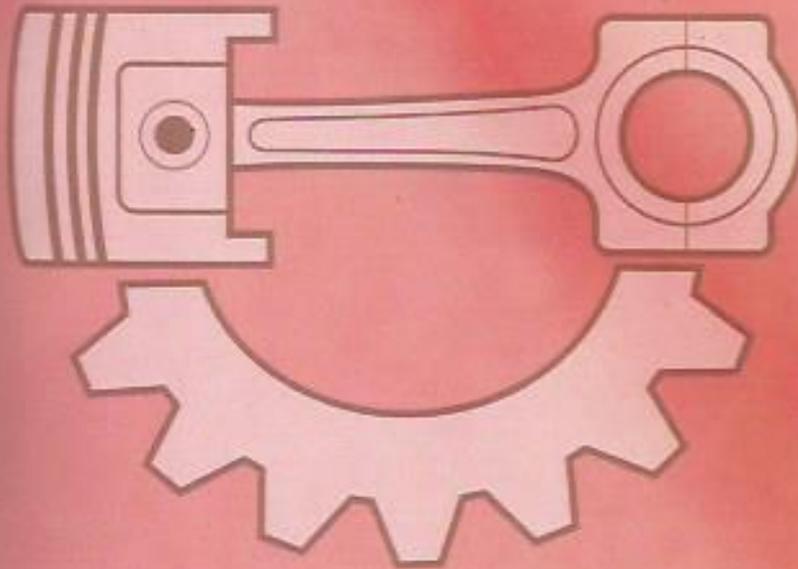




**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
SAINS DAN TEKNOLOGI  
(SAINTEK)**

**SAINTEK**



Jurnal

ONLINE : [mesin.ub.ac.id/saintek](http://mesin.ub.ac.id/saintek) (ISSN Online : 2407 - 5329)

SAINTEK

VOL.1

NO.1

HAL.1-82

MALANG  
APRIL 2015

ISSN : 2407- 4845

## SUSUNAN PANITIA

### Penanggungjawab

Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M. Eng.

### Pengarah

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.  
Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng.  
Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.

### Ketua Pelaksana

Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT. Mel.

### Wakil Ketua Pelaksana

Femiana Gapsari, ST., MT.

### Sekretaris

Teguh Dwi Widada, ST., M. Eng., Ph. D.

### Bendahara

Putu Hadi Setyanini, ST., MT.

### Reviewer

Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D. (Universitas Brawijaya)  
Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. Universitas Brawijaya  
Prof. Ir. Agus Suprpto, M. Sc., Ph. D. (Universitas Merdeka Malang)  
Ir. Bobby Oedy P. S., M. Sc., Ph. D. (Institut Teknologi Sepuluh Noverber)  
Dr. Eng. Anggit Murdani, ST., M. Eng. (Politeknik Negeri Malang)  
Dr. Eng. Budi Prawara (LIPi-TELIMEK)

### Bidang Acara

Rudianto Raharjo, ST., MT.  
Francisca Gayuh Ulami Dewi, ST., MT.  
Lina Rakhma Sari, A. Md.

### Bidang Redaksi

Fikrul Akbar Alamsyah, ST.  
Haslinda Kusumaningsih, ST., M. Eng.  
Anang Triono, ST.

### Bidang Perlengkapan

Purnami, ST., MT.  
Totok Bahtiyar  
Haedi Oktaviani, ST.

### Bidang Publikasi dan Dokumentasi

Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng.  
Khairul Anam, ST., M. Sc.

## DAFTAR ISI

### SUSUNAN PANITIA

KATA SAMBUTAN KETUA PELAKSANA SEMINAR NASIONAL  
SAINS DAN TEKNOLOGI (SAINTEK) 2015

KATA SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

### INDUSTRI

802	Perancangan Fasilitas Alat Ukur Antropometri pada Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi ITATS Wulung Aditya, Suhardini.....	1
803	Pengaruh Penggunaan Bahan Penjerap Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Empat Langkah (4 Tak) Muh.Supwatu Hakim, Sigit Budlarjo, Damara Yucha Anggila .....	2
808	Optimalisasi Kekuatan Bending dan <i>Impact</i> Komposit Berpenguat Sekam Padi Bermatrik Urea <i>Formaldehyde</i> Terhadap Fraksi Volium Didik Sugiyanto .....	3
810	Optimasi Perencanaan Produksi Menggunakan Metode <i>Goal Programming</i> Pada UKM Industri Kreatif Murti Astuti .....	4
811	Studi Eksperimen Analisis Modal untuk Menguji Karakteristik Modus Getar Pada Rangka Raket Tenis Sampurno, Suhardjono, Witantiyo, Dimas A.P. ....	5
812	Penentuan Energi Celah Pita Optik Film Tipis TiO <sub>2</sub> Menggunakan Metode <i>Tauc Plot</i> Rizqa Daniyati, Vicran Zharvan, Nur Ihsan, Yono Hadi Pramono, Gatot Yudoyono .....	6
818	Konsep Green Quality By Design Pada Plastik Untuk Minimasi Cacat Dan Limbah Moh. Hartono .....	7
830	Analisa Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Karyawan Melalui Keputusan Kerja dengan Metode SEM ( <i>Structural Equation Modelling</i> ) Hary Sujono .....	8

834	Analisa Faktor Produksi Untuk Meningkatkan Ketersediaan Kedelai Nasional Guna Mencapai Swasembada Kedelai Nasional Nelly Budiharti, Pratikto, Sudjito Soeparman, Pumomo Budi Santoso .....	9
873	Dialisis berbasis elektrokinesis: sebuah hipotesis Gatut Rubiono, ING Wardana, Eko Siswanto, Mega Sasongko.....	10
883	Employee's Need About Work Environment: Corporate Responsible Toward Manufacturing Sustainability Sulistiarini, Emma B, Arningsih, Retno, Tjahjono, N .....	11
890	Penyebab <i>Undertwing</i> Selama Proses Pembuatan Leading Edge Wing Pesawat Cn – 235 Achmad Taufik, Yuriyanto.....	12
896	Program Pemeriksaan Perpipaan Tahun 2014 di Kilang Badak LNG Bontang P.P. Luhur Wibowo .....	13

#### KONVERSI ENERGI

894	Simulasi Numerik Karakteristik Aliran 3 Dimensi di Sekitar <i>Single-Element Airfoil</i> untuk Spoiler Depan Mobil Formula SAE dengan Variasi <i>Reynolds Number</i> Dian Mustikaning Kusuma, Wawan Aries Widodo, Budi Utomo Kuloh.....	14
895	Analisa Teknis dan Ekonomi Penggantian Bahan Bakar HSD untuk Start Up PLTU Andreas Kumiawan Marindario, Atok Setiyawan.....	15
899	Laju Reaksi ( <i>Kinetic Rate</i> ) Pembentukan Char Kayu Mahoni Pada Temperatur 250°C - 800°C Dengan Fast Pyrolysis Widya Wijayanti, Hafidz Rosyidi Muhdhor .....	16
913	Perencanaan Transportasi Lokal Berbasis Hybrid-Electric Vehicles (HEVS) Ramah Lingkungan (Studi Kasus Di Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja) K. Rihendra Dantes.....	17
918	Simulasi Numerik Karakteristik Aliran 3 Dimensi di Sekitar <i>Single-Element Airfoil</i> untuk Spoiler Depan Mobil Formula SAE dengan Variasi Reynolds Number Wahyu Nugroho dan Vivien Suphandani .....	18
917	Perencanaan Struktur Rangka Mesin Pencetak Pakan Ikan dengan Rotary Drum Dryer Berbahan Bakar LPG Sapan Prayoga, Hendro Nurhadi, Yunarko Trwinamo, Har Subiyanto .....	19
920	Pengaruh Pencelupan Larutan Kitosan Sebagai Edible Coating Terhadap Mutu Ikan Teri Asin Kering Selama Penyimpanan Pada Suhu Ruang	

## Dialisis Berbasis Elektrokinesis : Sebuah Hipotesis

Gatut Rubiono<sup>1</sup>, ING Wardana<sup>2</sup>, Eko Siswanto<sup>2</sup>, Mega Sasongko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar Teknik Mesin Univ. PGRI Banyuwangi  
Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi Jawa Timur Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Doktor Ilmu Teknik Mesin Univ. Brawijaya Malang  
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145 Jawa Timur Indonesia

\*Koresponden

E-mail: [g.rubionov@gmail.com](mailto:g.rubionov@gmail.com)

### ABSTRACT

*Diabetes Mellitus in Indonesia is becoming a national threat on the health and economic development according to high number of cases. High incidence of diabetes is suspected due to unhealthy lifestyle, late diagnosed, and not regularly taking the drug. Delay in diagnosis occur because people do not realize have such diseases. At the advanced level, diabetes can lead to kidney failure where the patient requires dialysis (hemodialysis) to rid the products of metabolism. Conventional dialysis during the scheduling process burdening patients with high-risk blood cleansing. The phenomenon electrokinesis offers fluid behavior change under the influence of low-voltage electric field. In the field of low voltage power, the flow of sugar fluid and blood plasma is turned and forms diffusion angle that directs the flow to the walls of the plate. This enhance the screening process. If the electric field is rotated dynamically, the screening process can be expected to occur more effectively, which can improve the performance of dialysis. The impact of the performance improvement is that it allows thinning span between processes or reduce process frequencies. For patients, it increased convenience and ease the burden of medical expenses. Of the treatment facility, every dialysis machine can be used for more patients, the cost of the process and the level of mortality of dialysis patients can also be lowered.*

**Keywords:** *diabetes, electrokinesis, rotating electric field, dialysis modification*

### PENDAHULUAN

Diabetes adalah penyakit yang ditimbulkan oleh kadar glukosa yang tinggi di dalam darah. Definisi dari *American Diabetes Association* [Soegondo, 2005] menyebutkan bahwa diabetes melitus adalah kelompok penyakit metabolik yang memiliki karakteristik hiperglikemia, terjadi karena kelainan sekresi insulin, dan/atau anomali kinerja insulin. Penyakit ini bisa terjadi pada bayi yang baru lahir hingga orang dewasa [Greeley et.al., 2010]. Diabetes yang terdiagnosis pertama kali (*onset*) pada usia dewasa biasanya bersifat poligenik, artinya disebabkan oleh berbagai faktor pemicu dan bersifat kompleks. Di sisi lain, jika *onset*

diabetes terjadi pada usia bayi atau balita, biasanya bersifat monogenik. Diabetes jenis monogenik biasanya terkait faktor genetika. Diabetes poligenik yang umum dikenal adalah diabetes melitus.

Diabetes mellitus di Indonesia telah menjadi ancaman bagi pembangunan kesehatan dan ekonomi nasional. Hal ini terkait dengan jumlah kasus diabetes yang tinggi. Data Riset Kesehatan Dasar pada tahun 2007 menunjukkan bahwa diabetes merupakan penyebab kematian nomor 6 dari seluruh kematian pada semua kelompok umur [Aditama, 2012]. WHO (*World Health Organisation*) memperkirakan jumlah penyandang diabetes di Indonesia akan

meningkat menjadi 21,3 juta di tahun 2030, dari sekitar 8,4 juta di tahun 2000. Dengan jumlah kasus ini, Indonesia merupakan negara yang memiliki penyandang diabetes terbesar keempat setelah Amerika Serikat, China, dan India. Tingginya kasus diabetes diduga antara lain karena pola hidup tidak sehat, sebagian besar penderita terlambat terdiagnosa, dan tidak teratur mengonsumsi obat. Prevalensi diabetes di daerah perkotaan adalah 5.7%, penderita yang tidak terdiagnosa dan mengonsumsi obat sebanyak 73%, dan prevalensi toleransi glukosa terganggu adalah 10.2% [Aditama, 2012]. Keterlambatan diagnosa diabetes umumnya terjadi karena penderita banyak yang tidak menyadari telah mengidap penyakit tersebut. Ditengarai bahwa jumlah penderita yang tidak menyadari penyakitnya mencapai 84.1% [Rahajeng, 2012]. Pada tingkat lanjut, diabetes bisa mengakibatkan kegagalan ginjal dimana penderita membutuhkan proses cuci darah (hemodialisis) untuk membersihkannya dari produk-produk hasil metabolisme.

Dialisis adalah proses untuk membersihkan produk-produk sisa dan kelebihan air dari dalam darah [Pendse et.al., 2008]. Proses ini biasanya juga difungsikan sebagai pengganti fungsi ginjal pada pasien-pasien yang mengalami gagal ginjal atau pada tahap akhir penyakit-penyakit yang berkaitan dengan fungsi ginjal. Jumlah pasien yang membutuhkan proses dialisis terus meningkat setiap tahunnya. Di Korea, jumlah pasien yang membutuhkan proses dialisis menurut *National Health Insurance Service (NHIC)*, meningkat 31,9% dari 44.136 orang di tahun 2006 menjadi 58.232 di tahun 2010 [Lee et.al., 2013]. Di Indonesia, diprediksi bahwa antara tahun 2014 -2019 jumlah pasien yang mengalami gagal ginjal bisa naik mencapai 100 ribu/tahun [Roesli, 2013]. PERNEFI (Perhimpunan Nefrologi Indonesia) merilis ada sebanyak 19.612 pasien gagal ginjal pada tahun 2012. Dari jumlah prediksi 100 ribu tersebut, diperkirakan 50% akan membutuhkan proses dialisis, jika pelayanan kesehatan dan sistem asuransi membaik. Saat ini dialisis memang merupakan terapi yang banyak digunakan para pasien gagal ginjal. Data pada tahun 2012 menunjukkan bahwa 78% pasien

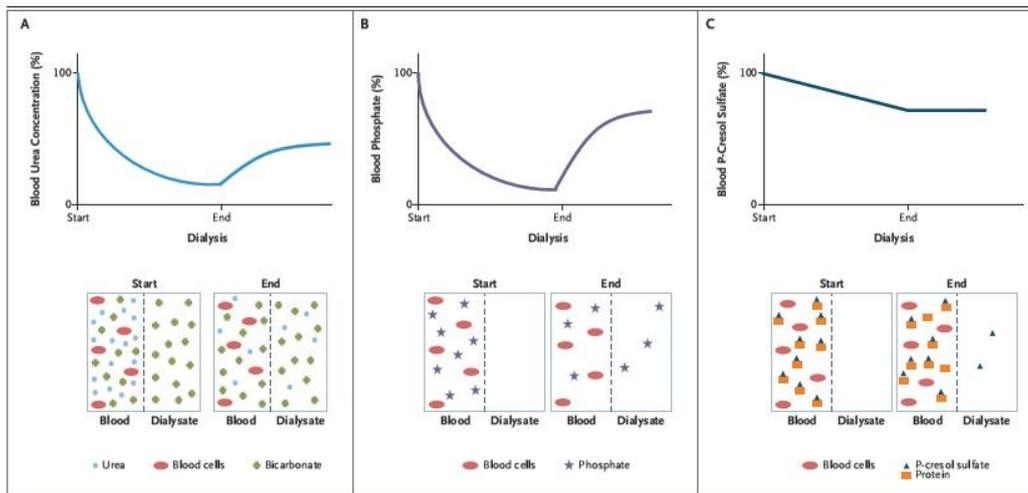
mengandalkan terapi ini, disamping operasi transplantasi yang menduduki tempat kedua (16%) dan sisanya memanfaatkan CAPD (*Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis*) dan CRRT (*Continuous Renal Replacement Therapy*). Jumlah mesin dialisis di seluruh Indonesia baru 2.400 buah yang masing-masing melayani 6 pasien per hari. Jumlah pasien yang terlayani mesin dialisis tersebut (6 per mesin) tidak memenuhi rekomendasi ideal, yaitu 4 pasien per mesin [Lee et.al., 2013]. Menurut data Askes, pelayanan dialisis tersebut menyerap 24% dari total biaya pelayanan kesehatan katostropik, yaitu mencapai 428 miliar. Biaya tersebut naik 35% dari tahun 2011 dengan penambahan kasus sampai 14%.

Standar pelayanan dialisis yang umum dijalani setiap pasien adalah tiga kali seminggu, selama 4 jam proses setiap kalinya [Himmelfarb & Ikizler, 2010]. Resiko tersebut diperparah oleh adanya jeda 2 hari di setiap akhir minggu. Pelaksanaan dialisis dalam seminggu biasanya dijadwalkan pada rangkaian hari Senin-Rabu-Jumat atau Selasa-Kamis-Sabtu. Jangka waktu pelaksanaan dialisis ini mengandung resiko yang bisa mengarah pada kematian. Hal ini karena proses penjadwalan tersebut bisa mengakibatkan terjadinya akumulasi cairan yang berlebihan, metabolisme mineral dan tulang tidak teratur dengan baik, infeksi vaskular dan anemia [Arneson et.al., 2010]. Kondisi tersebut bisa diperbaiki dengan merapatkan jarak antar proses. Saat ini proses dialisis sudah bisa dilakukan di rumah dengan menggunakan teknik CAPD. Biaya operasional per proses teknik CAPD hanya 30% dari biaya hemodialisis konvensional di rumah sakit. Perbedaan utama dari kedua teknik ini adalah pada cara pembersihan darahnya. Teknik CAPD dilakukan dengan cara memasukkan cairan dialisat ke rongga peritoneal, sementara membran peritonealnya berfungsi sebagai membran penyaring. Produk sisa dan kelebihan cairan yang harus dikeluarkan dalam proses dialisis itu akan menyeberangi membran akibat fenomena difusi/osmosis menuju cairan dialisat. Pada saat dialisat telah jenuh, bisa dikuras untuk diganti cairan baru. Hemodialisis konvensional dilakukan dengan cara mengeluarkan darah dari tubuh, menyaringnya dengan metode yang mirip

CAPD, kemudian dimasukkan lagi ke dalam tubuh. Meskipun teknik konvensional rawan infeksi, proses pembersihannya ditengarai lebih baik. Jika bisa dilakukan lebih sering, hemodialisis konvensional bisa menurunkan tingkat mortalitas. Lacson et.al. (2012) menunjukkan bahwa menambah jam hemodialisis konvensional dari 3-5,5 jam per proses menjadi 8 jam dan dilakukan pada waktu malam, bisa menurunkan tingkat mortalitas hingga 30%. Pada prinsipnya, tingkat harapan hidup pasien dialisis sangat tergantung pada derajat kebersihan darah yang dihasilkan dan minimasi efek samping yang muncul dari proses. Artikel ini bertujuan untuk mengulas metode dialisis alternatif berbasis elektrokinesis.

**PROSES DIALISIS**

Dialisis didefinisikan sebagai difusi molekul dalam larutan melalui membran semipermeabel akibat adanya gradien konsentrasi bahan elektrokimiawi [Depner, 1991]. Tujuan utama proses ini adalah mengembalikan lingkungan fluida intra dan ekstraseluler pada kondisi normal yang ditandai oleh kinerja ginjal. Proses pembersihan terjadi pada saat bahan-bahan sisa metabolisme, seperti urea, mengalir dari darah menuju cairan dialisat sementara bahan-bahan pelarut, seperti bikarbonat, mengalir dari dialisat menuju darah. Proses difusi tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya gaya konvektif akibat gradien osmosis atau hidrostatis [Locatelli et.al., 2002]. Masuknya pelarut ke dalam aliran darah hanya dimaksudkan untuk mengurangi kelebihan kadar air, tanpa merubah konsentrasi larutan dalam darah. Jenis dialisat mempengaruhi jenis bahan-bahan yang bisa dibersihkan dari darah.



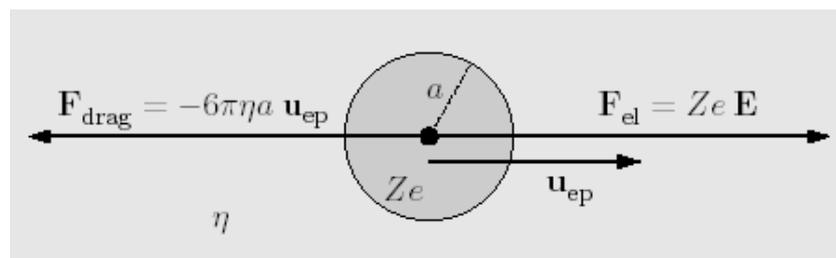
Gambar 1. Proses hemodialisis untuk pembersihan beberapa bahan berbeda. A. Penyerapan urea, B. Fosfat, dan C. P-cresol sulfat [Himmelfarb & Ikizler, 2010]

### ELEKTROKINESIS

Elektrokinesis adalah ilmu yang mempelajari pengaruh medan listrik terhadap aliran fluida. Konsepsi elektrokinesis meliputi dua fenomena, yaitu elektro-osmosis dan elektroforesis. Elektro-osmosis mengacu pada gerakan fluida yang melintasi lapisan tipis yang terjadi akibat pengaruh medan listrik eksternal. Fenomena ini membutuhkan adanya lapisan ganda (*double layer*) yang dipengaruhi medan listrik pada interaksi permukaan padat dan fluida. Lapisan ganda ini diakibatkan oleh atraksi (tarik-menarik) antara permukaan padat dan ion yang melintas di fluida. Potensial listrik antara permukaan geser dan lapisan ion disebut  $\zeta$ -potensial. Secara esensial, pergerakan lapisan ini memberikan kecepatan slip (*slip velocity*) dan terjadi pada bilangan Reynold rendah [Herr, 2000].

Elektroforesis mendeskripsikan gerakan partikel di fluida netral yang terpengaruh medan listrik eksternal [Herr, 2000]. Gerakan partikel fluida yang terjadi sangat tergantung pada mobilitas dan konduktivitas ion partikel tersebut. Gerakan partikel ini akan berada pada kondisi stasioner jika gaya *drag*  $F_{\text{drag}}$  partikel yang memenuhi hukum Stokes sebanding dengan gaya gerak listrik (*electric driving force*)  $F_{\text{el}}$  [Bruus, 2005].

Penelitian di bidang elektrokinesis dilakukan untuk mempelajari perilaku partikel fluida dalam pemrosesan suatu material [Wu et.al, 2005], diaplikasikan di bidang medis [Nikolic-Jaric et.al, 2010], untuk pengontrolan aliran [Aboelkassem, 2010], proses pencampuran bahan [Lee et.al, 2011] maupun proses separasi [Van Der Donk et.al, 2010].



Gambar 2. Gambaran fenomena elektroforesis pada partikel  $Ze$ .  $U_{\text{ep}}$  adalah gaya elektroforesis yang ikut berperan dalam menjaga kondisi kesetimbangan [Bruus, 2005]

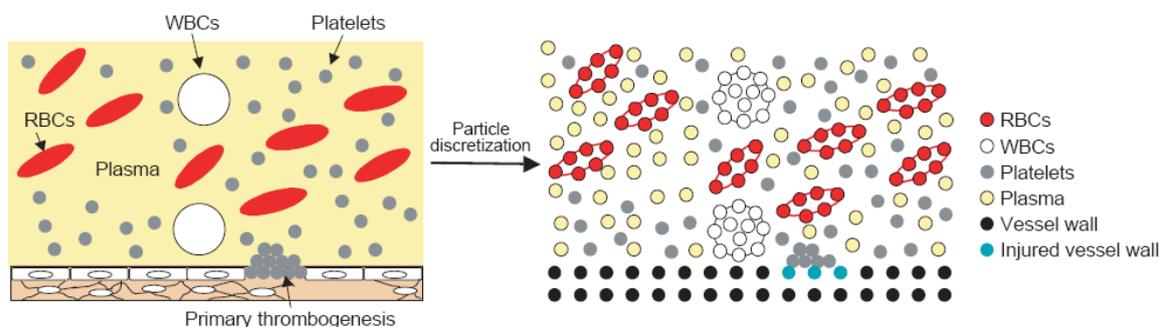
**PEMBAHASAN**

Penelitian-penelitian elektrokinetik pada saluran mikro telah banyak dilakukan. Green et. al [2000] meneliti pengaruh medan listrik terhadap aliran fluida pada elektroda mikro serta efek iluminasi. 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] meneliti pengaruh medan listrik atau medan magnet bolak-balik terhadap aliran vortex pada lapisan datar. Penelitian-penelitian ini dilakukan dengan penyederhanaan dimensi aliran menjadi aliran dua dimensi. Salah satu penelitian pada bidang ini dilakukan oleh Tsubota et al. [2005], yang mensimulasikan aliran darah di antara pelat sejajar tetap dengan menggunakan metode partikel. Pemodelannya secara skematik dapat dilihat pada gambar 3.

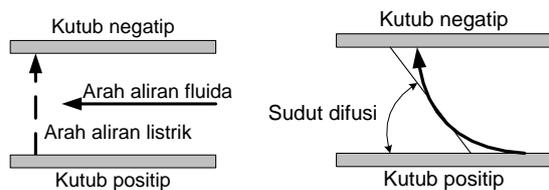
Bentuk aplikasi lain dari aliran dua dimensi adalah aliran di antara pelat sejajar. Beberapa peneliti telah mempelajari obyek penelitian ini. Diketahui bahwa Barber dan Emerson [2002] telah melakukan studi numerik *slip flow* pada saluran bulat dan pelat parallel pada bilangan Reynold rendah, Bacabac et. al. [2005] meneliti tegangan geser dinamik (*dynamics shear stress*) pada saluran pelat sejajar untuk aplikasi medis, Wang dan Jones [2003] meneliti tentang fenomena bifurkasi pada saluran mikro pelat sejajar dan lain-lain. Rubiono [2006] juga meneliti perilaku aliran melalui saluran mikro yang diganggu medan listrik tegangan rendah dari plat sejajar. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kecepatan aliran cenderung menurun sesuai kenaikan tegangan listrik. Suhu fluida cenderung bertambah sesuai penambahan tegangan listrik. Pola aliran fluida berubah

dengan terjadinya fenomena difusi. Fenomena ini ditandai dengan adanya sudut difusi yang merupakan fungsi bilangan Reynold dan tegangan listrik. Aliran fluida yang awalnya linier cenderung menjadi radial turbulen.

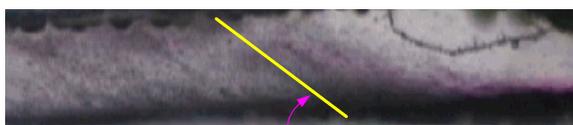
Penelitian-penelitian di atas, diikuti oleh Putra et al. [2008] yang mengkombinasikan aliran dua dimensi dengan aliran pada plat sejajar untuk mempelajari karakteristik fluida biologis berupa susu, minyak goreng dan air gula. Karakteristik ketiga jenis fluida tersebut dibandingkan dengan karakteristik air biasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran cenderung menurun sesuai pertambahan tegangan listrik. Kecepatan aliran air gula paling meningkat jika dibandingkan dengan jenis fluida lainnya. Suhu fluida cenderung naik sesuai pertambahan tegangan listrik. Air gula juga mengalami peningkatan suhu terbesar, sedangkan minyak goreng memiliki perubahan terkecil. Perubahan pola aliran ditunjukkan dengan adanya sudut difusi, dimana sudut difusi ini sangat dipengaruhi oleh bilangan Reynold dan tegangan listrik yang diaplikasikan. Semakin besar sudut difusi maka fenomena difusi yang terjadi semakin kecil. Semakin besar tegangan listrik maka sudut difusi akan semakin besar. Medan listrik kontinu cenderung memberikan perubahan yang lebih besar, sedangkan medan listrik periodik seragam dan periodik selang cenderung berperilaku sama. Sudut difusi yang terjadi pada air gula juga lebih besar jika dibandingkan dengan fluida lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa air gula lebih responsif terhadap medan listrik jika dibandingkan dengan fluida jenis lainnya.



Gambar 3. Pemodelan partikel aliran darah [Tsubota et. al, 2005]



Gambar 4. Skema perubahan aliran dan munculnya sudut difusi akibat aplikasi medan listrik pada saluran mikro di antara plat sejajar [Rubiono, 2006]



Gambar 5. Perubahan arah aliran dan sudut difusi hasil *capture* eksperimen terhadap air gula [Putra et al., 2008]

Hasil penelitian Putra et al., [2008] kemudian dikembangkan untuk pemodelan pengikisan pembuluh darah yang mengalami timbunan plak pada aterosklerosis [Putra et al., 2012]. Dalam hal ini, saluran mikro didesain sama dengan penelitian sebelumnya tetapi plat sejajar yang digunakan bertipe kontinyu. Timbunan plak dimodelkan dengan cara melapiskan lemak hewan pada plat dan dinding saluran. Darah sapi yang telah dicegah penggumpalannya dengan menggunakan larutan EDTA (zat anti koagulan) dialirkan melalui saluran mikro dibawah pengaruh medan listrik yang divariasikan tegangannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut difusi aliran darah, secara statistik, naik sejalan dengan peningkatan kecepatan aliran tetapi tidak menunjukkan adanya pengaruh perubahan tegangan (Gambar 6). Volume pengikisan lapisan lemak yang memodelkan plak aterosklerosis secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan setelah dipapar perubahan tegangan listrik maupun kecepatan aliran. Namun, dari grafik data (Gambar 7), perubahan tersebut tampak, khususnya terhadap variasi kecepatan aliran. Dari pola garis grafiknya, variasi tegangan tampak memiliki pengaruh, dimana nilai volume makin tinggi sejalan dengan peningkatan tegangan. Hasil penelitian ini

tampak mengarah pada kondisi mendukung hipotesis, yang menyatakan bahwa aliran radial turbulen yang terjadi akibat pengaruh medan listrik dari plat sejajar bertegangan rendah bisa menghasilkan efek pengikisan timbunan lemak pada dinding saluran.

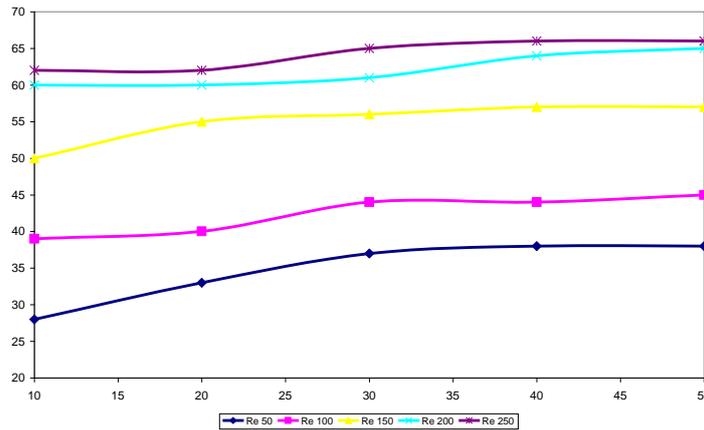
Hasil statistik yang tidak menunjukkan dukungan terhadap hipotesis bisa terjadi karena dua hal. Sebab pertama adalah karakteristik cairan darah yang bersifat heterogen. Partikel-partikel sel darah yang lebih mendekati sifat padatan bisa merubah karakteristik aliran darah, sekaligus merubah reaksi cairan darah terhadap tegangan listrik. Kecepatan reaksi cairan dan padatan terhadap tegangan listrik berbeda. Konduktivitasnya pun berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang cukup signifikan diduga dibutuhkan tegangan listrik yang lebih tinggi. Perbedaan respon tersebut juga berlaku untuk kecepatan aliran. Cairan darah dengan sendiri memiliki respon yang lebih cepat terhadap perubahan kecepatan sementara partikel-partikel padatnya lebih lambat. Dengan demikian untuk mendapatkan respon yang lebih seragam dari cairan dan padatan darah diduga diperlukan kecepatan aliran yang lebih tinggi.

Sebab kedua yang mungkin adalah adanya cairan anti-koagulan, yang menjaga cairan darah tidak membeku selama proses. Diduga cairan anti koagulan ini bersifat pelarut, termasuk melarutkan lapisan lemak pada dinding saluran. Hasil perhitungan volume pengikisan lapisan lemak bisa jadi tidak saja diakibatkan oleh aliran radial turbulen yang dihasilkan oleh kombinasi kecepatan aliran dan tegangan listrik, tetapi juga karena efek cairan anti koagulan tersebut.

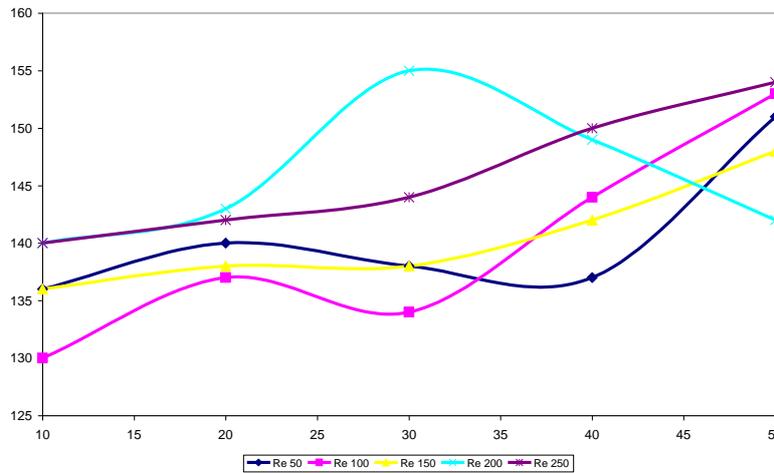
Telah diketahui sebelumnya bahwa medan listrik tegangan rendah dapat merubah pola aliran air dari longitudinal linier menjadi radial turbulen [Rubiono, 2006]. Hal yang sama juga terbukti berlaku pada fluida biologis, seperti susu dan minyak [Putra et al., 2008]. Darah sebagai salah satu jenis fluida biologis, memiliki karakteristik yang berbeda dengan susu maupun minyak. Susu dan minyak bisa dikatakan bersifat homogen sementara darah, selain memiliki bagian cairan yang disebut plasma, juga memiliki partikel-partikel sel darah yang menyatu dengan bagian cairannya. Hal ini menyebabkan darah bersifat heterogen. Meskipun demikian, dengan

mengingat bagian cairan darah cukup dominan sehingga menunjukkan karakteristik fluida, aplikasi medan listrik tegangan rendah dari plat sejajar ternyata juga menunjukkan kecenderungan berpengaruh [Putra et al., 2012]. Dengan memadukan konsepsi elektrokinesis dan analisis proses dialysis

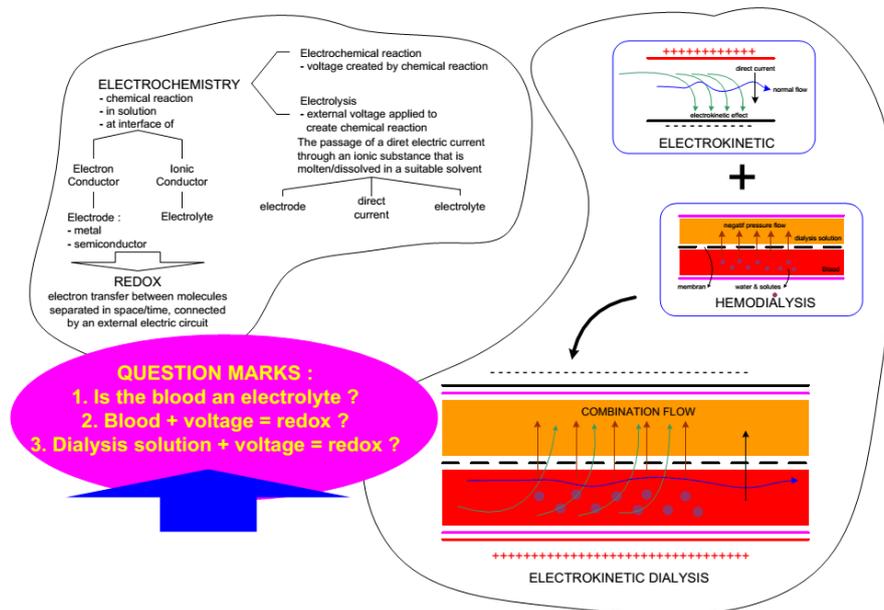
bisa disusun hipotesis dalam bentuk diagram skematik sebagaimana tampak pada Gambar 8. Dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa masih terdapat beberapa pertanyaan yang harus dieksplorasi lebih lanjut sebelum ide tersebut bisa ditindaklanjuti dalam bentuk riset.



Gambar 6. Grafik pengaruh perubahan tegangan (volt) terhadap sudut difusi ( $\theta$ ) aliran darah pada variasi bilangan Reynold (Re) [Putra et al., 2012]



Gambar 7. Grafik pengaruh perubahan tegangan (volt) terhadap volume pengikisan lapisan lemak ( $\text{cm}^3$ ) pada variasi bilangan Reynold (Re) [Putra et al., 2012]



Gambar 8. Diagram skematik dari hipotesis, dikembangkan dari kajian teori.

**KESIMPULAN**

Meskipun tampak bahwa dialisis berbasis elektrokinesis mungkin untuk dikembangkan, ada beberapa permasalahan yang masih perlu ditelusuri lebih dulu untuk dapat memunculkan alternatif-alternatif penyelesaian. Metode penelitian dan desain model peralatan perlu dikembangkan untuk mewadahi proses penelusuran tersebut. Ide skematik yang sekaligus merupakan hipotesis mentah tersebut bisa menjadi acuan awal pelaksanaan riset yang berkelanjutan.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Aboelkassem, Y. 2010. *Electroosmotic Flow in a Microchannel for Microfluidic Applications*. European Journal of Scientific Research. 39 (2): 183-192

[2] Aditama, TY. 2012. *Penderita Diabetes Indonesia Capai 21,3 Juta di Tahun 2030*. www.suarapembaruan.com. 20 September 2013

[3] Arneson TJ, Liu J, Qiu Y, Gilbertson DT, Foley RN, Collins AJ. 2010. *Hospital treatment for fluid overload in the Medicare hemodialysis population*. Clin J Am Soc Nephrol 5: 1054–1063

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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>. Download 23 April 2014

[7] Colwell, C.H., 2005. Properties of Parallel-Plate Capacitors. PhysicsLAB Mainland High School Daytona Beach, FL 32114. <http://online.cctt.org/>

- physicslab/default.asp. Download 17 April 2014
- [8] 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.
- [9] Depner TA. 1991. *Prescribing hemodialysis: a guide to urea modeling*. Boston: Kluwer Academic
- [10] Greeley, SAW, Tucker, SE, Naylor, RN, Bell, GI, Phillipson, LA. 2010. *Neonatal Diabetes Mellitus: A Model for Personalized Medicine*. Trends Endocrinol Metab. 21(8): 464–472
- [11] 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.
- [12] Green, N.G.; A. Ramos, A. Gonz´alez, 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.
- [13] 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.
- [14] Himmelfarb, J & Ikizler, TA. 2010. *Hemodialysis*. n engl j med. 363 (19): 1833-45
- [15] Lacson, E.Jr, Xu, J, Suri, RS, Nesrallah, G, et.al. 2010. *Survival with Three-Times Weekly In-Center Nocturnal Versus Conventional Hemodialysis*. J Am Soc Nephrol. 23(4): 687–695
- [16] Lee, C.Y. Chang, C.L. Wang, Y.N. Fu, L.M. 2011. *Microfluidic Mixing: A Review*. International Journal of Molecular Sciences 12: 3263-3287
- [17] Lee, Y, Kim, K, Kim, DJ. 2013. *Current status and standards for establishment of hemodialysis units in Korea*. Korean J Intern Med. 28 : 274-284
- [18] Locatelli F, Manzoni C, Di Filippo S. 2002. *The importance of convective transport*. Kidney Int. Suppl ;115-20
- [19] Nikolic-Jaric, M. Ferrier, G.A. Rzeszowski, S. Cabel, T. Nandagopal, S. 2010. *Uncertainty In Flow Impedance Measurements Arising From Shear-Induced Rotation Of Particles In Microfluidic Channels*. 14th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences 3 - 7 October 2010, Groningen, The Netherlands
- [20] Pendse S, Singh A, Zawada E. 2008. *Initiation of Dialysis*. In: *Handbook of Dialysis*. 4th ed. New York, NY:14–21
- [21] Putra, TD., Finahari, N., Rubiono, G. 2008. *Analisis impuls medan listrik sebagai metode alternatif sistem kontrol aliran darah*. Jurnal Teknik Mesin Univ. Negeri Malang. 14(2): 104-111
- [22] Putra, TD., Finahari, N., Rubiono, G. 2012. *Analisis alat terapi pencegah aterosklerosis berbasis plat elektrik paralel tegangan rendah*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Fundamental. PPM Dikti.
- [23] Rahajeng, E. 2012. *Penderita Diabetes di Indonesia Capai 8 Juta*. www.republika.co.id. 10 Agustus 2013
- [24] Roesli, MRA. 2013. *Pelayanan Kesehatan yang Efektif dan Efisien pada Kasus Gagal Ginjal dalam : 2019, Pasien Gagal Ginjal Diprediksi Capai 100 Ribu*. <http://health.okezone.com/read/2013/06/28/482/829220/2019-pasien-gagal-ginjal-diprediksi-capai-100-ribu>. Download 2 Maret 2014
- [25] Rubiono. 2006. *Pengaruh Impuls Medan Listrik terhadap Perilaku Aliran Fluida di antara Pelat sejajar*. Thesis Program Master Teknik Mesin Univ. Brawijaya Malang.
- [26] 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
- [27] Van Der Donk, DJHN. Frijns, A.J.H. Liu, Z. Derks, R.J.S. 2010. *Experimental Validation of a Novel Particle Separation Mechanism Using AC Electroosmosis*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> European Conference on Microfluidic
- [28] Wang, K-L and Jones, T.B., 2003. Frequency-Dependent Bifurcation in Electromechanical Microfluidic Structures. *J. Micromech. Microeng.* **14**: 761–768.
- [29] Wu, J. Ben, Y. Battigelli, D. Chang, H.C. 2005. *Long-Range AC Electroosmotic Trapping and Detection of Bioparticles*. *Ind.Eng.Chem.Res.* **44** (8)

**Sekretariat**

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT Haryono No.167 Malang – 65145

Telp. (0341) – 587711, 587710 Psw.228 ; Fax. (0341) - 554291

E-mail : mesin@ub.ac.id

Website : [www.mesin.ub.ac.id/saintek](http://www.mesin.ub.ac.id/saintek)



9 772407 484822



# SAINTEK

Seminar Nasional Sains dan Teknologi  
15-16 April 2015



## SERTIFIKAT

Diberikan Kepada :

**GATUT RUBIONO**

Atas Partisipasinya Sebagai :

**PEMAKALAH**

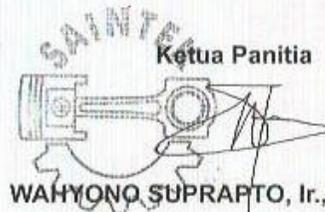
Malang, 16 April 2015  
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



NURKHOLIS HAMIDI, ST., M.Eng., Dr.Eng.

Ketua Panitia



WAHYONO SUPRPTO, Ir., MT.Met., Dr.