



Penentuan Jenis Muatan Sel Darah Merah melalui Metode Dielektroporesis

Nuri¹, Bijanto², Ellen Proborini³, Eko Hari Racmawanto⁴

STT Pati, Pati, Indonesia^{1,2,3}, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia⁴

nurisaja@sttp.ac.id^{1,*}, bijanto@sttp.ac.id², ellena@sttp.ac.id³, eko.hari@dsn.dinus.ac.id⁴

^{*)}Corresponding author

Keywords:

Muatan Listrik; Sel Darah Merah; Dielektroforesis

ABSTRACT

Jenis muatan sel darah merah penting untuk diketahui guna mengetahui pengaruhnya terhadap induksi magnet yang dihasilkan oleh alat-alat elektronika di sekitar kita. Dalam penelitian ini telah didapatkan jenis muatan sel darah merah dengan metode dielektroforesis dengan bantuan mikroskop cahaya perbesaran 1000 kali. Sumber tegangan DC digunakan sebagai pembangkit medan listrik pada kedua elektroda tak sejenis. Besarnya nilai mobilitas didapatkan melalui pendekatan teoretis dan pengamatan menggunakan mikroskop. Tegangan elektroda diperankan sebagai variabel bebas dalam satuan (volt), dan kecepatan sel sebagai variabel terikat dalam satuan (m/s). Berdasarkan data eksperimen didapatkan bahwa pada rentang 4V-12V sel melaju dengan kecepatan $(198 - 1584) \times 10^{-4}$ m/s. Berdasarkan semua data menunjukkan bahwa sel darah merah menuju arah anoda bermuatan positif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sel darah merah merupakan partikel bermuatan negatif dengan kelajuan bertambah seiring pertambahan nilai tegangan.

PENDAHULUAN

Salah satu hal penting dalam elektromagnetisme dari sudut pandang makroskopik adalah bagaimana mendeskripsikan gerak partikel bermuatan dalam pengaruh medan listrik **E**. Efek medan listrik **E** terhadap gerak partikel bermuatan memiliki aplikasi dalam perancangan jenis muatan partikel yang memiliki energi. Muatan partikel tersebut mempengaruhi Devais partikel yang banyak digunakan dalam studi reaksi pada fisika nuklir dan pada fisika energi tinggi. Aplikasi luas lainnya dalam bidang astrofisika, geofisika, fisika, plasma, magnetohidrodinamika, studi reaksi termonuklir (Wangsness, 1986).

Metode elektroforesis yang digunakan untuk pemisahan fragmen DNA dari sel-sel bermuatan dilakukan dengan memberi pewarna untuk memvisualisasikan mobilitas sel tersebut, seperti yang telah dilakukan pada penelitian (Pei Yun Lee dkk. 2012). Setelah pemisahan, molekul DNA dapat divisualisasikan di bawah sinar uv setelah pewarnaan dengan pewarna yang sesuai. Namun pada penelitian ini visualisasi dilakukan menggunakan tayangan video, sehingga tampak lebih praktis dan lebih jelas.

Dikuatkan oleh Maryuningsih dkk. (2019) yang menyatakan bahwa laboratorium virtual elektroforesis gel dapat digunakan sebagai pengganti praktikum real dan laboratorium virtual ini dapat meningkatkan rerata nilai laporan praktikum siswa sehingga siswa memahami secara utuh bagaimana teknik pemisahan DNA dan pengukuran fragmen DNA seperti praktikum real pada lab riset. Maka pada penelitian ini dilakukan metoda elektroforesis menggunakan kamera mikroskop untuk mendapatkan visualisasi gerak partikel bermuatan, baik segi posisi dan arah kecepatannya, dalam pengaruh medan listrik **E** untuk mengetahui jenis muatan sel tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan jenis muatan sel darah merah ayam jantan melalui metode diektroporesis. Pendekatan yang gunakan adalah pendekatan robinson dalam penjelasan hubungan laju terhadap tegangan listrik yakni masing-masing dalam ms^{-1} dan volt, dituliskan dalam Persamaan (1) (Azam dkk, 2010).

$$u \sim v \sim I^{1/2} \quad (1)$$

Untuk mendapatkan kaitan antara tegangan, mobilitas sel, dan kecepatan sel diperoleh dengan menggunakan teori gas-elektron bahwa elektron-elektron mendapatkan suatu kecepatan hanyut rata-rata dengan cara yang praktis serupa dengan partikel bermuatan yang bergerak dalam cairan atau gas pada arah tertentu. Kecepatan hanyut (*drift velocity*) DV sebanding dengan kuat medan listrik (Nur dkk, 2012).

KAJIAN PUSTAKA

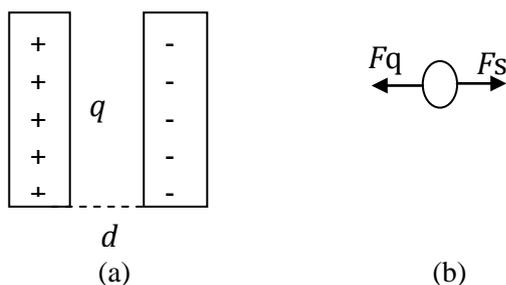
Darah merupakan cairan heterogen yang mengandung suspensi sel-sel darah yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit, di dalam cairan plasma yang tersusun atas air, protein, ion-ion dan mineral (Irawati, 2010). Pola protein dapat digunakan untuk membedakan spesies, populasi secara tepat apabila tidak dapat menggunakan pengamatan melalui morfologis saja. Fenomena ini pula yang menyebabkan metode elektroforesis banyak dilakukan untuk pengamatan taksonomi, sistematik dan genetik serta untuk mengidentifikasi spesies hewan maupun tumbuhan (Pratiwi, 2001). Sel darah secara umum berkaitan dengan transportasi komponen di dalam tubuh seperti nutrisi, oksigen, karbondioksida, metabolisme, hormon dan kelenjar endokrin, panas dan imun tubuh (Dutta, Beskok, dan Warburton, 2013). Penelitian sebelumnya, dilakukan perlakuan sel biologis oleh dua elektroda bertegangan listrik, telah ditemukan bahwa sel biologis dapat dipengaruhi medan listrik (Rizka, 2007). Hal tersebut sama dengan penelitian Abidin, Baik, dan Hafifudin (2008) yang menyatakan bahwa semakin besar medan listrik yang diberikan maka semakin banyak sel yang berpindah. Kecepatan sel yang bergerak dalam medan disebut sebagai kecepatan hanyut (*drift velocity*), nilai kecepatan hanyut sebanding dengan kuat medan listrik dan konstanta mobilitas sel (Nur dkk., 2012), Metode yang dipakai dalam penelitian lain adalah metoda dielektroforesis, yakni pemisahan muatan menggunakan dielektroda (Azam dkk, 2010). Gaya dielektroforesis terjadi ketika sel darah merah ayam berada dalam medan tak seragam akan menyebabkan terjadinya polarisasi (pemisahan muatan) dalam sel. Interaksi momen dipol listrik induksi dengan medan listrik menimbulkan sebuah gaya dorong pada sel yang sebanding dengan gradien medan listrik kuadrat (Azam dan Arif, 2002).

Suhu lingkungan dan tekanan atmosfer menjadi variabel kontrol pada suhu 35°C dan tekanan 1 atm. Pengaruh gaya berat sel dalam artikel ini dapat diabaikan, karena gaya berat sel diimbangi dengan gaya elektrostatis antar dinding aliran sel, seperti yang diungkapkan oleh Perry dan Kandlikar (2014).

Kuat medan (E)

Konstanta mobilitas (μ)

Sel darah bergerak antar elektroda positif dan negatif melalui medium cair. Sel darah diasumsikan partikel koloid yang mengalir dalam fluida. Dalam alirannya laju sel akan mengalami gaya stoke fluida.



Gambar 1. (a) Keping Sejajar dan (b) Gerak Muatan Listrik dan Gaya Stoke

Dalam teori keping sejajar (Gambar 1(a)), sebuah muatan yang bergerak akibat kuat medan listrik E akan bergerak dengan gaya Fq . Menghasilkan kecepatan hanyut sel v , dengan percepatan a , pada saat yang sama gerak ini akan dilawan oleh gaya stoke F_s (Gambar 1(b)), sehingga mengalami kecepatan termal tanpa percepatan. Dalam keadaan ini berlaku $Fq = F_s$.

Kuat medan E yang konstan dan medium yang homogen maka kecepatan rata-rata hanyut sel yang konstan yang disebut *drift velocity* dituliskan dalam Persamaan (2) (Povidon iodum, academia.edu. 2013).

$$v = \mu \cdot E \tag{2}$$

Hubungan kuat medan E terhadap beda potensial elektroda dirumuskan $E = v/d$. maka untuk E total yang dialami muatan adalah $2E$, hal ini terjadi karena arah dan nilainya sama besar. Sehingga hubungan antara kuat medan dan tegangan menjadi $E = \frac{V}{d}$ dengan substitusi kuat medan E sehingga menjadi Persamaan (3).

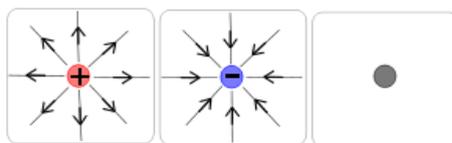
$$v = \mu \frac{V}{d} \tag{3}$$

Gaya stoke

Hukum stoke's. Hukum stoke's berdasarkan jatuhnya benda melalui medium zat cair. Benda bulat dengan radius r dan rapt d , yang jatuh karena gaya gravitasi. Benda yang bergerak dalam medium ada gaya gesek. Semakin tinggi viskositas suatu sediaan maka daya alirnya semakin turun. Karena viskositas berbanding terbalik dengan daya alir (Sukarjo, 1990).

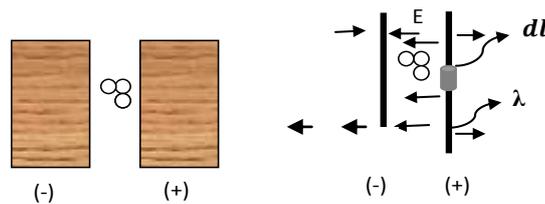
Gaya Elektrostatik

Medan listrik adalah efek yang ditimbulkan oleh keberadaan muatan listrik, seperti elektron, ion, atau proton, dalam ruangan yang di sekitarnya (Gambar 2). Medan listrik memiliki satuan N/C atau dibaca Newton/Coulomb. Maka, medan listrik bergantung pada posisi. Suatu medan, merupakan sebuah vektor yang bergantung pada vektor lainnya. Muatan listrik dapat bernilai negatif, nol (tidak terdapat muatan atau jumlah satuan muatan positif dan negatif sama) dan positif. Nilai muatan ini akan mempengaruhi perhitungan medan listrik.



Gambar 2. Garis-Garis Medan Listrik

Medan listrik tidak bergantung jarak, artinya dititik dekat atau jauh dari keping kuat medannya sama. Hal ini ini disebabkan keping yang sangat luas. Kuat medan E , bergerak tegak lurus permukaan keping dengan simbol \hat{n} . Dalam percobaan ini letak sel bermuatan berada tegak-lurus dengan ketebalan elektroda, sehingga medan yang memengaruhinya keluar dari penampang tebal elektroda berupa garis lurus (Gambar 3). Dengan rapat muatan λ , dan elemen panjang dl .



Gambar 3. Ilustrasi sel darah diantara elektroda

Rapat muatan elektroda (-) adalah $-\lambda$ dan pada elektroda (+) adalah $+\lambda$. Sedangkan kuat medan di luar keping adalah saling meniadakan sehingga bernilai nol. Kuat medan diantara kedua keping adalah searah sehingga dijumlahkan, sehingga resultan kuat medan listriknya dapat dilihat pada Persamaan (4) (Griffiths, 1989).

$$E = 2 \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \hat{n} \quad (4)$$

Arah dan Kecepatan hanyut

Pengaruh gaya F pada muatan sel darah ($-Q$) dalam vakum dengan pengaruh E adalah $F = (-QE)$. Karena tidak ada gaya yang melawannya, menghasilkan percepatan yang konstan. Apabila muatan berada pada medium yang tak homogen maka akan terjadi gerak acak akibat bertumbukan dengan mediumnya. Namun bila medium homogen dan medan listrik dijaga konstan maka gerakan acak akan saling meniadakan hingga hanya ada kecepatan rata-rata yang konstan (Edminister, 1997). Arah pergerakan sel menunjukkan jenis muatan pembawanya. Muatan sel mempunyai muatan listrik negatif. Nofiyanti (2017) menyatakan bahwa jika partikel tersebut bergerak menarik atau tertarik pada anoda, dan bernilai positif jika menjauhi anoda. Kecepatan hanyut tergantung pada kuat medan $U = \mu E$ dengan μ adalah mobilitas dengan satuan $m^2/V.s$ mobilitas ini dipengaruhi suhu, makin besar suhu maka μ makin berkurang.

METODE PENELITIAN

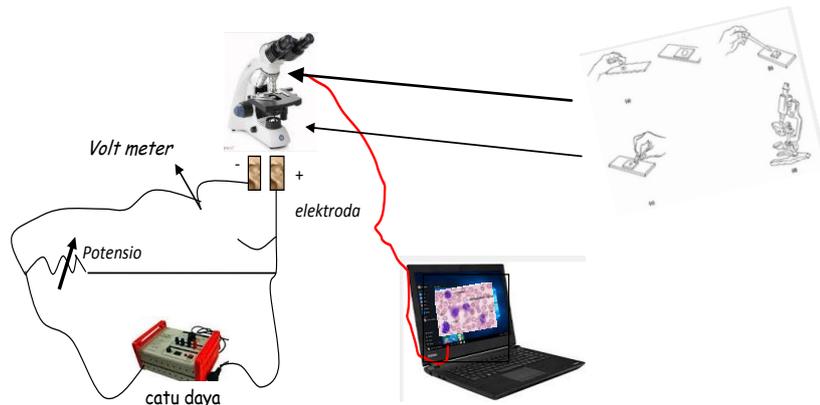
Penelitian dilakukan dengan cara *Scanning* Mikroskopis. Dengan menggunakan bantuan microscop perbesaran 1000kali dengan lensa okuler terdapat camera digital yang terhubung kabel USB pada laptop tampilan diatur sedemikian hingga bayangan tampak jelas dan tampilan layar berukuran 800 x 600pixel.

Perhitungan kecepatan adalah hasil bagi jarak dan waktu tempuh. Jarak tempuh sel pada layar dengan satuan pixel, dan waktunya adalah durasi tayang pada video sel. Pada layar ditampilkan durasi waktu selama pergerakan sel darah.

Arah pergerakan sel darah mengidkasikan jenis muatan. Sumber masukan adalah generator DC, dengan bantuan ptensio sebagai pembagi tegangan agar nilai tegangan dapat divariasikan seperti yang kita inginkan. Ketika arus listrik dialirkan pada elektroda maka akan membangkitkan medan listrik oleh katoda dan anoda, sehingga cenderung menyebabkan kation berpindah menuju kutub tertentu. Jika partikel berpindah menuju anoda bermuatan positif maka partikel tersebut bermuatan negatif. Jika partikel berpindah menuju katoda bermuatan negatif maka partikel tersebut bermuatan positif (Prasetyo dkk, 2014).

Desain

Rencana desain rangkaian dan langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Desain Percobaan

Merangkai alat

- Mengaktifkan mikroskop, dan memastikan konsktivitas camera pada layar laptop
- Mengatur ukuran layar tampilan pada layar
- Mengambil sampel darah menggunakan lanset steril dan meneteskan dara pada diatas
- Meneteskan aquades pada sel darah dan menutupnya dengan kaca penutup preparat
- Memasang preparat pada tempatnya
- Mengatur fokus hingga sel tampak jelas pada layar laptop serta mengatur ukuran layar
- Menyakalan sumber arus dan melakukan rekam video dengan waktu yang telah

Gambar 5. Langkah-Langkah Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pergerakan sel dapat terlihat jelas secara visual pada layar laptop, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Layar Visualisasi

Pada gambar 1 menunjukkan pengaturan layar sumbu X dan Y diatur sesuai keinginan, 300 x 600mm, 400 x 600 mm, agar dapat menampilkan visual gerak sel dengan baik.

Setelah selesai pengaturan dimulai perekaman visual gerak sel ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Visualisasi Pergerakan sel

Pergerakan sel tervisualisasi dengan jelas ditunjukkan pada gambar 2. Pergerakan sel dapat dilihat secara gamblang, jarak dan waktu dapat ditentukan dari ukuran layar sebagai jarak tempuh sel, dan waktu pada rekaman video dapat ditentukan, sehingga dapat dihitung nilai kecepatannya. Berdasarkan eksperimen ini didapatkan hasil hubungan tegangan DC terhadap arah gerak sel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Grafik Hubungan Tegangan DC terhadap Arah Gerak Sel

No	Tegangan (Volt)	Kecepatan (m/s)	Arah
1	2	10,15	Menuju anoda
2	4	12,57	Menuju anoda
3	6	11,00	Menuju anoda
4	8	17,60	Menuju anoda
5	10	12,00	Menuju anoda
6	12	17,60	Menuju anoda

Hasil percobaan didapatkan bahwa semua perubahan tegangan memberi dampak pada gerakan sel pada arah yang sama yaitu menuju anoda. Semakin besar tegangan yang diberikan semakin cepat sel bergerak (Rizka, 2007). Karena muatan sel tersebar dalam cairan dan terdapat pembawa beberapa jenis muatan dengan karakteristik berbeda maka aliran muatan ini lebih cocok disebut sebagai rapat arus (*current density*) J (A/m^2) (Edminister, 1997). Arah sel menuju kutub elektroda negatif menunjukkan bahwa sel memiliki jenis muatan negatif. Senada dengan pernyataan Nofiyanti (2017) bahwa eritrosit mempunyai muatan listrik negatif. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Pasetyo dkk. (2014) yang menyatakan bahwa partikel berpindah menuju katoda bermuatan negatif maka partikel tersebut bermuatan positif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa sel darah dipengaruhi oleh medan listrik dan menuju arah tertentu mendekati anoda yang berarti sel darah merah memiliki muatan negatif. Nilai kelajuan seiring dengan pertambahan nilai tegangan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal., Baik, Awang., dan Hafifudin, Markx. (2008). Factors Affecting Dielec Trophoretic Separation Of Cells Using High-Gradient Electric Field Strength System. *Journal of Engineering Science and Technology*, 3(1), 30–39.
- Azam, Moh., Budi, Wahyu Setia., Pancasakti, Hermin. (2010). Penentuan Konduktivitas Listrik dan Frekuensi Karakteristik Sel Ragi dengan Memanfaatkan Proses Dielektroforesis. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY*, p. 323-327.

- Azam, Much. (2001). Pengaruh Gradien Medan Listrik Terhadap Kecepatan Sel Telur Ikan pada Proses Dielektroforesis. *Berkala Fisika*, 4(3), 53–56.
- Azam, Much., dan Arif, Idham. (2002). Penentuan Permittivitas dan Konduktivitas Sel Telur Ikan dengan Memanfaatkan Proses Dielektroforesis. *Berkala Fisika*, 5(1), 13–16.
- Budi et al. (2019). Manfaat Penerapan Laboratorium Virtual Elektroforesis Gel sebagai Pengganti Praktikum Riil. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 9(1), 48-64.
- Dutta, Prashanta., Beskok, Ali., dan Warburton, Timothy C. (2013). The Concentration Of Erythrocyte, Hemoglobin, And Hematocryte Onmany Kinds Of Local Duck That Were Affected The Addition Of Probioticin Ation. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(3), 1001-1013.
- Edminister. Joseph A. (1997). Teori Dan Soal-Soal Elektromagnetika. Jakarta: Erlangga. p. 65-66.
- Griffiths, D.J. (1989). *Introduction to Electrodynamics*. Second Edition. New Delhi: prentic-Hall of India Private Limited p. 44-281.
- Irawati, L. (2010). Viskositas Darah dan Aspek Medisnya. *Majalah Kedokteran Andalas*, 34(2).
- Nofiyanti, I. (2017). Perbedaan hasil pemeriksaan laju endap darah metode manual dan automatic. *Doctoral Dissertation*. Muhammadiyah University of Semarang.
- Nur, Muhammad., Fadhilah, Ahmad., Suseno, Ahmad., dan Sutanto, Heri. (2012). Mobilitas Ion-Ion Ar+, Oh-, H+, Co2-, O2- dan Laju Aliran Angin Ion dalam Lasma Korona pada Tekanan Atmosfer. *Jurnal Mat Stat*, 12(2), 165-175.
- Pei Yun Lee, John Costumbrado, Chih-Yuan Hsu, and Yong Hoon Kim. (2012). Agarose Gel Electrophoresis for the Separation of DNA Fragments. *J Vis Exp.*, 62, 3923. Published online 2012 Apr 20. doi: 10.3791/3923. PMID: PMC4846332.
- Perry, Jeffrey L., dan Kandlikar, Satish G. (2014). Investigation Of Fouling In Microchannels. *Proceedings Of Icnmm 2006. Fourth International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels*, Limerick, Ireland.
- Prasetyo, A. J., Hidayanto, E., & Arifin, Z. (2014). Pengaruh Beberapa Jenis Elektroda untuk Menentukan Perpindahan Cesium-134 di dalam Tanah Menggunakan Metode Elektrokinetik. *Youngster Physics Journal*, 3(4), 213-220.
- Pratiwi R. (2001). Mengenal Metode Elektroforesis. *Oseana*, 26(1), 25–31.
- Rizka, Ismatu. (2007). *Elektrotasi Sel Telur Lele*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sukarjo (1990). <http://www.academia.edu/download/34103124/betadine.docx>, (dikutip 03 maret 2018).
- Wangness, R.K. (1986). *Electromagnetic Fields*. Second Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.