

ISSN : 1410 - 1866

JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN SAINS

JPMS Tahun VII No. 1, April 2002

DAFTAR ISI (CONTENTS) :

- Incorporating Active Elements in Teaching of Physical Chemistry III (*Memasukkan Elemen Aktif dalam Pembelajaran Kimia Fisika III*), **Ismunandar & N.M. Surdia**, (1 - 5)
- Penggunaan Teorema Proyeksi pada Statistika (*An Implementation of the Projection Theorem In Statistics*), **R. Rosnawati & Emut**, (6 - 11)
- Perilaku Fungsi Gelombang Sistem Potensial Sumur Berhingga (*The Wave Function Behavior of a Finite Well Potential System*), **Supardi**, (12 - 17)
- Penyelesaian Masalah Potensial Skalar pada Bola Konduktor Terbelah Dua yang Diberi Beda Potensial Berlawanan dengan Program Komputer (*The Solution of Scalar Potential Problems on Two Hemispherical Conductor by Computer Programming*), **Warsono**, (18 - 25)
- Rasional Khasiat pada Komposisi Jamu Galian Singset yang Beredar di Pasaran dan Uji Prasyaratnya (*The Virtuous Rationality of Slimming Herbs Distributed to The Market and Its Reguirment Test*), **Nurfina Aznam**, (26 - 34)
- Penghalusan Struktur Senyawa β -Dikalsium Silikat Terselit Magnesium (β -Ca_xMg_{1-x}SiO₄, $x = 0,01$ dan $0,025$) (*The Struktur Refinement of Magnesium Doped β -Dicalcium Silicate (β -Ca_xMg_{1-x}SiO₄, $x = 0,01$ and $0,025$)*) **Anti K. Prodjosantoso**, (35 - 43)
- Kompleks Molekuler dalam Sistem Biner 1,4-Dioksan-Asetonitril (*Moleculer Complexes in The Binary 1,4-Dioxan-Acetonitrile System*), **P. Yatiman, Endang W., Isana SYL., & Heru Pratomo AL**, (44 - 49)
- Melihat Keunggulan Pals Fiber Optik untuk Determinasi Mobilitas Elektroforesis Partikel Koloid dalam Pelarut Nonpolar (*A Close Look on the Superiority of Fibre Optic PALS for the Determination of Electrophoretic Mobility of Colloid Particles in Non-polar Solvents*), **Suparno**, (50 - 56)

Terakreditasi sebagai Jurnal Ilmiah berdasarkan Keputusan Ditjen Dikti Depdiknas No. 118/DIKTI/Kep/2001



SPONSORED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN SAINS (JPMS)

ISSN: 1410-1866

Terakreditasi sebagai Jurnal Ilmiah

berdasarkan Keputusan Ditjen DIKTI Depdiknas No. 118/DIKTI/Kep/2001.

Visi: Menjadi media komunikasi yang mampu secara nyata memberikan sumbangan terhadap perkembangan bidang MIPA dan Pendidikan MIPA di Indonesia

Misi: Menyebarluaskan hasil penelitian dan hasil kajian dalam bidang MIPA dan Pendidikan MIPA.

Diterbitkan oleh

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

Ketua Penyunting:
Prof. Suryanto, Ed.D

Penyunting Pelaksana:

Prof. Suryanto, Ed.D
Bambang Subali, M.S.
K.H Sugiyarto, PhD
Paidi, M.Si.

Hari Sutrisno, Ph.D
Zuhdan Kun Prasetyo, M.Ed.
Sukiya, M.Si.
Fauzan, M.Sc.

Dr. Indyah Sulistyio Arty
Dadan Rosana, M.Si

Penyunting Ahli:

Prof. Drs. Sugeng Mardiyono, M.App.Sc., Ph.D. (UNY)

Prof. Dr. Soeparno Darmawidjaja (UGM)

Prof. Dr. Ir. Djoko Marsono (UGM)

Prof. Dr. Wuryadi, M.S. (UNY)

Dr. Yateman Ariyanto (UGM)

Pembantu Pelaksana:

Drs. Eko Purwono

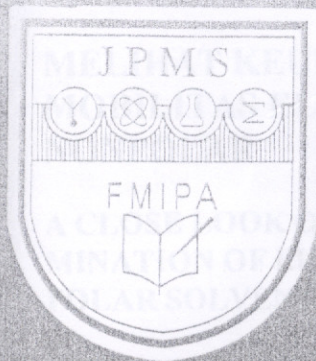
Paekan

Alamat Dewan Penyunting:

Kampus FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang, Yogyakarta, Gedung D01

Telp. (0274) 548203, Fax. (0274) 540713

Semua artikel yang dimuat dalam Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains sepenuhnya merupakan pendapat dan tanggung jawab penulis, bukan pendapat anggota Dewan Penyunting.



ISSN : 1410 - 1866

JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN SAINS

JPMS Tahun VII No. 1, April 2002

DAFTAR ISI (CONTENTS) :

- Incorporating Active Elements in Teaching of Physical Chemistry III (*Memasukkan Elemen Aktif dalam Pembelajaran Kimia Fisika III*), Ismunandar & N.M. Surdia, (1 - 5)
- Penggunaan Teorema Proyeksi pada Statistika (*An Implementation of the Projection Theorem In Statistics*), R. Rosnawati & Emut, (6 - 11)
- Perilaku Fungsi Gelombang Sistem Potensial Sumur Berhingga (*The Wave Function Behavior of a Finite Well Potential System*), Supardi, (12 - 17)
- Penyelesaian Masalah Potensial Skalar pada Bola Konduktor Terbelah Dua yang Diberi Beda Potensial Berlawanan dengan Program Komputer (*The Solution of Scalar Potential Problems on Two Hemispherical Conductor by Computer Programming*), Warsono, (18 - 25)
- Rasional Khasiat pada Komposisi Jamu Galian Singset yang Beredar di Pasaran dan Uji Prasyaratnya (*The Virtuous Rationality of Slimming Herbs Distributed to The Market and Its Reguirement Test*), Nurfini Aznam, (26 - 34)
- Penghalusan Struktur Senyawa β -Dikalsium Silikat Terselit Magnesium (β -Ca_xMg_{1-x}SiO₄, $x = 0,01$ dan $0,025$) (*The Struktur Refinement of Magnesium Doped β -Dicalcium Silicate (β -Ca_xMg_{1-x}SiO₄, $x = 0,01$ and $0,025$)*) Anti K. Prodjosantoso, (35 - 43)
- Kompleks Molekuler dalam Sistem Biner 1,4-Dioksan-Asetonitril (*Moleculer Complexes in The Binary 1,4-Dioxan-Acetonitrile System*), P. Yatiman, Endang W., Isana SYL., & Heru Pratomo AL, (44 - 49)
- Melihat Keunggulan Pals Fiber Optik untuk Determinasi Mobilitas Elektroforesis Partikel Koloid dalam Pelarut Nonpolar (*A Close Look on the Superiority of Fibre Optic PALS for the Determination of Electrophoretic Mobillity of Colloid Particles in Non-polar Solvents*), Suparno, (50 - 56)

Terakreditasi sebagai Jurnal Ilmiah berdasarkan Keputusan Ditjen Dikti Depdiknas No. 118/DIKTI/Kep/2001



SPONSORED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

MELIHAT KEUNGGULAN PALS FIBER OPTIK UNTUK DETERMINASI MOBILITAS ELEKTROFORESIS PARTIKEL KOLOID DALAM PELARUT NONPOLAR

A CLOSE LOOK ON THE SUPERIORITY OF FIBRE OPTIC PALS FOR THE DETERMINATION OF ELECTROPHORETIC MOBILITY OF COLLOID PARTICLES IN NON-POLAR SOLVENTS

Suparno

Juridik Fisika, FMIPA, UNY

Abstrak

Sistem hamburan cahaya berbasis analisis perubahan fase atau *phase analysis light scattering (PALS)* dengan menggunakan probe fiber optik telah berhasil dikonstruksi di laboratorium Fisika Terapan, University of South Australia. Kemampuan alat ini telah diuji dengan membandingkannya dengan alat komersial Rank Brothers Mark II untuk menentukan mobilitas elektroforesis partikel koloid. PALS menunjukkan sensitivitas yang jauh lebih tinggi dibanding dengan sistem mikroelektroforesis Rank Brothers Mark II, terutama dalam penentuan mobilitas partikel dalam pelarut nonpolar. Disini Rank Brothers Mark II tidak mampu dipergunakan untuk menentukan mobilitas elektroforesis dalam pelarut nonpolar. Sedang untuk menentukan mobilitas partikel dalam pelarut polar, seperti air, PALS menunjukkan kemampuan yang seimbang dengan sistem mikroelektroforesis Rank Brothers.

Kata kunci : PALS, elektroforesis, pelarut nonpolar

Abstract

A fibre optic phase analysis light scattering system has been successfully constructed in the School of Applied Physics' laboratory, University of South Australia. Its capability in measuring electrophoretic mobility of colloid particles was tested by comparing PALS with a commercial microelectrophoresis system Rank Brothers Mark II. PALS was proven to be more sensitive compared to that of Rank Brothers Mark II, especially for the measurement of electrophoretic mobility of colloid particles in nonpolar solvents. In this case Rank Brothers Mark II was not able to detect the electrophoretic mobility. On the other hand, both systems showed similar performance for the measurement of electrophoretic mobility in polar solvent such as water.

Key words: PALS, electrophoretic, nonpolar solvent

PENDAHULUAN

Sudah bukan rahasia lagi bila partikel koloid dilarutkan ke dalam pelarut yang bersifat nonpolar, maka partikel tersebut hanya akan sedikit mendapatkan muatan permukaan. Hal ini disebabkan karena konstanta dielektrik dari bahan pelarut nonpolar sangat kecil. Oleh karena itu gerak partikel tersebut di dalam larutan di bawah pengaruh medan listrik juga akan relatif lambat. Sebagai akibatnya mobilitas partikel di dalam larutan sulit dideteksi.

Secara konvensional mobilitas partikel ditentukan dengan *microelectrophoresis*. Penentuan mobilitas dengan teknik ini bersandar pada penentuan kecepatan gerak partikel. Sedang penentuan kecepatan gerak tergantung pada ketelitian stopwatch yang dipergunakan untuk mengukur waktu dan ketajaman mata melihat gerak partikel.

Miller di awal tahun 1990-an memperkenalkan teknik hamburan cahaya untuk menentukan mobilitas partikel koloid yang bermuatan (Miller 1990, 1991, 1992). Teknik

ini tidak memerlukan stopwatch dan mata yang tajam untuk mengamati gerakan partikel. Penentuan mobilitas tidak didasarkan atas pengukuran waktu lamanya partikel bergerak untuk melintasi jarak tertentu, tetapi didasarkan atas pengamatan perubahan fase cahaya terhambur yang disebabkan gerakan partikel dibandingkan dengan fase cahaya datang. Sebuah partikel yang berada pada posisi tertentu akan menghamburkan cahaya dengan fase tertentu. Bila dia kemudian bergerak dan berubah posisinya, maka dia akan menghamburkan cahaya dengan fase yang tertentu pula dan berbeda dengan fase awal. Perubahan fase ini sebanding dengan perubahan posisi. Oleh karena itu, perubahan fase sebagai fungsi waktu akan sebanding dengan perubahan posisi sebagai fungsi waktu atau kecepatan gerak partikel, yang pada gilirannya dapat dipergunakan untuk menentukan mobilitas partikel yang diamati. Perangkat keras Phase Analysis Light Scattering (PALS) untuk keperluan di atas pertama kali di buat oleh Miller di University of Bristol, Inggris (Miller 1990) dan modifikasinya dengan menggunakan fiber optik sebagai pengganti teleskop telah berhasil dibuat oleh Suparno di Australia (Suparno, 2000). Penggunaan fiber optik dalam perangkat hamburan cahaya yang lain telah dilakukan sebelumnya oleh Suparno, 1994 dan oleh banyak peneliti lain (Dhadwal, HS dan Chu, B., 1989; Thomas, JC, 1989; dan Ricka, J, 1993).

Teknik baru ini memiliki sensitifitas yang sangat tinggi, sehingga dapat dipergunakan untuk menentukan mobilitas partikel koloid yang dilarutkan ke dalam pelarut nonpolar. Alat ini telah diuji dengan jalan dipergunakan untuk menentukan mobilitas partikel *latex* yang terlarut di dalam air dan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat komersial *microelectrophoresis*, Rank Brothers Mark II. Begitu pula alat ini telah dipergunakan untuk menentukan potensial zeta, besaran yang ekuivalen dengan mobilitas, dari titania (TiO_2) yang dilarutkan ke dalam larutan Kalium Klorida (KCl) 1mM dan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan Rank Brothers Mark II. Mobilitas partikel dalam beberapa pelarut nonpolar yang tidak bisa

diukur dengan menggunakan Rank Brothers Mark II juga telah dilakukan.

KAJIAN PUSTAKA

Penentuan Mobilitas Secara Konvensional

Secara konvensional dengan teknik *microelectrophoresis* mobilitas partikel koloid yang bermuatan ditentukan dengan mengukur waktu gerak partikel untuk melintasi jarak tertentu. Dengan asumsi bahwa partikel bergerak lurus beraturan maka dari sini dapat ditentukan kecepatannya. Oleh karena itu pengukuran waktu harus dilakukan pada saat telah terjadi kesetimbangan antara gaya listrik yang diberikan oleh kedua elektroda dengan gaya gesek larutan. Kecepatan partikel inilah yang akhirnya dipergunakan untuk menentukan mobilitas dengan menggunakan persamaan berikut (Shaw, DJ, Hiemenz, PC dan Rajagopalan, R):

$$v = \mu E. \dots\dots\dots 1$$

dengan v = kecepatan partikel, μ = mobilitas partikel dan E = kuat medan listrik diantara kedua elektroda

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa mobilitas partikel sebanding dengan kecepatan. Untuk meningkatkan mobilitas dapat dilakukan dengan cara menaikkan kuat medan listrik yang berarti menaikkan tegangan terpasang hingga mencapai 20kV. Akan tetapi hal ini berpotensi untuk menimbulkan bahaya kepada peneliti yang menggunakan alat tersebut. Peningkatan kuat medan listrik dapat juga dilakukan dengan mendekatkan jarak antara kedua elektroda, akan tetapi hal ini akan mempersingkat waktu pengamatan dengan resiko semakin kurang akurat. Disamping itu pada saat jarak kedua elektroda yang sangat dekat dengan tegangan yang demikian tinggi kemungkinan akan terjadinya loncatan api diantara kedua elektroda akan berbahaya dan mengganggu berjalannya proses pengamatan.

Mobilitas partikel koloid yang bergerak karena proses elektroforesis dapat dikonversi menjadi potensial zeta menurut model *Helmholtz-Smoluchowski* dengan menggunakan

persamaan berikut (Shaw, DJ, Hiemenz, PC dan Rajagopalan, R):

$$\zeta = \frac{\eta\mu}{\epsilon} \dots\dots\dots 2$$

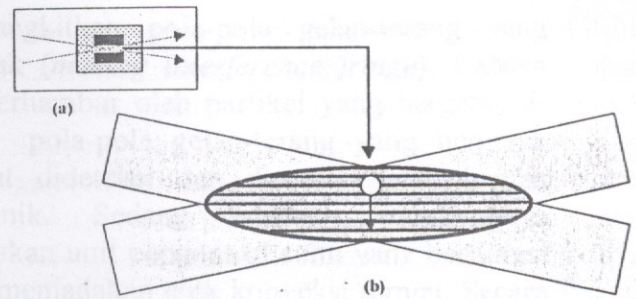
dengan ζ = potensial zeta, μ = mobilitas, η = viskositas larutan dan ϵ = permittivitas (dielektrik konstan)

Penentuan Mobilitas dengan Menganalisa Perubahan Fase

Dalam dunia karakterisasi partikel teknik hamburan cahaya sudah bukan merupakan teknik yang asing bagi para peneliti yang berkecimpung di bidang tersebut. Mulai dari bentuk, ukuran dan muatan partikel dapat ditentukan dengan menggunakan teknik ini. Teknik hamburan cahaya juga memanfaatkan kemajuan teknologi di bidang fiber optik. Fiber optik ini biasanya dimanfaatkan dalam proses miniaturisasi apparatus hamburan cahaya sehingga menghasilkan perangkat hamburan cahaya yang kompak (compact), portable, dengan mempertahankan kehandalannya.

Teori Hamburan Cahaya untuk Menentukan Mobilitas Elektroforesis

Kenyataan menunjukkan bahwa sebuah partikel diam yang berada ditengah-tengah pola-pola interferensi gelap terang yang bergerak akan menghamburkan cahaya dengan fase yang sedikit berbeda dibandingkan dengan fase cahaya datang. Bila partikel pindah dari satu posisi ke posisi yang lain maka pada posisi baru partikel tersebut akan menghamburkan cahaya dengan fase yang berbeda dibanding dengan pada posisi awal. Pergeseran fase ini berhubungan langsung dengan posisi partikel di dalam pola interferensi gelap terang. Oleh karena itu perubahan pergeseran fase per satuan waktu dapat dihubungkan dengan perubahan posisi partikel terhadap waktu atau biasa kita kenal dengan kecepatan. Dengan menentukan besar kecepatan partikel dapat ditentukan pula mobilitas partikelnya. Di bawah ini akan diuraikan cara penentuan mobilitas berdasarkan teori Miller (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Sebuah partikel melintasi pola-pola gelap terang di daerah hamburan.

Katakan ada sebuah partikel koloid yang pada saat $t = 0$ berada pada posisi $x(0) = 0$. Partikel ini kemudian bergerak melintasi pola gelap terang dan pada saat $t = t$ dia berada pada posisi $x(t)$. Apabila pergeseran fase cahaya terhambur dari cahaya datang pada saat $t = 0$ adalah ϕ_0 dan pada saat $t = t$ adalah ϕ_t maka perubahan pergeseran fase yang terjadi akibat perpindahan itu adalah:

$$\begin{aligned} \phi_t - \phi_0 &= q(x(t) - x(0)) \\ &= qx(t). \end{aligned} \dots\dots\dots 3$$

Secara umum perubahan pergeseran fase per satuan waktu dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = q \left\{ \frac{dx_d(t)}{dt} + \frac{dx_e(t)}{dt} + \frac{dx_c(t)}{dt} \right\} \dots\dots\dots 4$$

dengan d , e dan t merupakan notasi tambahan yang menunjukkan adanya kontribusi gerak partikel yang disebabkan oleh difusi, elektroforesis dan konveksi termal.

Bila gerak partikel yang diamati hanya disebabkan oleh proses elektroforesis saja maka:

$$\begin{aligned} \frac{d\phi(t)}{dt} &= q \frac{dx_e(t)}{dt} \dots\dots\dots 5 \\ &= q\mu E(t). \end{aligned}$$

Lebih jauh lagi, bila medan listrik yang dipergunakan adalah medan listrik sinusoidal, dengan $E(t) = E_0 \sin(\omega t + \phi)$ maka perubahan pergeseran fase per satuan waktunya dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = q\mu E_0 \sin(\omega_E t + \phi). \dots\dots 6$$

Disini E_0 adalah amplitudo kuat medan listrik. Bila diperkenalkan satu besaran baru *Perubahan Fase Berbobot Amplitudo*, δQ didefinisikan sebagai

$$\delta Q = A(t)\delta\phi, \dots\dots\dots 7$$

maka integrasi temporal dari *Perubahan Fase Berbobot Amplitudo* di atas akan memberikan *Perbedaan Fase Berbobot Amplitudo* atau *Amplitude-Weighted Phase Difference* (AWPD)(Miller, 1990) :

$$\begin{aligned} Q(t) - Q(0) &= \int_0^t A(t) \frac{d\phi(t)}{dt} dt \dots\dots 8 \\ &= \int_0^t A(t) q\mu E_0 \sin(\omega_E t + \phi) dt. \end{aligned}$$

Nilai rerata AWPD selama kurun waktu tertentu, t adalah :

$$\begin{aligned} \langle Q(t) - Q(0) \rangle &= \langle A \rangle q\mu E_0 \int_0^t \sin(\omega_E t + \phi) dt \dots\dots 9 \\ &= \langle A \rangle q\mu E_0 (\cos\phi - \cos(\omega_E t + \phi)) / \omega_E. \end{aligned}$$

Karena sifat gerak difusi yang random, maka kontribusinya terhadap gerak partikel selama selang waktu tertentu dapat dianggap sama dengan nol. Bila ternyata gerak partikel juga mendapat sumbangan dari gerak sebagai akibat konveksi termal, maka secara keseluruhan AWPD dapat dinyatakan sebagai (Miller 1990)

$$\langle Q(t) - Q(0) \rangle = \langle A \rangle q \{ v_t + \mu E_0 (\cos\phi - \cos(\omega_E t + \phi)) / \omega_E \} \dots\dots\dots 10$$

dengan v_t sumbangan dari konveksi termal terhadap kecepatan partikel.

Instrumentasi Hamburan Cahaya Berbasis Analisa Perubahan Fase

Sistem hamburan cahaya berbasis analisa perubahan fase ini terdiri dari tiga bagian penting. Ketiga bagian penting itu adalah bagian optik, bagian elektronik dan bagian pendukung. Bagian optik di desain untuk

membangkitkan pola-pola gelap-terang yang bergerak (*moving interference fringe*). Cahaya yang terhambur oleh partikel yang bergerak di dalam pola-pola gelap-terang yang bergerak tersebut dideteksi dan dianalisa oleh bagian elektronik. Sedang bagian pendukungnya merupakan unit pengontrol suhu yang berfungsi untuk meniadakan efek konveksi termal. Secara detail instrumentasi hamburan cahaya berbasis analisa perubahan fase untuk menentukan mobilitas partikel koloid ini dapat dibaca dalam literatur (Suparno, 2000).

Perbandingan Microelectrophoresis dengan Hamburan Cahaya Berbasis Analisa Perubahan Fase

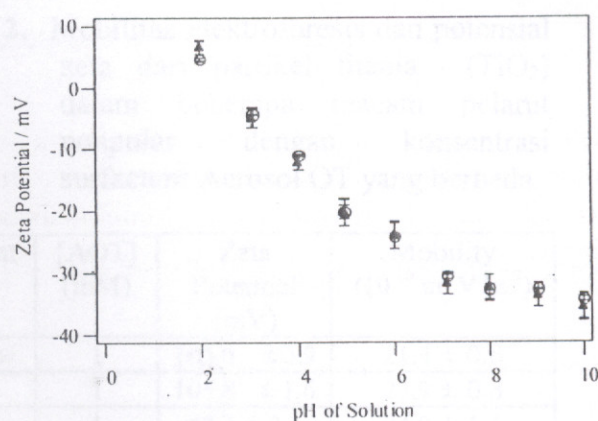
Partikel *polystyrene latex* yang berbentuk bola dengan diameter 502 nm telah dipilih sebagai sampel partikel koloid yang akan diamati mobilitasnya dengan menggunakan kedua teknik yakni Microelectrophoresis dengan Hamburan Cahaya Berbasis Analisa Perubahan Fase. Partikel *polystyrene latex* ini dilarutkan ke dalam Kalium Klorida 1 mM dengan pH 10,0. Sampel yang dipergunakan dalam penelitian dengan menggunakan teknik yang berbeda ini diambil dari stok yang sama, oleh karenanya diharapkan akan mendapatkan hasil yang sama. Hasil penentuan mobilitas partikel *polystyrene latex* di dalam KCl 1 mM dengan pH 10,0 dengan menggunakan kedua teknik ini disajikan dalam bentuk tabel dalam Tabel 1.

Table 1. Perbandingan antara microelectrophoresis dan hamburan cahaya berbasis analisa fase dalam penentuan mobilitas partikel *polystyrene latex* di dalam larutan KCl 1mM dengan pH 10,0.

Hari	Sistem Hamburan Cahaya Mobilitas ($10^{-8} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	Rank Brothers Mobilitas ($10^{-8} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
1	(-4.23 ± 0.08)	(-4.26 ± 0.38)
2	(-3.99 ± 0.05)	(-4.04 ± 0.11)
3	(-4.02 ± 0.07)	(-3.93 ± 0.37)

Ketepatan pengukuran mobilitas dengan menggunakan sistem hamburan cahaya telah diuji dengan menggunakan sistem microelectrophoresis komersial (Rank Brothers, Mark II). Kedua sistem itu telah dipergunakan untuk menentukan mobilitas partikel polystyrene latex yang berdiameter 502 nm (Duke Scientific Corporation, catalog number 3500A) secara simultan. Partikel-partikel polystyrene latex di atas disuspensikan ke dalam Kalium Klorida 1mM yang dilarutkan di dalam air yang telah dimurnikan dengan pH 10,0. Pengukuran dilakukan dalam tiga hari berurutan. Setiap poin data dalam kolom Sistem Hamburan Cahaya adalah rata-rata dari 3 set pengamatan yang masing-masing set-nya merupakan rata-rata dari 5 kali pengukuran. Sedangkan setiap poin data dalam kolom Rank Brothers adalah rata-rata dari 3 set pengamatan dan masing-masing set-nya merupakan rata-rata dari 20 pengukuran. Mobilitas partikel ditentukan dengan menggunakan model *Helmholtz-Smoluchowski*.

Seperti terlihat dalam Tabel 1 kedua sistem menunjukkan tingkat kesamaan yang sangat tinggi. Penurunan mobilitas terhadap waktu barangkali disebabkan oleh adanya reaksi kimia antara larutan ber-pH tinggi ini dengan bahan penyusun gelas kaca (seperti *silika*, SiO_2) yang menyebabkan terjadinya perubahan muatan permukaan partikel. Perlu dicatat bahwa deviasi standar dari data hasil pengukuran dengan menggunakan Rank Brothers (~10%) jauh lebih tinggi dibanding dengan menggunakan hamburan cahaya (~2%). Hal ini disebabkan oleh pengukuran waktu yang dilakukan secara manual dalam sistem Rank Brothers, sehingga berpengaruh juga pada penentuan kecepatan partikel dan mobilitasnya. Sedangkan penentuan mobilitas dengan menggunakan sistem hamburan cahaya dilakukan secara otomatis dan memakan waktu yang jauh lebih singkat (~ 2,5 menit untuk 1 set pengamatan yang merupakan rata-rata dari 5 kali pengukuran) dibanding dengan menggunakan sistem Rank Brothers (~ 15 menit untuk 1 set pengukuran yang terdiri dari 20 pengamatan).



Gambar 2. Potensial zeta dari partikel titania sebagai fungsi pH di dalam larutan Kalium Klorida 1 mM (Δ): Sistem Microelectrophoresis Rank Brothers dan (\circ): Sistem Hamburan Cahaya Fiber Optik.

Kehandalan hamburan cahaya juga telah diuji dengan Rank Brothers untuk menentukan titik isoelektrik (isoelectric point) dari partikel titanium dioksida (TiO_2) yang dilarutkan dalam Kalium Klorida, (KCl) 1mM. Titik isoelektrik menunjukkan besar pH larutan dimana partikel koloid yang terlarut di dalamnya bermuatan nol sehingga tidak dipengaruhi oleh medan listrik yang terpasang. Pengukuran potensial zeta, yang dapat dikoversi menjadi mobilitas partikel menurut Persamaan 2, telah dilakukan pada pH larutan antara 10 – 2 dan hasilnya dimuat dalam Gambar 2. Hasil eksperimen dengan menggunakan kedua sistem tersebut menunjukkan kesesuaian yang sangat tinggi, meskipun terjadi pergeseran titik isoelektrik dari nilai yang diharapkan yakni pada pH 4,5. Pergeseran ini barangkali disebabkan oleh terjadinya kontaminasi terhadap sample. Adanya kontaminan silika yang memiliki titik isoelektrik sekitar 2,0 akan menurunkan titik isoelektrik dari larutan titania. Seperti yang telah ditunjukkan oleh Losoi kehadiran 4,5 % silika pada proses coating titania dengan silika akan menurunkan titik isoelektrik dari sekitar pH 4,5 menjadi pH 2,1. Hal yang sama telah ditunjukkan oleh Gutch. Lebih jauh lagi, Gutch juga menunjukkan titik isoelektrik titania bergeser ke atas dari pH 4,5 menjadi 7,0 bila titania terkontaminasi oleh Kalsium (Ca).

Pengukuran mobilitas terhadap polystyrene latex yang berdiameter 305 nm (Duke Scientific Corporation, catalog number 3300A) yang dilarutkan dalam KCl 1 mM pada pH 10,0 juga telah dilakukan dengan menggunakan sistem hamburan cahaya. Rata-rata hasil pengukuran menunjukkan bahwa mobilitas partikel tersebut adalah $3.95 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Angka ini hanya berbeda 2% dari hasil yang telah dipublikasikan (Miller, 1995) dengan sampel yang serupa.

Penentuan mobilitas partikel dalam beberapa pelarut nonpolar

Sistem *microelectrophoresis* tidak dapat lagi dipergunakan untuk menentukan mobilitas atau potensial zeta dari partikel titania yang dilarutkan dalam pelarut nonpolar, karena kecilnya mobilitas partikel (1-3 orde lebih kecil). Untuk itu penentuan mobilitas partikel titania dalam beberapa pelarut nonpolar seperti xylene, benzene, and hexane telah dilakukan dengan menggunakan sistem hamburan cahaya. Ke dalam larutan ditambahkan 1 mM dan 5 mM surfactant Aerosol OT sebagai bahan pemberi muatan dan hasilnya ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa partikel titania di dalam ketiga bahan pelarut di atas bermuatan positif dalam dua konsentrasi surfactant Aerosol OT yang berbeda yakni 1 mM dan 5 mM. Kelompok peneliti lain juga menunjukkan adanya titania yang bermuatan positif ketika dilarutkan dalam xylene dan cyclohexane yang mengandung Aerosol OT (McGown, DNL dkk dan Kitahara, A dkk). Begitu juga Tamaribuchi dan Smith telah menunjukkan bahwa titania bermuatan positif dalam benzene yang mengandung methyl vinyl pyridine (MVP). Tabel 2 juga menunjukkan bahwa mobilitas elektroforesis partikel titania di dalam pelarut benzene naik secara signifikan dengan kenaikan konsentrasi Aerosol OT. Akan tetapi, di dalam pelarut xylene dan hexane mobilitasnya sedikit turun dengan kenaikan konsentrasi surfactant Aerosol OT. Penurunan mobilitas partikel titania di dalam xylene dengan bertambahnya konsentrasi Aerosol OT juga pernah diamati oleh McGown dkk.

Table 2. Mobilitas elektroforesis dan potensial zeta dari partikel titania (TiO_2) dalam beberapa macam pelarut nonpolar dengan konsentrasi surfactant Aerosol OT yang berbeda.

Solvent	[AOT] (mM)	Zeta Potential (mV)	Mobility ($10^{-10} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
Benzene	1	103.0 \pm 3.9	21.4 \pm 0.8
Xylene	1	105.8 \pm 1.6	23.9 \pm 0.3
Hexane	1	69.2 \pm 3.1	24.9 \pm 1.1
Benzene	5	121.6 \pm 4.0	25.2 \pm 0.8
Xylene	5	94.7 \pm 2.4	21.2 \pm 0.5
Hexane	5	64.3 \pm 3.5	23.1 \pm 1.3

SIMPULAN

Sistem hamburan cahaya fiber optik untuk menentukan mobilitas elektroforesis dalam pelarut nonpolar telah berhasil dibuat dan diuji keandalannya. Seperti generasi awal buatan Miller, alat ini menggunakan analisa perubahan fase cahaya terhambur dalam menentukan mobilitas partikel.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Prof. John C. Thomas yang telah memberi kami kesempatan untuk terlibat dalam penelitian ini. Begitu pula terima kasih kami sampaikan kepada Dr. Roland Keir yang telah ikut mengawasi jalannya penelitian. Yang terakhir terima kasih kepada University of South Australia yang telah menyediakan berbagai fasilitas demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhadwal, HS dan Chu, B. (1989), *A fiber optic light scattering spectrometer*, Instrum. 60(5), 845-853.
- Heimenz, PC dan Rajagopalan, R. (1997), *Principles of Colloid and Surface Science*, New York: Marcel Dekker.
- Kitahara, A, Satoh, T, Kawasaki, S, dan Konno, K (1982), *Micelle formation in nonaqueous media*, J. Colloid and Interface Science, 86, 105-110.

- McGown, D. N. L., Parfitt, G.D., and Willis, E. (1965), *Electrophoretic mobility of titania particles in nonaqueous media*, *J. Colloid. Science.*, 20, 650-664.
- Miller, J. F. 1990, *The Determination of Very Small Electrophoretic Mobilities of Dispersions in Nonpolar Media Using Phase Analysis Light Scattering*, Thesis PhD yang tidak dipublikasikan oleh University of Bristol.
- Miller, J. F., Schätzel, K., and Vincent, B. (1991), *Principles and Theory of Phase Analysis Light Scattering for electrophoretic mobility determination*, *J. Colloid and Interface Science*, 143, 532-554.
- Miller, J. F. (1992), *Electrophoretic mobility of various colloidal particles in nonaqueous media*, *J. Colloid and Interface Science*, 153, 266-271.
- Miller, J. F., Velez, O., Wu, S. C. C., and Ploehn, H. J. (1995), *Investigation on electrophoretic mobility of colloidal particles in both aqueous and nonaqueous media*, *J.Coll. Int. Sci.*, 174, 490-499.
- Ricka, J. (1993), *Dynamic light scattering with singlemode and multimode receivers*, *Applied Optics*, 32(15), 2860-2875.
- Shaw, DJ (1969), *Electrophoresis*, New York: Academic Press.
- Suparno (2000), *Charging behaviour in a nonpolar colloidal system*, Thesis PhD yang tidak dipublikasikan oleh University of South Australia
- Suparno (1994), *A Fibre Optic Light Scattering System*, Masters Thesis, University of South Australia.
- Suparno (1994), Deurloo, K., Stamatelopoulos, P., Srivatsva, R., and Thomas, J.C. , *Single-mode fibre optic collimators*, *Applied Optics*, 33, 30, 7200-7205.
- Thomas, JC (1989), *Fiber optic dynamic light scattering from concentrated dispersions*, *Langmuir*, 5, 1350-1355.
- Van der Gutch, J., *The Colloidal stability of the silica and titania: An experimental investigation*, Training report yang tidak dipublikasikan oleh University of South Australia