

Penentuan Tegangan Permukaan Sangat Rendah Menggunakan Metode ADSA-Overlay

Tri Mulyono^{*}, Dwi Indari, Moh Azhar Alhadir

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA; Universitas Jember

* E-mail: aztrimulyono@yahoo.com

ABSTRAK

Metode ADSA-Overlay disajikan untuk menganalisa gambar tetes untuk mengukur tegangan permukaan. Metode ini menghilangkan keperluan modul deteksi batas gambar dengan latar belakang gambar dan meningkatkan teknik ADSA-P (*Axisymmetric Drop Shape Analysis-Profile*). Dalam Skema ADSA-Overlay, gambar digital diperoleh melalui akuisisi gambar dengan alat mikroskop digital dan dilakukan perhitungan persamaan diferensial Young-laplace dengan metode numerik Runge-Kutta menggunakan software Labview. Pengujian dilakukan dengan menggunakan gambar image. Selanjutnya penentuan tegangan permukaan dilakukan dengan pencocokan perhitungan teoritis dengan profile gambar eksperimen. Hasil menunjukkan bahwa proses *curve fitting* metode ADSA-Overlay berhasil diterapkan pada image tetes yang memiliki tegangan permukaan sangat rendah

Kata Kunci: Surface tension, ADSA-Overlay, Runge-Kutta, Labview

PENDAHULUAN

Sifat antarmuka cair-cair sangat penting dalam banyak proses ilmiah dan teknologi. metode berbeda telah dikembangkan untuk mengukur sifat ini (Padday, 1968). Teknik bentuk tetes telah banyak digunakan dan merupakan metode yang paling akurat (Lahooti, *at all*, 1996). Gambar. 1 menunjukkan rangkaian eksperimental khas yang digunakan dalam metode bentuk tetes canggih seperti analisis bentuk tetes aksisymmetris (ADSA = *axisymmetric drop shape analysis*). ADSA memperoleh gambar tetesan suatu cairan (atau gelembung) dan mengekstrak profil eksperimental dari tetes menggunakan teknik deteksi tepi. Kemudian mencocokkan profil tetes teoritis dengan profil ekstrak eksperimental, menetapkan tegangan permukaan sebagai parameter yang dapat diatur. Sebuah fungsi kesalahan didefinisikan yang mengukur penyimpangan dari kurva teoritis dari profil eksperimental. Prosedur optimasi menemukan kesesuaian terbaik antara profil eksperimental dan profil teoritis dengan meminimalkan fungsi kesalahan. Kesuaian terbaik sesuai dengan nilai tegangan permukaan yang benar. Rincian metodologi ADSA dapat ditemukan pada beberapa literatur (Zhu, *at all*, 2002).

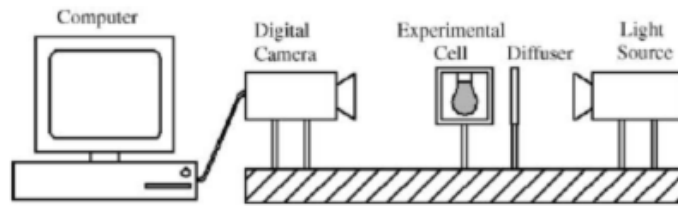
Akurasi ADSA sangat tergantung pada kualitas ekstraksi profil dengan deteksi batas tepi. Prosedur ADSA saat ini menggunakan metode deteksi tepi canggih, seperti sebagai Sobel dan Canny, bersama-sama dengan berbagai teknik pengolahan citra seperti koreksi distorsi dan interpolasi *spline cubic*. Namun demikian detektor, tepi mungkin gagal ketika akuisisi dari gambar yang tajam dan jelas dari tetes (atau gelembung) tidak mungkin karena keterbatasan eksperimental atau optik. Contohnya pengukuran tegangan permukaan dan sudut kontak logam cair menggunakan konfigurasi *sessile drop* (keterbatasan optik) (Lu, *at all*, 1999), dan percobaan gelembung

captive untuk penelitian surfaktan paru-paru, di mana karena ekaburan dari larutan atau adanya gumpalan, sehingga gambar nampak kabur atau berisik (Rotenberg, *at all*, 1983).

ADSA yang berdasarkan pada bentuk antarmuka cair / cair, adalah kompleks tetapi dapat disesuaikan dengan berbagai situasi eksperimental termasuk *pendant drop*, *sessile drop* dan gelembung. Secara singkat, ASDA mencocokkan profil tetes / gelembung yang diekstrak dari gambar eksperimental terhadap kurva Laplacian teoritis untuk diketahui nilai tegangan permukaan dengan menggunakan prosedur optimasi nonlinier (Saad, *at all*, 2011). Fungsi tujuan yang digunakan untuk mengevaluasi perbedaan antara kurva Laplacian teoritis dan profil yang sebenarnya. Fungsi tujuan ini adalah jumlah kuadrat dari jarak normal antara titik-titik yang diukur (yaitu kurva percobaan) dan kurva dihitung (Saad, *at all*, 2011). Prosedur optimasi meminimalkan fungsi tujuan dan, oleh karena itu untuk menemukan nilai tegangan permukaan yang sesuai dengan profil yang diambil dari gambar eksperimental. Tujuan penelitian ini adalah membuat program ADSA-Overlay untuk penentuan tegangan antarmuka ultra rendah.

METODE PENELITIAN

ADSA-Overlay terdiri dari tiga modul utama. modul pertama adalah modul pengolahan gambar, yang melakukan deteksi tepi dan perhitungan agregat sifat geometris menggunakan prosedur semi-otomatis. Modul kedua menghasilkan bentuk teoritis dari agregat sel ideal untuk tegangan permukaan hipotetis. Modul ketiga adalah optimasi yang menemukan perbandingan terbaik di antara profil teoritis dan tegangan permukaan yang sesuai. Cara mendapat image/gambar bentuk tetes diperoleh dengan rangkaian alat seperti yang ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian eksperimen teknik bentuk tetes modern seperti ADSA

Modul pengolahan gambar digital

Dalam modul ini, profil eksperimental, yang terdiri dari serangkaian titik-titik koordinat, diekstrak dari citra tetes. Gambar-gambar dari tetes yang dikonversi dari gambar warna gambar digital tingkat abu-abu. Tingkat abu-abu untuk setiap pixel dalam gambar adalah antara 0 dan 255, yang mewakili hitam dan putih. Sebuah detektor tepi khas yang disebut Canny, yang tersedia sebagai fungsi built-in pada Labview Development Vision Module (NI), digunakan. Beberapa parameter detektor tepi Canny, seperti ambang batas, secara manual disesuaikan untuk mendapatkan profil tetes yang diinginkan. Beberapa properti geometris (volume dan sumbu utama) dari tetes yang diperlukan untuk modul optimasi. Sumbu utama cluster dengan mudah dihitung dari koordinat titik-titik yang diekstraksi dengan detektor tepi.

Antarmuka fluida cairan aksisymmetris

Secara matematis, keseimbangan antara tegangan permukaan dan kekuatan eksternal, seperti gravitasi, diberikan oleh persamaan kapilaritas Laplace:

$$\gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \Delta P \quad \dots\dots\dots 1$$

di mana γ adalah tegangan permukaan, R_1 dan R_2 adalah dua jari-jari kelengkungan utama, dan ΔP adalah perbedaan tekanan pada antarmuka. Sifat permukaan dapat diukur dengan menganalisis bentuk eksperimental antarmuka udara-cairan dan membandingkannya dengan solusi dari persamaan Laplace. Dalam medan gravitasi menunjuk ke arah z, persamaan Laplace dapat ditulis sebagai :

$$\frac{dx}{ds} = \cos\theta \quad \dots\dots\dots 2$$

$$\frac{dz}{ds} = \sin\theta \quad \dots\dots\dots 3$$

$$\frac{d\theta}{ds} = \beta + \alpha z - \frac{\sin\theta}{x} \quad \dots\dots\dots 4$$

$$\alpha = \frac{(\Delta\rho)g}{\gamma}$$

Di mana

di mana ϕ adalah sudut kemiringan antarmuka ke horizontal (arah x), s adalah panjang busur sepanjang antarmuka, b adalah kelengkungan pada apeks, l / c adalah kuadrat panjang kapiler, g adalah percepatan gravitasi, dan $\Delta\rho$ adalah perbedaan kerapatan antara dua fase massal.

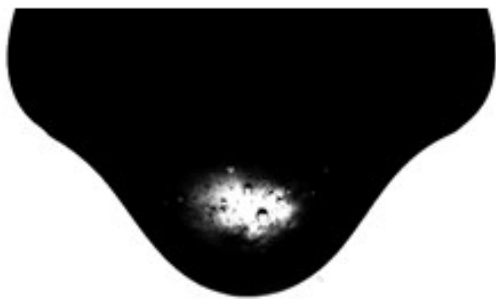
Sebuah program yang disebut interface-cairan liquid axisymmetric (ALFI) diperkenalkan oleh del Rio dan Neumann (del Rio, *at all*, 1997) untuk integrasi numerik dari persamaan Laplace untuk menghasilkan profil teoritis penurunan. ALFI memprediksi bentuk tetes untuk diberikan tegangan permukaan, perbedaan densitas, percepatan gravitasi, dan profil kelengkungan pada puncak. Volume dan koordinat dari titik-titik yang membentuk profil teoritis adalah output dari ALFI. ALFI awalnya ditulis dalam bahasa C menggunakan Library Fortran, dan sekarang telah ditulis ulang Labview untuk memudahkan dari antarmuka yang user-friendly dari Labview. Untuk versi baru dari ALFI di Labview, persamaan diferensial langkah multi-solver disebut Adams-Bashforth-Moulton diterapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Software analis bentuk pendant drop yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan labview yang dapat digunakan untuk untuk mengukur tegangan antar muka ultra-rendah sistem liquid-cairan berdasarkan metode pendant/liontin drop. Naliser bentuk tetes Labview dapat bersesuaian dengan seperti bentuk tetes lebih efektif sedangkan beberapa program analiser bentuk tetes komersial mengalami kegagalan ketika digunakan untuk menganalisa bentuk tetes karena kemudian mengadopsi metode *fitting* persamaan Young-Laplace s berdasarkan pemilihan bdang pada gambar tetes. (Metode Hansen atau metode B. Song). Koefisien kesesuaian *Bond Number* perlu dicari berdasarkan eksperimen dengan serangkaian cairan yang telah diketahui *Bond Number*. Tapi nilai tegangan antar muka terendah cair yang diketahui sekitar 1.8mN / m, dan bentuk *drop* sistem-cairan dengan tegangan permukaan ultra-rendah sangat berbeda.

Algoritma optimasi ADSA-Overlay memperkenalkan algoritma seperti pencocokkan dan menemukan *Bond Number* pada awalnya pencocokkan dimensi proses persamaan Young-Laplace untuk menemukan relevansi antara tegangan permukaan dan

jari-jari kelengkungan, dan kemudian dilakukan penyesuaian lagi persamaan Laplace-Young untuk menemukan tegangan permukaan. Tapi berbeda pencocokan persamaan Young-Laplace metode dengan menggunakan metode pemiliha. *Bond Number* dihitung dengan memilih beberapa poin yang khas (seperti 30,45,60 titik yang memotong profile tetes atau perbandingan D_s / D_e). Setelah *Bond Number* dihitung, Titik-titik tersebut dicocokkan lagi persamaan Young-Laplace untuk menemukan tegangan permukaan dan jari-jari kelengkungan. Gambar 1 adalah gambar pendant drop asli dari tegangan antar muka dari sistem cair-cair. Gambar tersebut harus diubah menjadi 8-bit format gambar BMP untuk perangkat lunak analisis bentuk bentuk tetes yang dibuat oleh seseorang lainnya.

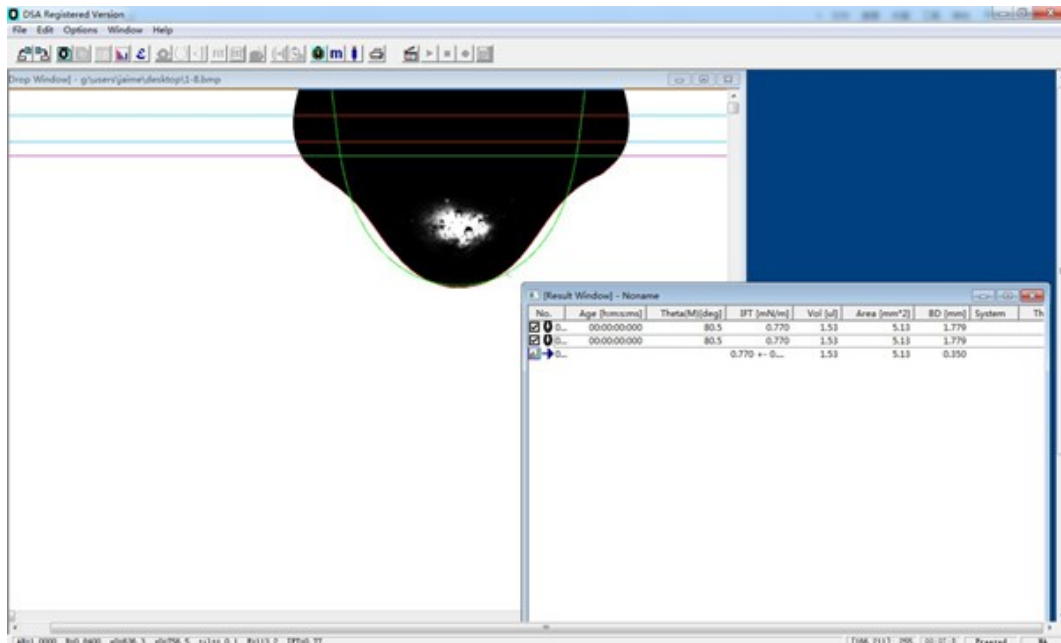


Gambar 1. Gambar pendant drop asli dari tegangan antar muka dari sistem cair-cair dengan nilai tegangan permukaan sangat rendah.

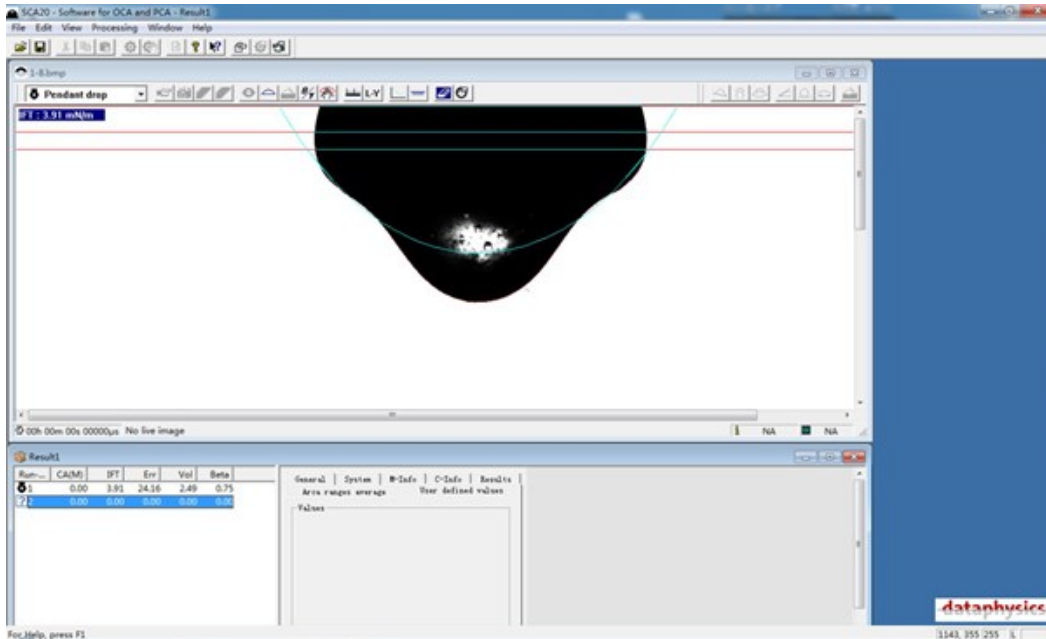
Terlihat pada gambar 3 bahwa proses pencocokan/*fitting* terhadap persamaan Laplace-Young mengalami kegagalan dalam software ini.

Bila analisa bentuk tetes dilakukan dengan metode ADSA-Overlay seperti yang dibuat pada hasil penelitian ini menunjukkan *curve fitting* mengalami kesesuaian yang jauh lebih baik dibandingkan hasil *curve fitting* dengan menggunakan software analisis bentuk tetes komersial seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dan 4. Pada bagian pengeplotan titik-titik (nilai x, y yang diperoleh dari penyelesaian persamaan differensial Young-Laplace) memperlihatkan profile bentuk tetes sesuai dengan hasil eksperimen.

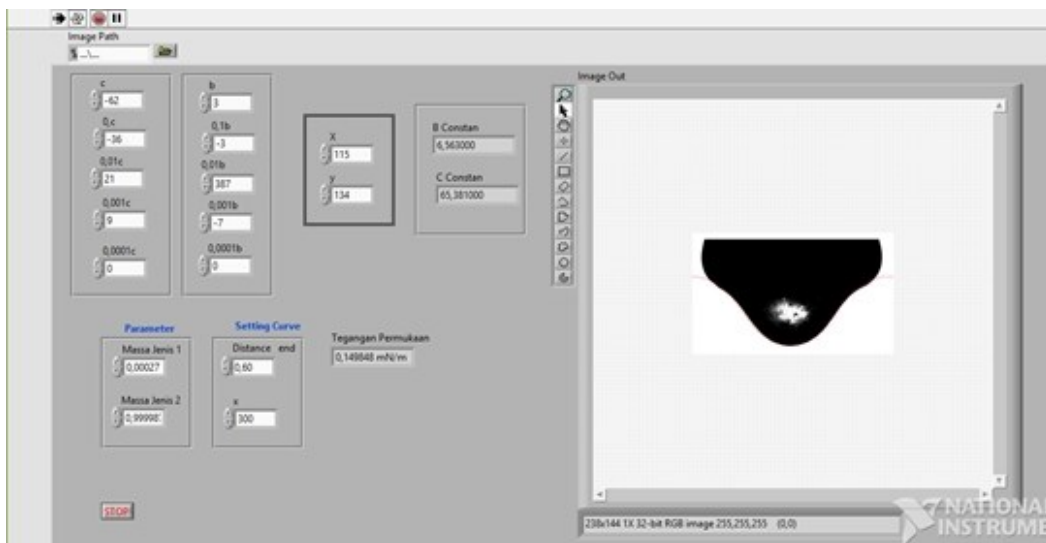
Sementara itu ada software komersial yang menunjukkan keberhasilan dalam analisa bentuk tetes yaitu CAST3.0 based on *RealDrop* or ADSA method. Tampilan gambar diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar. 2 Pengukuran tegangan antarmuka sistem cair-cairan menggunakan setetes software analisis bentuk tetes DSA 1,9 dengan metode liontin drop (pendant drop).



Gambar. 3 Pengukuran tegangan Antarmuka sistem-cairan menggunakan software analisis bentuk tetes OCA 20 dengan metode liontin drop. Kita dapat menemukan bahwa proses fitting juga menjumpai kegagalan dalam software ini.



Gambar 4. Pengukuran tegangan antara cair-cair menggunakan metode ADSA-Overlay yang berbasis software Labview.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan software Labview, Tensiometer permukaan sistem cair-cair berhasil dibuat dan telah teruji keberhasilannya dalam analisa tetes cairan. Dari hasil analisa cairan ini selanjutnya bisa ditentukan nilai tegangan permukaan ultra rendah suatu cairan yang sulit dicapai dengan alat tensiometer biasa.

DAFTAR PUSTAKA

Cheng P., D. Li, L. Boruvka, Y. Rotenberg, A. W. Neumann, 1990, Automation of Axisymmetric Drop Shape Analysis for measurements of interfacial tensions and contact angles, Journal of Colloids and Surfaces 43 (2-3): 151-167.

- Del Rio OI., Neumann A.W., 1997, Axisymmetric Drop Shape Analysis: Computational methods for the measurement of interfacial properties from the shape and dimensions of pendant and sessile drops, *Journal of Colloid and Interface Science* 196 (2):136-147.
- Hoorfar M., A.W. Neumann. 2004. Axisymmetric drop shape analysis (ADSA) for the determination of surface tension and contact angle, *J. Adhesion*, 80, 727–747.
- Jennings Jr J.W., N.R. Pallas,. 1988 An efficient method for the determination of interfacial tensions from drop profiles, *J. Langmuir* 4, 959.
- Lahooti S., O.I. del R'io, P. Cheng, A.W. Neumann, in: A.W. Neumann, J.K. Spelt (Eds.), 1996. *Applied Surface Thermodynamics*, vol. 1, Marcel Dekker, New York, p. 441.
- Lu J.Y., J. Distefano, K. Philips, P. Chen, A.W. Neumann, 1999. Effect of the compression ratio on properties of lung surfactant (bovine lipid extract surfactant) films, *Resp.Physiol.* 115 55–71.
- Neumann A.W., R.J. Good, in: R.J. Good, R.R. Stromberg (Eds.). 1979. *Experimental Methods in Surface and Colloid Science*, vol. 11, Plenum, New York, pp. 31–91.
- Padday J.F., in: E. Matijević (Ed.). 1968. *Surface and Colloid Science*, vol. 1, Wiley, New York, p. 101.
- Rotenberg Y., L. Boruvka, A. W. Neumann,. 1983. Determination of surface tension and contact angle from the shapes of axisymmetric uid interfaces, *Journal of Colloid and Interface Science* 93 (1): 169-183.
- Saad SMI., Z. Policova, A. W. Neumann, 2011. Design and accuracy of pendant drop methods for surface tension measurement, *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 384 (1-3):442-452.
- Zhu J., A. Kamiya, T. Yamada, W. Shi, K. Naganuma,. 2002. Surface tension, wettability and reactivity of molten titanium in Ti/yttria-stabilized zirconia system, *Mater. Sci. Eng. A* 327 117–127.