart, C.D., 2005. Experimental Analysis of Particle and Fluid Motion in ac Electrokinetics. *Experiments in Fluids 38*: **1–10** DOI 10.1007/s00348-004-0864-5.

Wang, K-L and Jones, T.B., 2003. Frequency-Dependent Bifurcation in Electromechanical Microfluidic Structures. *J. Micromech. Microeng.* **14**: 761–768.