

Desain Pompa Multi Syringe Untuk Analisa Sistem Alir

Design of Multi Syringe Pump for Flow System Analysis

Tri Mulyono^{*)}, Asnawati dan Umarul Faruq

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember

^{*)}Email: aztrimulyono@yahoo.com

ABSTRACT

The aims of this work were to research: design of the multi syringe pumps, volume consistency of ISAB and the correlation of the PWM to the flow rate of carrier. Pump speed was set by PWM. Controlling the pump speed and time were performed with a computer using Labview software. It was found that based on the time variation of time then the volume of ISAB has a consistency of the injected volume with Kv 0.25% to 2.53% and the rate of carrier based on multi syringe velocity have a good correlation with the regression value of 0.998 and the value of Kv 0.27% to 1.2%.

Keywords : Multi syringe pump, MSFIA methods, PWM

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang analisis menyebabkan munculnya teknik analisa baru yang cepat dan akurat. Teknik analisa yang dikembangkan antara lain adalah analisa sistem alir. Suatu metode analisis yang mulai diterapkan pada tahun 1974 (Hansen dan Ruzicka, 1989). Analisa sistem alir merupakan suatu teknik analisis yang didasarkan pada penginjeksian sampel ke dalam larutan *carrier*/reagen yang kemudian membawa sampel menuju detektor dimana terjadi reaksi kimia yang diinginkan.

Instrumentasi analisa sistem alir paling sedikit terdiri dari empat komponen utama yaitu unit penggerak, unit injeksi, unit transportasi atau reaktor dan detektor. Analisa sampel dengan menggunakan metode FIA ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain pengoprasian sistem yang mudah serta kecepatan dalam menganalisis. Lebih dari itu, dengan menggunakan *flow injection analysis* kontak langsung antara operator dengan reagen dapat diminimalkan, sehingga kontaminasi dengan udara terbuka selama perlakuan relatif kecil dan keakuratan serta ketelitian yang lebih terjamin (Fang, 1993).

Unit penggerak yang berupa pompa merupakan komponen vital pada metode analisa sistem alir (FIA). Pompa merupakan suatu unit yang berfungsi untuk menggerakkan cairan ke unit-unit yang lain dalam analisa sistem alir dengan kecepatan (*flow rate*) yang konstan dan bebas dari denyut atau gangguan

selama aliran berlangsung (*pulse-free*). Unit penggerak yang selama ini digunakan yaitu pompa peristaltik, akan tetapi dalam beberapa faktor pompa ini mempunyai beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan pada pompa peristaltik yaitu pipa elastis yang digunakan untuk mengalirkan larutan, akan mudah rusak atau luka karena sering bergesekan dan tertekan oleh *roller pump* serta harga yang relatif mahal. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pompa alternatif yaitu dengan membuat sistem pompa yang lebih fungsional serta relatif terjangkau. Pompa yang digunakan yaitu pompa *multisyringe*, dimana pompa *multisyringe* ini merupakan varian dari FIA (analisa sistem alir) yang dikembangkan pada tahun 1999. Sistem FIA ini biasa disebut dengan sistem MSFIA (*multisyringe flow injection analysis*) (Estela dan Víctor Cerdà, 1999).

Penelitian ini bertujuan (i) mendesain pompa *multisyringe* pada analisa sistem alir (FIA). (ii) mengetahui korelasi waktu hidup pompa terhadap konsistensi volume ISAB yang terinjeksi. (iii) mengetahui korelasi nilai prosentase kecepatan (PWM) terhadap laju alir *carrier* yang dihasilkan dengan menggunakan metode MSFIA.

METODE

Alat dan Bahan

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: peralatan analitik meliputi;

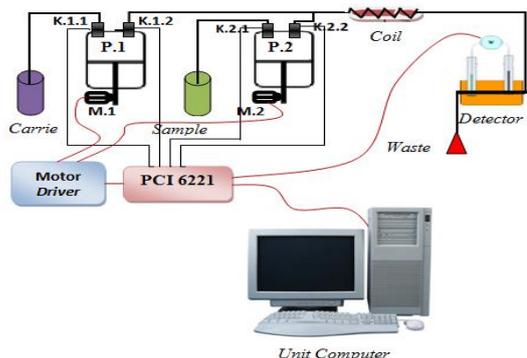
Potensiometer dengan ion selektif elektroda Pb^{2+} (ELIT 8231), pipa 0,76 mm, desain pompa *multisyringe*, software Labview 8TM, kabel penyambung (*hardware* NI DAQ PCI 6221) dan seperangkat komputer. Peralatan gelas meliputi ; gelas ukur, gelas kimia, piknometer 10 mL, labu ukur, pipet *mohr*, pipet tetes, ball pipet, spatula (pengaduk) dan neraca analitik. Peralatan penunjang meliputi ; botol semprot.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $Pb(NO_3)_2$ (Riedel-de' Haen), $NaNO_3$ (BDH), sampel alam (kompos granul hitam) dan aquades.

Desain Pompa *Multisyringe Flow Injection Analysis Potentiometry*

Rangkaian *Multisyringe Flow Injection Analysis Potentiometry* (MSFIA) dibuat berdasarkan metode Calatayud (2003). Desain kerja MSFIA potensiometri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian MSFIA

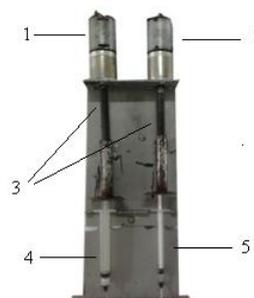
Keterangan :

- P.1 = Pompa 1
- P.2 = Pompa 2
- M.1 = Motor 1
- M.2 = Motor 2
- K.1.1 = Katup 1 pada Pompa *Syringe* 1
- K.2.1 = Katup 2 pada Pompa *Syringe* 1
- K.1.2 = Katup 1 pada Pompa *Syringe* 2
- K.2.2 = Katup 2 pada Pompa *Syringe* 2

Cara kerja metode MSFIA yang digunakan dalam penelitian ini berikut. Apabila pompa (P.1) dihidupkan maka pompa dua (P.2) dimatikan dan sebaliknya jika pompa dua dihidupkan maka pompa satu dimatikan. Pada saat pompa satu hidup dan pada saat itu pula katup (k.1.1) terbuka sedangkan katup (k.1.2)

tertutup maka larutan *carrier* akan masuk ke tabung pompa *syringe* (1). Setelah sejumlah tertentu larutan *carrier* masuk ke dalam tabung pompa *syringe* (1) maka gerakan motor akan dibalik arah sehingga larutan *carrier* mengalir menuju ke *coil*. Selanjutnya ketika pompa P.2 dihidupkan maka larutan sampel yang akan mengalir. Pada saat pompa P.2 hidup maka larutan sampel akan masuk ke tabung pompa *syringe* (2). Setelah larutan sampel berada di dalam tabung pompa *syringe* (2) maka gerakan motor akan dibalik arah sehingga larutan sampel diinjeksikan menuju ke *coil*. Selanjutnya akan dideteksi oleh detektor *potentiometry*. Volume sampel yang terinjeksi dipengaruhi oleh waktu dan kecepatan pompa (2). Oleh karena itu akan dilakukan variasi waktu pompa P.2 dan variasi kecepatan pompa P.2 (kecepatan rotasi pompa satu dibuat konstan (Estela dan Victor, 1999).

MSFIA merupakan sistem penggerak yang digunakan dalam analisa sistem alir. Sebuah sistem MSFIA terdiri dari buret titrasi konvensional otomatis yang disesuaikan sedemikian rupa sehingga motor dapat menggerakkan piston tabung *syringe* secara bersamaan maupun bergantian. Pemakaian buret terpisah dioperasikan secara paralel. Pompa *multisyringe* ini juga dilengkapi dengan katup yang berfungsi untuk mengontrol arah aliran pada setiap pompa. Desain pompa *multisyringe* ini memiliki dua fungsi pada sistem FIA, selain sebagai sistem penggerak pompa *multisyringe* juga berfungsi sebagai sistem injeksi. Sistem pompa *multisyringe* dirangkai seperti Gambar 2.



Gambar 2. Desain pompa *multisyringe*

Keterangan Gambar 2:

- 1. Motor (1) 2. Motor (2) 3. Ulir/drat
- 4. Tabung *Syringe* (1) 10 mL
- 5. Tabung *Syringe* (2) 2 mL

Pompa *multisyringe* berfungsi untuk menggerakkan sampel dan larutan ISAB. Pompa satu dengan tabung *syringe* 10 mL berisi sampel yang berfungsi sebagai carrier bergerak secara terus menerus oleh ulir/drat dengan menaikkan dan menurunkan piston *syringe* berdasarkan waktu tertentu. Pompa dua dengan tabung *syringe* 2 mL yang berisi larutan ISAB digerakkan oleh ulir/drat dengan menaikkan dan menurunkan piston *syringe*. Pompa dua menggunakan sistem injeksi metode *Fixed-Time* yang merupakan suatu injektor yang volume injeksinya dapat dengan mudah divariasikan yaitu dengan mengganti waktu injeksi dan laju alir. Sampel dialirkan secara kontinu dengan kecepatan alir yang dioptimasi. Larutan ISAB langsung diinjeksikan ke dalam sistem setelah diperoleh potensial dasar yang konstan (*baseline*) dalam kurva FIA.

Desain pompa *multisyringe* dalam analisa sistem alir digabungkan dengan beberapa komponen yaitu *coil reaction*, detektor, NI DAQ PCI 6221, dan komputer (*SoftWare LabVIEW 8TM*). *Coil reaction* berfungsi sebagai tempat terjadi reaksi kimia yang diinginkan. Diameter coil yang digunakan yaitu 0,76 mm. *Coil reaction* dihubungkan dengan konektor yang berfungsi untuk menghubungkan pipa yang satu dengan pipa yang lain. Proses injeksi diatur secara otomatis yang berfungsi untuk mengontrol waktu dan kecepatan pompa. Pembuatan sistem otomatis dibutuhkan dua komponen yaitu NI DAQ PCI 6221 dan *software* LabVIEW 8TM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

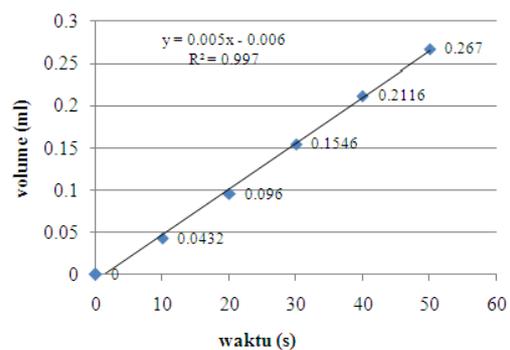
Uji Konsistensi Volume ISAB Berdasarkan Variasi Waktu

Uji konsistensi Volume ISAB dapat dilihat pada variasi waktu pergerakan pompa *syringe* dua yang berpengaruh pada volume sampel yang terinjeksi, semakin lama waktu pergerakan pompa *syringe* maka volume ISAB yang terinjeksi semakin banyak. Tabel 1 menunjukkan hasil penelitian volume ISAB yang terinjeksi dengan variasi waktu dan kecepatan pompa *syringe* dua konstan pada 50% PWM.

Tabel 1. Volume injeksi dengan variasi waktu

Waktu (s)	1	2	3	4	5	Rerata
10	0,042	0,043	0,043	0,045	0,043	0,043
20	0,097	0,096	0,096	0,095	0,096	0,096
30	0,155	0,154	0,155	0,156	0,153	0,154
40	0,212	0,213	0,210	0,213	0,210	0,211
50	0,267	0,267	0,268	0,267	0,266	0,267

Uji konsistensi volume ISAB yang terinjeksi dapat ditunjukkan dengan volume yang tetap pada setiap pengulangan dengan variasi waktu yang sama. Penelitian ini dilakukan dengan lima variasi waktu, setiap variasi terdapat lima kali pengulangan. Volume rata-rata yang terinjeksi berdasarkan variasi waktu hidup pompa *syringe* dua yaitu 10 detik (s) pompa *syringe* dua berotasi dapat menginjeksi sampel sebanyak 0,0432 mL, 20 detik (s) pompa *syringe* dua bergerak dapat menginjeksi sampel sebanyak 0,096 mL, 30 detik (s) pompa *syringe* dua bergerak dapat menginjeksi sampel sebanyak 0,1546 mL, 40 detik (s) pompa *syringe* dua bergerak dapat menginjeksi sampel sebanyak 0,2116 mL dan 50 detik (s) pompa *syringe* dua bergerak dapat menginjeksi sampel sebanyak 0,267 mL. Berdasarkan data dapat disimpulkan bahwa volume yang terinjeksi relatif konsisten terhadap waktu pergerakan pompa *syringe* dua. Hal ini dapat ditunjukkan dari setiap pengulangan menghasilkan koefisien variasi di bawah 2,53%. Volume yang konsisten merupakan syarat utama agar sistem injeksi metode *fixed-time* dapat digunakan pada *Multisyringe Flow Injection Analysis* karena volume yang diinjeksikan sesuai dengan waktu pergerakan pompa *syringe*. Berdasarkan data hasil penelitian dengan variasi waktu, diperoleh kurva pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik volume injeksi ISAB

Grafik pada Gambar 3 menggambarkan hubungan antara waktu pergerakan pompa *syringe* dua dengan volume ISAB yang terinjeksi. Hubungan linear dengan waktu rotasi pompa dua yaitu dengan persamaan $y = 0,0054x - 0,0069$ dan nilai regresi sebesar 0,9979. Persamaan linier yang didapat dari kurva menandakan bahwa volume injeksi ISAB dengan variasi waktu memiliki korelasi yang sangat baik, hal ini dilihat pada nilai regresi yang didapat yaitu sebesar 0,9979. Persamaan linier juga dapat diketahui laju alir pada pompa dua dapat menginjeksikan volume ISAB sebesar 0,0069 mL/s. Adanya hubungan yang linear antara volume sampel dengan waktu pergerakan pompa *syringe* dua maka untuk menginjeksikan sejumlah sampel dapat dilakukan dengan memasukkan volume yang diinginkan ke dalam persamaan $y = 0,0054x - 0,0069$, y adalah volume sampel (mL) dan x adalah waktu pergerakan pompa *syringe* (s). Volume ISAB pada penelitian ini ditentukan terinjeksi ke dalam sampel yaitu 0,2 mL, sehingga dapat ditentukan seberapa lama waktu yang digunakan untuk menginjeksikan volume ISAB sebanyak 0,2 mL dengan persamaan linier yang telah diketahui.

Sistem injeksi dengan metode *Fixed-Time* sangat cocok digunakan untuk injektor dengan volume sampel yang besar (Marek, Trojanowicz, 2008). Volume sampel yang kecil dapat menyebabkan reproduibilitas menurun pada saat penginjeksian singkat dan laju alirnya tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa apabila laju alir semakin besar maka semakin banyak volume larutan yang diinjeksikan dan apabila laju alir semakin kecil maka volume larutan yang diinjeksikan juga semakin kecil, oleh karena itu alat injeksi ini sangat baik digunakan untuk menginjeksikan sampel dengan volume yang besar.

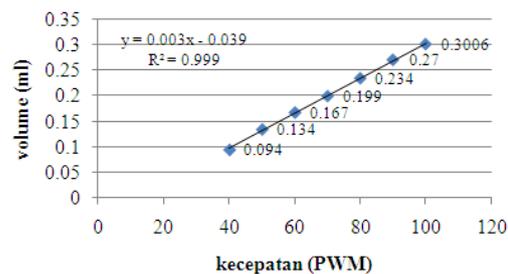
Uji Konsistensi Volume ISAB Berdasarkan Variasi Kecepatan pompa (1)

Kecepatan pompa dapat berpengaruh pada volume ISAB yang terinjeksi, semakin besar kecepatan pompa *syringe* dua maka volume ISAB yang terinjeksi semakin banyak. Salah satu tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hubungan yang linear antara variasi kecepatan dengan volume ISAB yang terinjeksi. Data hasil penelitian volume ISAB yang terinjeksi dengan variasi kecepatan pompa *syringe* dua dengan waktu konstan 25 (s) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Volume injeksi dengan variasi kecepatan

Kecepatan (PWM)	Volume					Rerata
	1	2	3	4	5	
40%	0,095	0,095	0,096	0,094	0,093	0,095
50%	0,133	0,135	0,134	0,135	0,133	0,134
60%	0,167	0,168	0,168	0,167	0,167	0,167
70%	0,199	0,200	0,200	0,199	0,199	0,199
80%	0,232	0,235	0,234	0,234	0,235	0,234
90%	0,271	0,269	0,270	0,271	0,269	0,270
100%	0,299	0,301	0,302	0,300	0,300	0,301

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa volume ISAB yang terinjeksi konsisten terhadap variasi kecepatan pompa *syringe* dua. Hal ini dapat dilihat pada setiap pengulangan pada variasi kecepatan yang sama, misalnya pada kecepatan rotasi 40 %, volume sampel yang terinjeksi yaitu 0,095 mL; 0,095 mL; 0,096 mL; 0,094 mL dan 0,093 mL. Berdasarkan data hasil penelitian dengan variasi kecepatan, diperoleh kurva pada Gambar 4.



Gambar 4. Volume injeksi ISAB (NaNO_3 5 M) berdasarkan variasi kecepatan dengan waktu konstan 25 (s) detik

Kelinieran antara kecepatan pompa dua dengan volume injeksi dapat dilihat pada Gambar 4 yang memiliki persamaan $y = 0,0034x - 0,0399$ dan nilai regresi sebesar 0,9992. Variasi kecepatan pompa yang memberikan hubungan linear dengan volume injeksi yaitu antara 40% – 100% PWM. Adanya hubungan yang linear antara volume sampel dengan kecepatan pergerakan pompa *syringe* dua maka untuk menginjeksikan sejumlah ISAB dapat dilakukan dengan memasukkan volume yang diinginkan ke dalam persamaan $y = 0,0034x - 0,0399$ dimana y merupakan volume sampel (mL) dan x adalah kecepatan pergerakan pompa *syringe* (PWM). Volume ISAB pada penelitian ini ditentukan terinjeksi ke dalam sampel yaitu 0,2 mL, sehingga dapat ditentukan seberapa besar kecepatan yang digunakan untuk menginjeksikan volume ISAB

sebanyak 0,2 mL dengan persamaan linier yang telah diketahui.

Penentuan volume Laju Alir Carrier Berdasarkan Kecepatan Dan Waktu

Penentuan volume laju alir carrier yaitu ditentukan oleh pergerakan pompa *syringe* satu berdasarkan kecepatan dan waktu. Tujuan dari perlakuan ini yaitu untuk mengetahui volume yang dikeluarkan oleh pompa *syringe* satu pada setiap kecepatan 40% - 100% PWM. Semakin besar kecepatan pompa *syringe* satu, maka volume sampel yang terinjeksi semakin banyak. Berikut adalah data hasil penelitian volume sampel yang terinjeksi dengan pompa *syringe* satu.

Tabel 3. Volume sampel yang terinjeksi pada setiap variasi kecepatan pompa (1)

Kecepatan (PWM)	Kecepatan (mL/s)
40	0,0142
50	0,0190
60	0,0235
70	0,0261
80	0,0308
90	0,0355
100	0,0412

Data pada Tabel 3 didapat dari persamaan kurva linier pada setiap percobaan kecepatan dengan variasi waktu. Hal ini diketahui bahwa setiap variasi kecepatan pompa, dapat menginjeksikan volume sampel yang berbeda-beda. Kecepatan pompa semakin besar, maka volume sampel yang diinjeksikan juga akan semakin besar. Data dari hasil penelitian didapatkan grafik dengan persamaan linier pada setiap kecepatan. Berdasarkan Tabel 3 data pada kecepatan dengan satuan (mL/s) diplotkan ke dalam program LabView untuk menunjukkan volume yang dikeluarkan oleh pompa *syringe* satu pada setiap detik (s). Contoh dari data di atas pada kecepatan 60% PWM pompa *syringe* satu dapat menginjeksikan volume sampel 0,0235 mL pada setiap detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai koefisien variasi dapat disimpulkan bahwa volume ISAB yang akan diinjeksi memiliki korelasi yang baik terhadap variasi waktu dan

kecepatan pompa *syringe* dua. Hal ini diindikasikan dengan nilai K_v dibawah 1,2%.

2. Nilai prosentase pada setiap kecepatan (PWM) terhadap laju alir *carrier* dengan metode MSFIA memiliki korelasi yang baik, hal ini dapat dilihat pada setiap persamaan linier dari kurva yang dihasilkan pada setiap kecepatan. Sehingga didapatkan volume sampel yang diinjeksikan secara otomatis ke dalam program injeksi pada setiap kecepatan 0,0142 mL/s (40 % pwm), 0,019 mL/s (50 % pwm), 0,0235 mL/s (60 % pwm), 0,0261 mL/s (70 % pwm), 0,0308 mL/s (80 % pwm), 0,0355 mL/s (90 % pwm) dan 0,0412 mL/s (100 % pwm).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. LabVIEW. <http://www.ni.com/LabVIEW/>. [28 November 2011].
- Caulcutt, R. 1995. *Statistic for Analytical Chemist*. London: Chapman and Hall.
- Christian, G. 1994. *Analytical Chemistry*. New York: John Willey and Son Inc.
- Estela, J. M. & Víctor, C. 1999. "Potentials of Multisyringe Flow Injection Analysis for Chemiluminescence Detection". *Analytica Chimica Acta*. Vol. 541: 55-66.
- Fang, Z.L. 1993. *Flow Injection Separation and Preconcentration*. New York: Publishers Inc.
- Hansen, E.H. & Ruzicka, J. 1989. "Flow Injection Enzymatic Assays". *Analytica Chimica Acta*. Vol. 216: 257-273.
- Kateman, G. 1993. *Quality Control in Analytical Chemistry*. New York: J.Willey and Son.