

## Pengaruh Diameter Katoda pada Sensitivitas Pengukuran Gradien Kecepatan dengan Metode Polarografi

(Effect of Cathode Diameter on Velocity Gradient Measurement Sensitivity Using Polarography Method)

SUKAMTA

### ABSTRACT

Wall velocity gradient measurement using polarography gives very accurate output due to the absence of problem in fluid flow. Therefore this experiment is highly recommended. Based on the polarogram resulted in the polarography method, the potential that has to be applied to both electrode is 0.25 – 0.75 Volt, whilst in the experiment 0.45 is applied. Calibration has been done to single phase flow, by measuring as a result of by friction between wall and current flow through electrode at constant flow rate. The  $\Delta P$  data are used to determine  $\tau$ . Relation plot between  $\tau$  (resulted from  $\Delta P$  measurement) and current can be obtained from the data acquisition device. The result of this research shows that the value of wall shear stress (as velocity gradient) is influenced by the increase of flow rate. Whilst measurement of wall shear stress shows that the cathode area gives effect on the sensitivity of the measurement, a small cathode results in better shear stress data measurement (more sensitive). In this research the best wall shear stress was resulted in cathode with diameter  $d=0.2$  mm.

**Keywords:** polarography, electrochemical, cathode, gradient, flow

### PENDAHULUAN

Analogi Reynold menyatakan tentang hubungan antara perpindahan momentum dengan perpindahan massa, yang pada dasarnya untuk mengamati perilaku transfer panas konvektif yang dapat dilakukan dengan berdasar pada pola aliran, terutama pada daerah lapis batas. Untuk fluida Newtonian, aliran fluida dikendalikan oleh persamaan Navier-Stoke, dengan solusi analitik yang pada umumnya sulit diselesaikan. Dalam pengukuran di bidang mekanika fluida, aplikasi teknik gesekan kulit telah diperkenalkan oleh Hanratty (1969) dan Hanratty (1983), dan telah digunakan dan dikembangkan oleh banyak peneliti untuk berbagai tujuan. Teknik ini diturunkan dari analisis elektrokimia yaitu polarografi, yang didasarkan pada pengukuran koefisien perpindahan elektroda dalam suatu difusi yang terkendali.

Pengukuran gradien kecepatan dinding dengan teknik polarografi akan memberikan hasil yang sangat cermat karena tidak menimbulkan gangguan pada aliran fluida. Hal ini disebabkan

karena pengindera yang digunakan adalah mikro *probe* yang dipasangkan menempel rata pada permukaan benda padat. Oleh karena itu, cara eksperimen menjadi salah satu pilihan untuk mencari jawabannya, dan teknik polarografi dapat memberikan hasil yang akurat.

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan data eksperimen mengenai pengaruh diameter katoda terhadap sensitivitas pengukuran gradien kecepatan dengan metoda polarografi.

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Indarto (1995), metoda elektrokimia digunakan untuk pengukuran gradien kecepatan di dinding saluran. Selanjutnya, bila besaran ini dikalikan viskositas dinamik fluida yang mengalir, akan didapat gesekan dinding. Pengukuran dilakukan pada aliran gas cair searah ke atas dalam saluran vertikal dengan diameter 12 mm. Fluida gas berupa nitrogen dan cairannya adalah saluran *ferriferrocyanida* dan KCL dalam air. Elektrode dibuat dari platina dengan

penampang segi empat yang dimensinya ( $0,1 \times 1$ ) mm<sup>2</sup>. Dengan menggunakan dua buah elektroda identik yang dipisahkan dengan pita isolator tipis, arah aliran di dinding setiap saat dapat diketahui. Gradien kecepatan diukur mulai dari aliran gelembung, aliran kantung, dan aliran film. Hasil pengukuran ini juga dipakai untuk karakterisasi aliran dua fase searah ke atas. Kalibrasi dilakukan pada aliran fase tunggal cair, dengan cara mengukur perbedaan tekanannya. Dengan menggunakan dua elektrode tunggal berjarak 0,55 m searah dengan aliran, pengukuran kecepatan sebuah kantung gas dapat dilakukan dan hasilnya sesuai dengan korelasi *Nikline*.

Metoda polarografi yang didasarkan pada teknik gesekan kulit dan dikenal juga sebagai teknik elektrokimia, merupakan metoda pengukuran yang sangat bermanfaat di bidang tribometri, seperti menentukan besarnya gradien kecepatan dinding dari suatu aliran fluida yang mengalir melalui benda padat. Di dalam kasus perpindahan panas konvektif, besarnya gradien kecepatan dinding diperlukan untuk menghitung laju perpindahan panasnya, didasarkan pada analogi Reynold. Untuk melakukan pengukuran dengan metode ini, diperlukan kanal hidrolis (disebut juga kanal hidrodinamik) dengan fluida yang mempunyai karakteristik tertentu. Teknik ini sudah terbukti sangat unggul, karena instrumentasinya tidak menimbulkan gangguan pada aliran fluida (Paryatmo, 2004)

Penggunaan metode *electrochemical* pada zat cair yang mengalir di dalam saluran pipa horisontal pernah dilakukan oleh Hanratty dan Reiss (1962), Cognet, dkk. (1977). Larutan polarografi yang digunakan harus fluida *Newtonian* dengan memiliki sifat tertentu. Fluida harus beraksi secara elektrokimia pada suatu beda tegangan di mana reaksi lain tidak terjadi. Reaksi kimia harus *reversible* dan berlangsung cepat serta larutan fluida harus memiliki konstanta laju reaksi yang tinggi. Di samping itu juga disyaratkan dapat menghasilkan arus listrik maksimum untuk jumlah minimum ion yang terangkut. Larutan juga harus stabil dengan polarogram yang memiliki tingkat batas jelas dan tidak menghasilkan pengaruh negatif pada elektroda atau pada sistem, seperti meracuni *probe* atau menyebabkan korosi. Larutan juga harus mudah digunakan dalam aliran ulang, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan mudah dalam penyimpanannya. Tambah lagi, larutan ini

harus mengandung ion yang non reaktif yang menghilangkan efek migrasi. Untuk menjamin respon frekuensi yang baik, koefisien difusi harus besar tanpa membiarkan terjadinya lapisan difusi tebal yang menutupi.

Anoda dari bahan platinum yang mempunyai bidang permukaan yang luas dan digunakan sebagai potensial acuan, ditempatkan di dalam reservoir dan dijaga tetap pada suatu potensial sebesar  $-4$  V. Sensor mikro elektroda juga terbuat dari platinum. Bila tegangan sebesar tersebut di atas diberikan pada elektroda, maka arus yang mengalir pada rangkaian akan dikontrol oleh laju transfer massa dan elektroda dikatakan sebagai terpolarisasikan (Dimopoulos & Hanratty, 1968).

Persamaan difusi terkendali dapat dituliskan seperti persamaan 1 sebagai berikut:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \bar{v} \text{grad } \bar{C} = D \Delta C \quad (1)$$

dengan kondisi batas  $C = 0$  pada elektroda dan  $\partial C / \partial y = 0$  pada dinding yang *inert*.

Medan kecepatan aliran didapatkan dari persamaan Navier-Stokes seperti ditunjukkan dalam persamaan 2:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \bar{v} \text{grad } \bar{v} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } \bar{P} + \bar{v} \Delta \bar{v} \quad (2)$$

Ketebalan difusi menurut *Nernst*:

$$\delta = \frac{D}{K} \quad (3)$$

Pemberian tegangan pada elektroda untuk pengujian dan kekurangan muatan dari elektroda yang disebabkan oleh reaksi, membangkitkan suatu medan listrik pada daerah *probe*. Dengan adanya medan ini, ion bermigrasi atau berpindah tempat. Efek migrasi perlu ditekan dengan menambah elektrolit netral yang berlebihan. Bilamana laju aliran fluida terlalu besar laju transfer massa dapat menjadi terlalu cepat untuk mempolarisasir elektroda. Peningkatan dari laju aliran akan menaikkan koefisien transfer massa dan juga arus datarnya. Batas dari laju aliran untuk polarisasi dapat ditingkatkan dengan mengurangi konsentrasi dari spesies yang bereaksi di dalam elektrosit. Dengan tidak adanya spesies yang bereaksi, yaitu triodine, suatu arus yang sangat kecil satu per sepuluh mikro ampere dapat muncul pada tegangan di bawah air terhidrolisa.

Koefisien transfer dari suatu elektroda dengan luas  $A$ , ditentukan seperti Persamaan 3 menurut Tournier dan Florent (1987) sebagai:

$$K = \frac{D}{AC_0} \iint \left( \frac{\delta C'}{\delta y} \right)_{y=0} dA \quad (4)$$

Secara umum persamaan ini tergantung dari jumlah variabel yang tak terhingga, yaitu kecepatan pada seluruh medan difusi. Hal ini tidak sesuai untuk kegunaan metrologi, sehingga langkah dasar (*fundament*) dibuat oleh Hanratty dan Reiss (1962) yang menunjukkan bahwa dengan menggunakan mikro elektroda, jumlah parameter fisis dapat dikurangi.

Dengan syarat batas:

$$C' \left( = \frac{C}{C_0} \right) = 0 \quad \text{pada elektroda} \quad (5)$$

$$C' = 1 \quad \text{pada medan yang jauh} \quad (6)$$

$$\frac{\delta C'}{\delta y} = 0 \quad \text{pada dinding yang inert} \quad (7)$$

dapat diturunkan besarnya koefisien transfer yang dinormalisasikan seperti persamaan 8 yang merupakan persamaan rancangan dasar hubungan untuk pengukuran transfer massa dinding :

$$K' = 0.807 |Sx'|^{1/3} \quad (8)$$

$Sx'$  terletak di antara keseluruhan nilai absolut karena elektroda tidak peka terhadap arah aliran.

## METODE PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

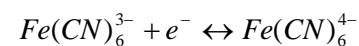
Bahan yang dipakai untuk penelitian ini adalah fluida cair (*ferro-ferricianida* dalam KCL dengan pelarut air), katoda dengan diameter bervariasi, anoda, larutan pereaksi, dan polarogram. Komposisi dari masing-masing larutan yang digunakan adalah KCL sebanyak 0.33 mol/L (24.629 g/L) dengan bilangan massa 74.55, Ferri sebanyak  $2 \times 10^{-3}$  mol/L (0.6585 g/L) dengan bilangan massa 329.25 dan Ferro sebanyak  $4 \times 10^{-3}$  mol/liter (1.68956 g/L) dengan bilangan massa 422.39. Medium pelarutnya digunakan air dengan volume sebesar 36 liter.

### 2. Alat Penelitian

Peralatan-peralatan atau komponen-komponen utama yang digunakan untuk penelitian ini berupa pompa, pipa PVC, pipa transparan, katup, alat ukur debit aliran, data akuisisi dan Personal Computer yang terangkai dalam suatu unit alat uji seperti diperlihatkan pada gambar pada Gambar 1.

### 3. Pelaksanaan Penelitian

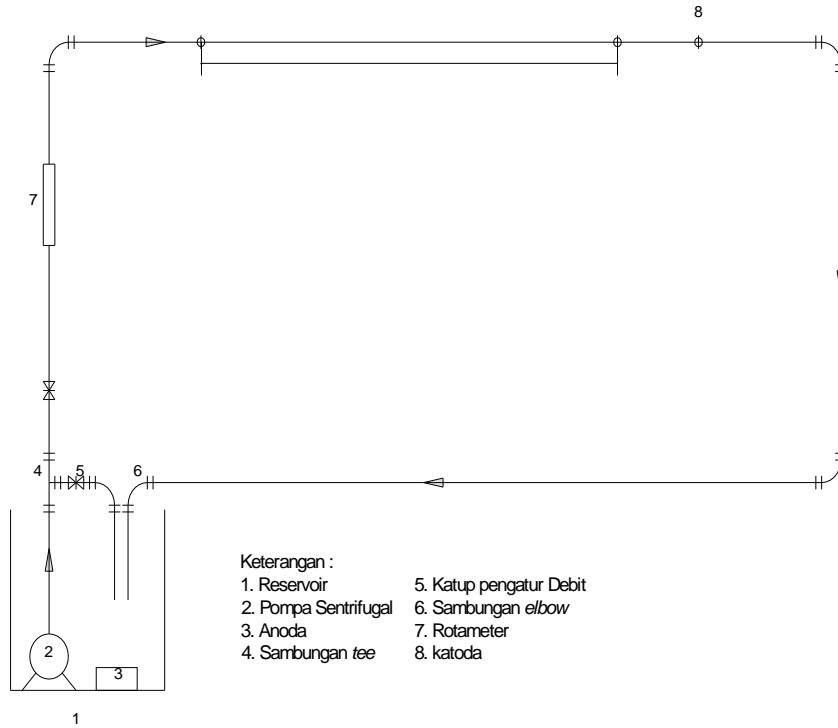
Dalam pengukuran ini digunakan elektroda (katoda) dengan berbagai dimensi (diameter) terbuat dari platina dengan ukuran penampang kecil dan anoda yang terbuat dari bahan yang sama (platina) dengan ukuran jauh lebih besar ( $\approx 3000-4000$  kali lebih besar). Sebagai pereaksi menggunakan *ferri-feerocyanida* dalam larutan KCL, di mana reduksi pada katoda akan berlangsung sebagai berikut :



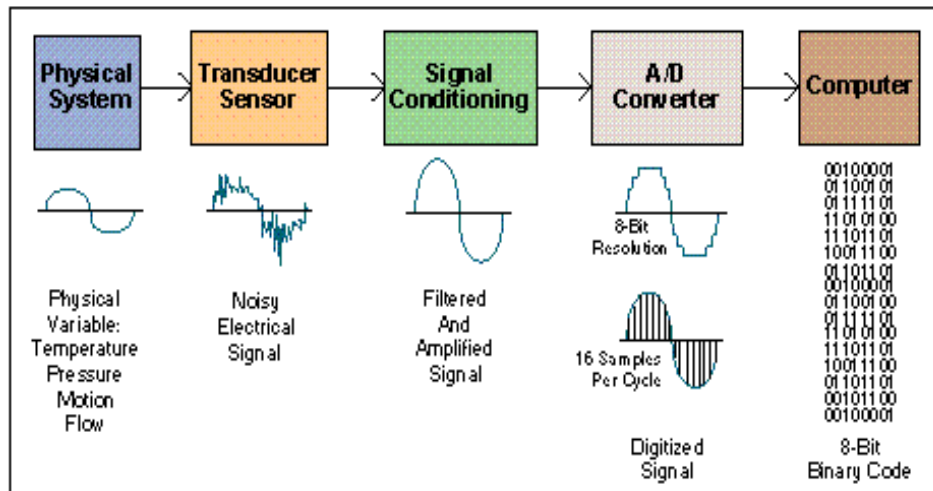
dan oksidasi terjadi pada anoda. Untuk meyakinkan bahwa arus hanya dibatasi oleh fenomena transfer massa karena difusi, maka pada awal pengukuran dibuat polarogram yang merupakan kurva arus (I) terhadap tegangan (V) antara katoda dan anoda. Hal ini guna menentukan besarnya tegangan yang harus diberikan di antara kedua elektroda tersebut.

### 4. Analisis Data

Sebelum dilakukan pengukuran, terlebih dahulu akan dilakukan kalibrasi terhadap katoda yang dipakai, untuk menghindari kesalahan pengukuran yang diakibatkan oleh adanya deposit di atas katoda (Indarto, 1986). Kalibrasi dilakukan pada aliran satu fasa (cair) dengan cara mengukur beda tekanan yang diakibatkan oleh gesekan dinding dan arus yang melewati elektroda. Pengukuran gradien kecepatan dilakukan pada debit cairan yang tetap untuk beberapa spesimen katoda dengan berbagai diameter. Pada setiap kondisi dilakukan perekaman data sinyal arus selama beberapa saat dengan frekuensi tertentu. Selanjutnya pengolahan dilakukan dengan menggunakan program komputer (Gambar 2).



GAMBAR 1. Skema alat uji



GAMBAR 2. Diagram peralatan akuisisi data

HASIL DAN PEMBAHASAN

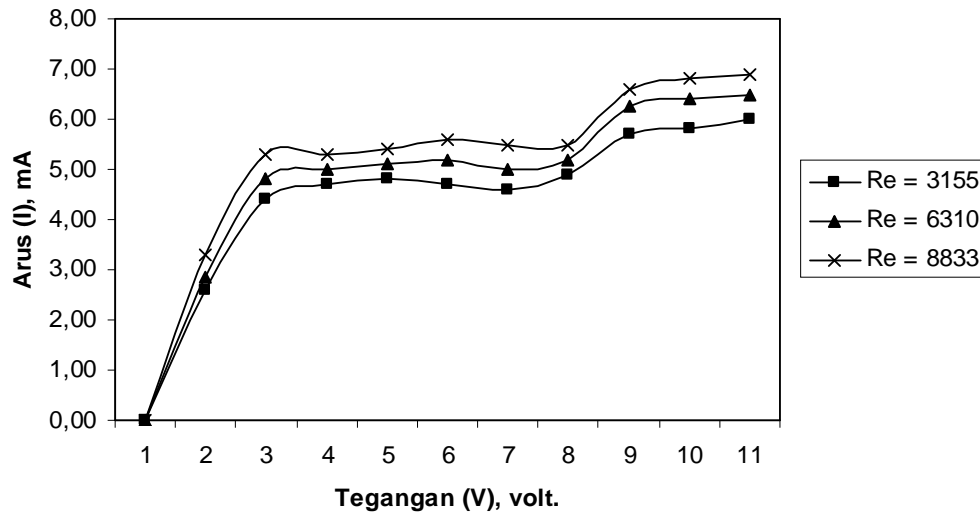
1. Polarogram

Hasil pengukuran awal terhadap tegangan yang diberikan kepada katoda dan anoda dan arus yang dihasilkan, akan diperoleh sebuah grafik hubungan arus-tegangan, yang disebut polarogram (Gambar 3). Kurva tersebut terbagi

atas tiga daerah, yaitu daerah pertama, daerah ini berada antara 0 – 0,25 V, di sini terlihat bahwa untuk aliran yang tidak berubah kecepatannya, arus merupakan fungsi dari tegangan atau dengan kata lain bahwa besarnya arus dipengaruhi oleh tegangan yang diberikan. Daerah ke dua, berada antara 0,25 – 0,75 V, adalah daerah dimana besarnya arus tidak dipengaruhi oleh tegangan yang diberikan kepada katoda dan anoda, dan dalam

hal ini arus hanya dipengaruhi oleh kecepatan aliran saja. Pada daerah ketiga yang berada antara 0,75 – 1 V, kondisinya mirip dengan pada daerah pertama yaitu bahwa untuk aliran yang tidak berubah kecepatannya, besarnya arus dipengaruhi oleh tegangan yang diberikan

kepada katoda dan anoda. Dengan demikian, dalam penelitian dengan metoda polarografi ini maka besarnya tegangan yang harus diberikan pada kedua elektroda adalah harus diambil diantara 0,25 – 0,75V, dan dalam penelitian ini diambil 0,45 V.



GAMBAR 3. Polarogram hubungan antara tegangan katoda-anoda terhadap arus

## 2. Bentuk Sinyal gesekan dinding

Bentuk sinyal yang terekam untuk kondisi aliran tertentu, dapat dilihat pada Gambar 4.

Sinyal tersebut (Gambar 4) merupakan sinyal gradien kecepatan atau gesekan dinding tipikal.

## 3. Kalibrasi

Sebelum pengukuran, sebaiknya selalu dilakukan kalibrasi terhadap katoda yang dipakai, untuk menghindari adanya kesalahan pengukuran disebabkan oleh adanya deposit di atas katoda (Indarto, 1986). Pada penelitian ini kalibrasi dilakukan pada aliran fasa tunggal (cair) dengan cara mengukur  $\Delta P$  yang diakibatkan oleh gesekan dinding dan arus yang melewati elektroda, dengan debit konstan. Dengan diperoleh data  $\Delta P$ , maka dapat ditentukan  $\tau$ . Sehingga didapatkan grafik kesebandingan antara  $\tau$  (yang diperoleh dari pengukuran  $\Delta P$ ) dan arus yang terbaca dari peralatan akuisisi data. Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi terhadap katoda mulai dari diameter 0,2 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,8 mm, 1,5 mm dan 3,0 mm. Dengan telah diketahuinya grafik hasil kalibrasi untuk masing-masing diameter atau luas penampang

katoda tersebut di atas, maka hasil pengukuran dari sistem ini sudah dapat dibaca dan diolah agar dapat dilakukan analisis berikutnya.

## 4. Hasil pengukuran arus dan tegangan geser pada dinding

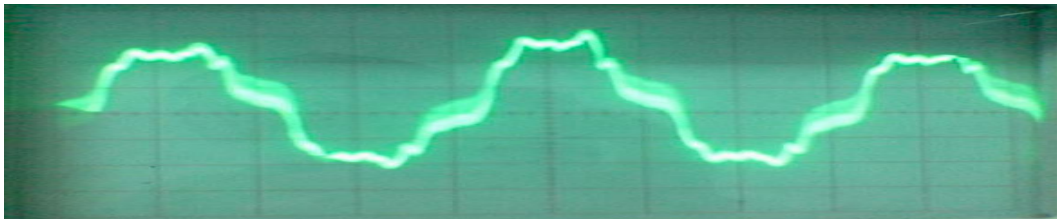
Gambar 5 menjelaskan hubungan antara hasil pengukuran arus I (mA) yang terekam sesuai dengan berjalannya waktu pengukuran, yang dalam hal ini dibatasi untuk waktu tertentu selama perekaman data. Dari gambar tersebut di atas dapat ditarik sebuah informasi bahwa arus merupakan fungsi dari luas penampang katoda, terbukti bahwa semakin besar luas penampang yang ditunjukkan dengan semakin besarnya diameter katoda, maka arus yang terukur juga semakin besar.

Gambar 6 menjelaskan hubungan antara tegangan geser (yang merupakan fungsi dari gradien kecepatan) dengan luas penampang katoda (direpresentasikan dengan diameter). Dari gambar tersebut nampak bahwa pengukuran dengan katoda yang mempunyai luas penampang kecil, menghasilkan hasil pengukuran yang lebih sensitif dibanding dengan katoda berluas penampang lebih besar. Pada luas penampang kecil, nilai simpangannya cukup besar dan akan mengecil

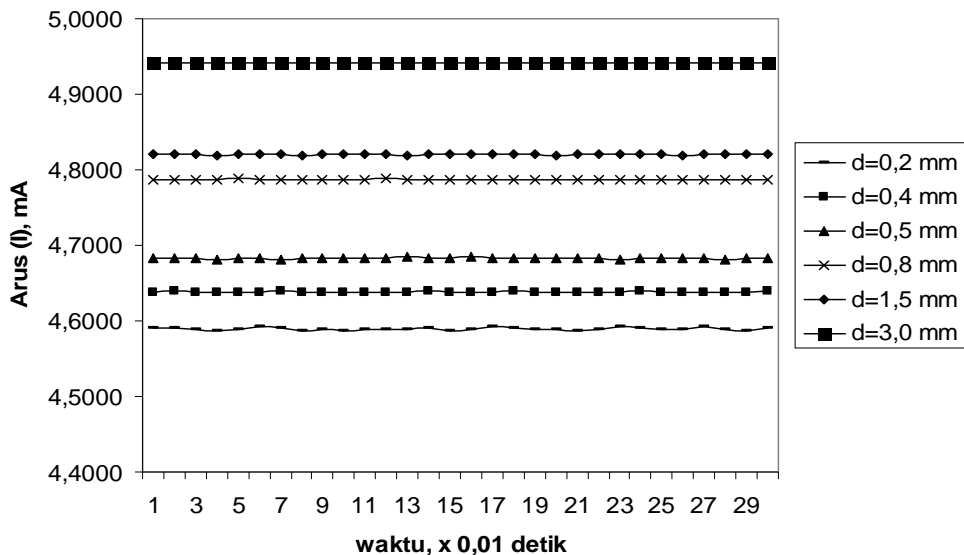
seiring dengan meningkatnya luas penampang katoda.

Sebagaimana Gambar 5, Gambar 7 menjelaskan hubungan antara hasil pengukuran arus  $I$  (mA) yang terekam sesuai dengan berjalannya waktu pengukuran, dan bahwa arus merupakan fungsi dari luas penampang katoda. Dengan membandingkan Gambar 5 dan 7 dapat dijelaskan bahwa jika dilihat dari nilai arusnya, maka pada bilangan Reynold yang besar yaitu  $Re = 6310$  atau pada debit aliran 1 GPM, nilai arus terukur lebih besar dibandingkan pada  $Re = 3155$  atau pada debit aliran 0,5 GPM. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya arus juga dipengaruhi oleh jenis aliran yang sedang berjalan dan atau debit alirannya.

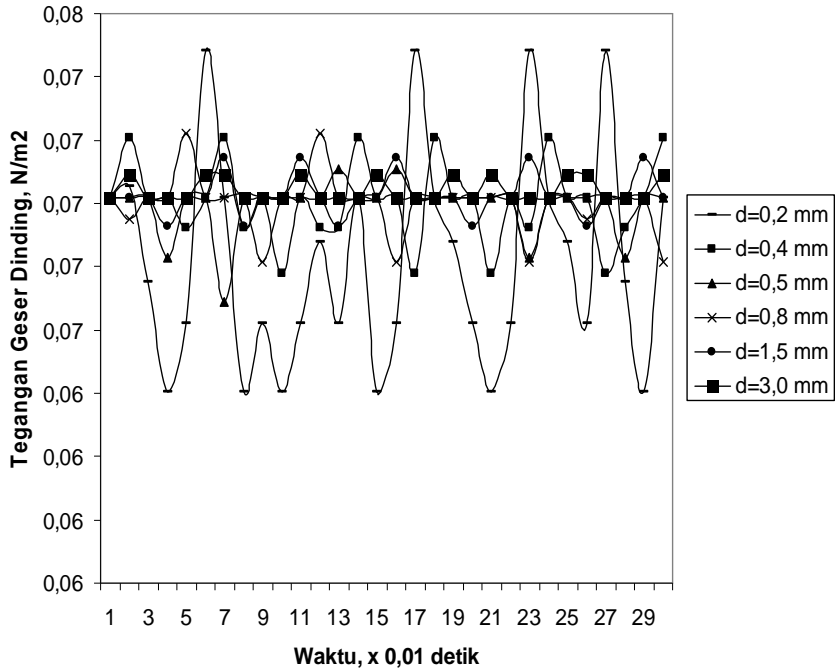
Penjelasan yang hampir sama berlaku untuk Gambar 8, bahwa hubungan antara tegangan geser (yang merupakan fungsi dari gradien kecepatan) dengan luas penampang katoda (direpresentasikan dengan diameter) dapat dijelaskan di sini. Dari gambar tersebut nampak bahwa pengukuran dengan katoda yang mempunyai luas penampang besar ( $d = 1,5$  mm dan  $d = 3,0$  mm), menghasilkan hasil pengukuran yang tidak lebih sensitif dibanding dengan katoda berluas penampang lebih kecil yaitu pada  $d = 0,2$  mm,  $d = 0,4$  mm,  $d = 0,5$  mm dan  $d = 0,8$  mm. Pada luas penampang kecil, nilai simpangannya cukup besar dan akan mengecil seiring dengan meningkatnya luas penampang katoda.



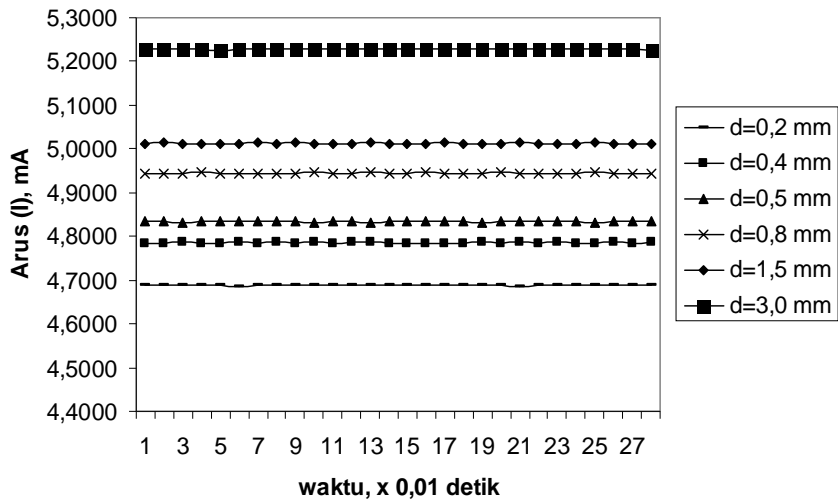
GAMBAR 4. Bentuk sinyal gradien kecepatan atau gesekan dinding pada aliran fasa tunggal (cair)



GAMBAR 5. Hasil pengukuran arus pada variasi diameter katoda pada  $Re = 3155$

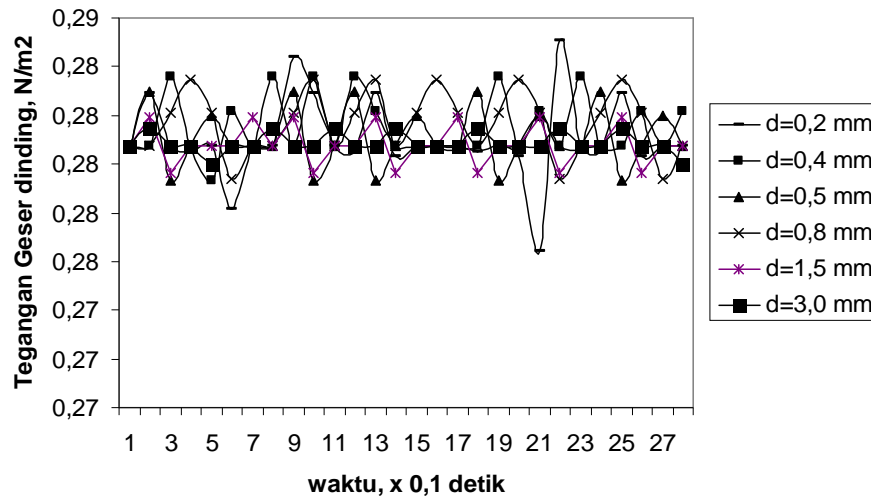


GAMBAR 6. Hasil pengukuran tegangan geser pada variasi diameter katoda pada Re = 3155



GAMBAR 7. Hasil pengukuran arus pada variasi diameter katoda pada Re = 6310





GAMBAR 8. Hasil pengukuran tegangan geser pada variasi diameter katoda pada  $Re = 6310$

Seperti halnya pada Gambar 5 dan 7, Gambar 9 juga menjelaskan hubungan antara hasil pengukuran arus I (mA) yang terekam sesuai dengan berjalannya waktu pengukuran, dan bahwa arus merupakan fungsi dari luas penampang katoda. Dengan membandingkan Gambar 5, 7 dan 9 dapat dijelaskan bahwa jika dilihat dari nilai arusnya, maka pada bilangan Reynold yang paling besar yaitu  $Re = 8833$  ( $Q = 1,4$  GPM), nilai arus terukur lebih besar dibandingkan pada  $Re = 6310$  ( $Q = 1,0$  GPM) dan pada  $Re = 3155$  ( $Q = 0,5$  GPM). Hal ini menunjukkan bahwa besarnya arus sangat dipengaruhi oleh jenis aliran yang sedang berjalan dan juga debit alirannya.

Gambar 10 menjelaskan hubungan antara tegangan geser yang ditimbulkan, untuk periode waktu tertentu dengan variasi diameter katoda pada  $Re$  yang lebih besar atau dalam hal ini pada debit aliran yang lebih besar juga, yaitu  $Re = 8833$  atau pada debit aliran 1,4 GPM. Jika dicermati secara bersamaan, Gambar 6, 8 dan 10 dapat ditarik kesimpulan bahwa besarnya tegangan geser dinding juga dipengaruhi oleh meningkatnya debit aliran.

Dari hasil pengukuran arus seperti diperlihatkan pada Gambar 5, 7 dan 9 diperoleh informasi bahwa semakin besar diameter (luas penampang) katoda maka arus yang ditimbulkan semakin besar pula. Dari gambar yang sama, juga didapatkan informasi bahwa besarnya arus juga dipengaruhi oleh naik debit aliran zat cair atau kecepatan fluida.

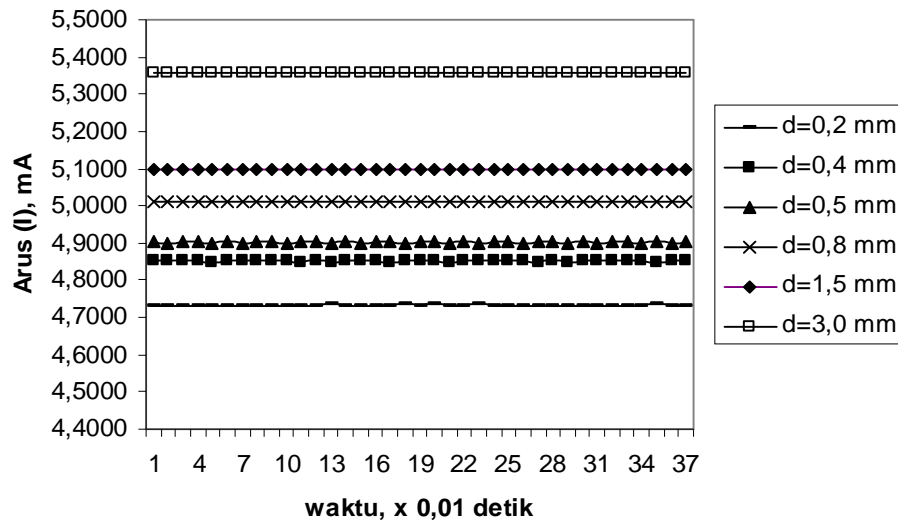
Untuk Gambar 6, 8 dan 10 diperoleh hasil bahwa pada pengukuran tegangan geser dinding saluran, luas penampang katoda berpengaruh terhadap sensitifitas hasil pengukuran. Dari gambar-gambar tersebut di atas dapat ditarik hasil analisis bahwa pada penampang katoda yang kecil, akan menghasilkan hasil pengukuran tegangan geser yang semakin baik atau semakin sensitif, dalam hal ini terjadi pada katoda dengan diameter  $d = 0,2$  mm.

#### KESIMPULAN

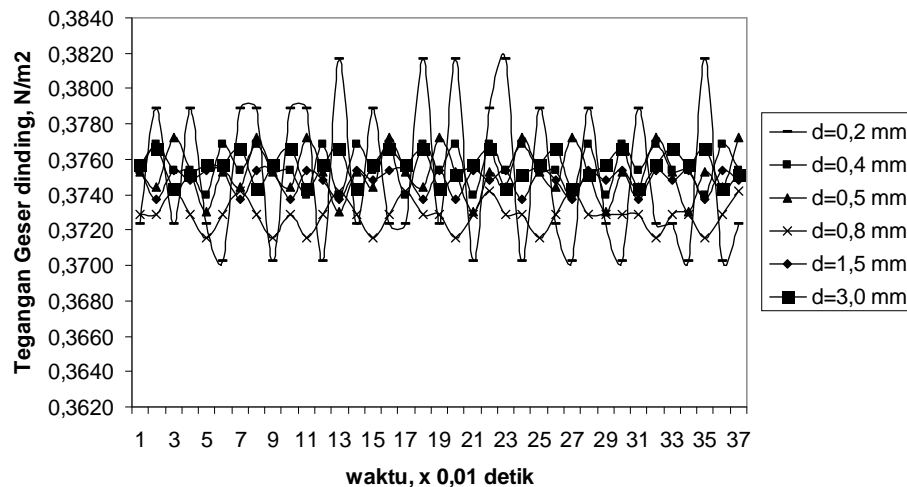
Berdasarkan uraian pada pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan akhir sebagai berikut :

1. Besarnya tegangan geser dinding (yang merupakan gradien kecepatan) juga dipengaruhi oleh meningkatnya debit aliran.
2. Pada pengukuran tegangan geser dinding saluran, luas penampang katoda berpengaruh terhadap sensitifitas hasil pengukuran
3. Pada penampang katoda yang kecil, akan menghasilkan hasil pengukuran tegangan geser yang semakin baik atau semakin sensitif, dalam hal ini terjadi pada katoda dengan diameter  $d = 0,2$  mm.





GAMBAR 9. Hasil pengukuran arus pada variasi diameter katoda pada Re = 8833



GAMBAR 10. Hasil pengukuran tegangan geser pada variasi diameter katoda pada Re = 8833

## DAFTAR PUSTAKA

- Cognet, G., Delage, Ph., Dumaine, J.Y., Lebouche, M., Martin, M., dan Souhar, M., (1977), Applications Recentes de la Polarographie a l'Etude des Ecoulements Parietaux, Actes-Proceedings Euromech. 90. LEMTA-INPL.
- Dimopulus, H.G. & Hanratty, T.J. (1968). Velocity gradients at the wall for flow around a cylinder for Reynolds numbers between 60 and 360. *Journal of Fluid Mechanics*, 33, 2, 303-319. doi:10.1017/S0022112068001321
- Hanratty, T.J. & Reiss, L.P. (1962). Measurement of instantaneous rate of mass transfer to a small sink on a wall, *AIChE Journal*, 8, 2, 245-247. doi:10.1002/aic.690080223
- Hanratty, T.J. (1969). The use of Electrochemical Techniques to study flow and mass Transfer rates, Int. Seminar, Herceg-Nov, p 1-13
- Hanratty, T. J., & Campbell, J. A. (1983). Measurement of wall shear stress. In R. J. Goldstein (Ed.), *Fluid mechanics measurements* (pp. 559-615). Washington, DC: Hemisphere.
- Indarto. (1986). *Mesure de Frottement Parietal en Ecoulement Disphasique Co-Courant*

*a Bulles, a Poches et Annulaire, Repport*  
DEA, LEMTA-INPL. Nancy.

Indarto. (1995). Pengukuran gradien kecepatan di dinding dengan metoda elektrokimia. *Jurnal Forum Teknik*, 19(1), 87-100.

Paryatmo. (2004), Pengukuran gradien kecepatan dinding aliran fluida dengan teknik polarografi. *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, 14(3), 23-30.

Tournier, C. & Florent, P. (1987). Measures en Tunnel Hydrodynamuque par Methode electro-chemique, *Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD) Conf. Proc.* No. 413 (pp. 21-1/21-14).

---

PENULIS:

Sukamta<sup>✉</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan  
Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta,  
Indonesia.

<sup>✉</sup>Email: msukamta@yahoo.com

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga 1  
Oktober 2009 dan akan diterbitkan dalam  
jurnal edisi November 2009.