

Tinjauan Penerapan Teknik Olah Citra untuk Mempelajari Perilaku Antarmuka pada Fenomena Dua-Fase Gas-Cairan

Hadiyan Yusuf Kuntoro^{1, a *}, Okto Dinaryanto², Akhmad Zidni Hudaya², Windy Hermawan Mitrakusuma², Deendarlianto³, Indarto³

¹Mahasiswa S2 Fast Track Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia.

²Mahasiswa S3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia.

³Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia.

^aemail: hadiyan.y.kuntoro@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Perilaku antarmuka (*interface*) gas-cairan adalah suatu parameter yang sering dipakai untuk mempelajari karakteristik fenomena dua-fase gas-cairan. Fenomena tersebut umum terjadi di berbagai proses industri, baik ketika ada proses perpindahan kalor dan massa ataupun tidak (proses adiabatik). Oleh karena itu, suatu pengembangan teknik dan metode untuk mempelajari tanpa mengganggu fenomena fisis tersebut mutlak diperlukan. Teknik olah citra adalah salah satu metode yang digunakan untuk mempelajari perilaku antarmuka berdasarkan data visual yang diperoleh melalui sebuah perangkat perekam citra. Keunggulan teknik ini adalah kemampuannya untuk mengambil dan mengolah beragam data visual dengan berbagai kompleksitas tanpa mengganggu fenomena fisis yang dipelajari. Baru-baru ini, Grup Riset Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada sedang mengembangkan teknik olah citra untuk mempelajari fenomena dua-fase gas-cairan pada kondisi adiabatik maupun pada kondisi terjadi proses perpindahan kalor dan massa. Untuk tujuan pengembangan teknik olah citra, suatu tinjauan perlu dilakukan terkait penerapan teknik ini dalam sebuah studi kasus fenomena dua-fase gas-cairan. Juga, faktor-faktor yang mempengaruhi bagus tidaknya hasil proses olah citra akan dibahas. Pada makalah ini, berbagai rekomendasi dipaparkan guna pengembangan teknik olah citra, baik dari segi pengambilan data visual hingga proses pengolahan citra untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih baik.

Kata kunci: Studi tinjauan, Teknik olah citra, Perilaku antarmuka, Fenomena dua-fase gas-cairan, Rekomendasi teknik.

Latar belakang

Fenomena dua-fase gas-cairan umum ditemukan di berbagai proses industri, seperti pada industri kimia, perminyakan, dan nuklir. Pemahaman atas fenomena ini memegang peranan penting dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses, serta erat kaitannya dengan isu keselamatan dan lingkungan [1]. Oleh karenanya, penelitian terkait fenomena tersebut kerap dilakukan baik dalam skala laboratorium [2] maupun skala riil [3].

Parameter yang sering digunakan untuk menentukan karakteristik dari fenomena dua-fase gas-cairan adalah perilaku antarmuka (*interface*) gas-cairan [4-6]. Hal ini dikarenakan perubahan

perilaku *interface* gas-cairan menandakan adanya perubahan atau fluktuasi gaya-gaya yang bekerja padanya.

Berbagai teknik dan metode telah dikembangkan untuk mempelajari perilaku antarmuka gas-cairan, seperti CECM [7], sensor *wire-mesh* [8], dan teknik olah citra [4,6]. Teknik olah citra adalah salah satu metode yang digunakan untuk mempelajari perilaku antarmuka berdasarkan data visual yang diperoleh melalui sebuah perangkat perekam citra. Keunggulan teknik ini adalah kemampuannya untuk mengambil dan mengolah beragam data visual dengan berbagai kompleksitas tanpa mengganggu fenomena fisis yang dipelajari.

Baru-baru ini, Grup Riset Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada sedang mengembangkan teknik olah citra untuk mempelajari fenomena dua-fase gas-cairan pada kondisi adiabatik maupun pada kondisi terjadi proses perpindahan kalor dan massa. Beberapa contoh di antaranya adalah pada kasus aliran adiabatik dua-fase gas-cairan *stratified* [6] dan plug [9], serta pada kasus *droplet* dengan proses perpindahan kalor dan massa [10,11].

Untuk tujuan pengembangan teknik olah citra, suatu tinjauan perlu dilakukan terkait penerapan teknik ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi bagus tidaknya hasil proses olah citra juga perlu dikaji. Pada makalah ini, berbagai rekomendasi dipaparkan guna pengembangan teknik olah citra, baik dari segi pengambilan data visual hingga proses pengolahan citra untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih baik.

Teknik Olah Citra

Pada makalah ini, konsep olah citra yang dibahas adalah pada lingkup data digital, meskipun tidak menutup kemungkinan teknik olah citra dapat diaplikasikan pada lingkup data non-digital. Pada dasarnya, konsep olah citra adalah mengubah citra RGB (dari citra yang direkam), melalui serangkaian proses, menjadi citra biner yang hanya berisi dua nilai: 0 direpresentasikan dengan hitam dan 1 direpresentasikan dengan putih.

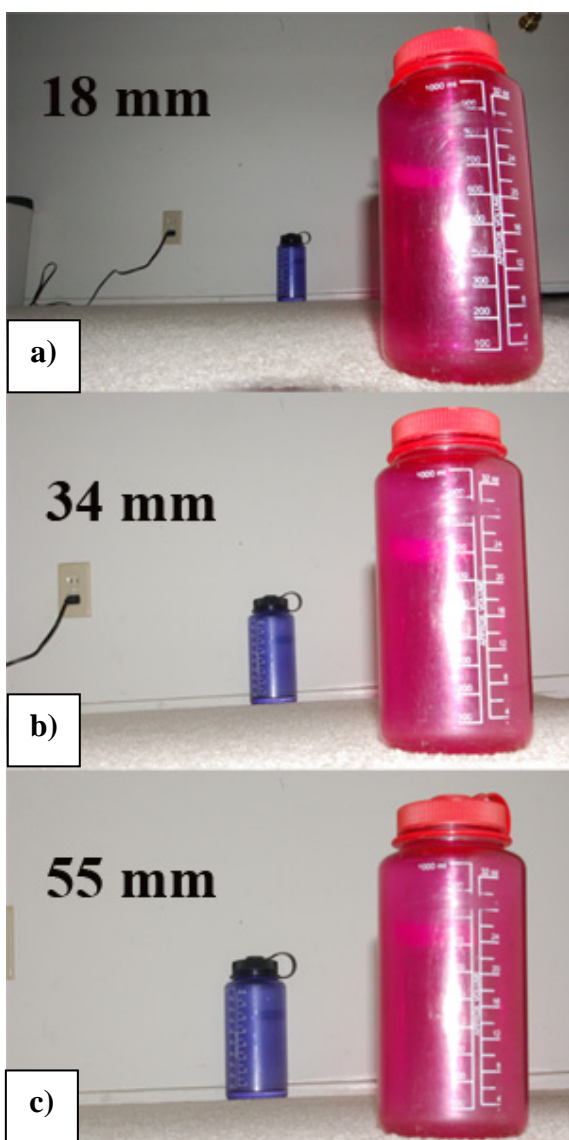
Secara garis besar, proses yang harus dilalui dalam teknik olah citra antara lain: 1) perekaman citra; 2) peng-kondisian citra; 3) penghilangan *noise*; dan 4) segmentasi citra.

Perekaman citra. Proses perekaman citra memegang peranan penting dalam hasil akhir teknik olah citra. Hal utama yang perlu diperhatikan saat akan melakukan proses ini adalah tingkat kejelasan *interface* gas-cairan yang akan direkam. Penggunaan teknik pencahayaan yang tepat akan meningkatkan kejelasan *interface* gas-cairan. Akan tetapi, penggunaan pencahayaan yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh pada fenomena gas-cairan yang akan diteliti, seperti pengaruh radiasi panas yang ditimbulkan oleh sumber cahaya. Untuk itu, suatu cara untuk menghindari panas akibat radiasi sumber cahaya menuju fenomena yang akan diteliti perlu digunakan, seperti penggunaan tabir tipe tertentu. Penggunaan tabir dengan tipe yang tepat selain dapat menghindari panas radiasi sumber cahaya, dapat pula menjadi pemerata sorot sumber cahaya menuju fenomena yang akan diteliti.

Hal berikutnya yang memiliki andil dalam menghasilkan citra berkualitas adalah penggunaan perangkat perekam citra yang tepat, seperti *high speed-video camera*. Semakin tinggi resolusi dan kemampuan rekam *fps (frame per second) high speed-video camera*, semakin bagus pula kumpulan citra yang dihasilkan. Dengan *high speed-video camera* berkemampuan rekam *fps* tinggi, fenomena gas-cairan akan terekam lebih mendetail di setiap perubahan perilaku *interface*-nya. Artinya, semakin mendetail pula penelitian dan pemahaman kita terhadap fenomena yang diamati. Dalam kasus penelitian *droplet* [11], dimana terjadi osilasi yang sangat cepat pada *interface* gas-cairan saat jatuh menumbuk permukaan padat datar, kemampuan rekam hingga 10.000 *fps* diperlukan, agar mampu menangkap perubahan osilasi tersebut secara lebih mendetail.

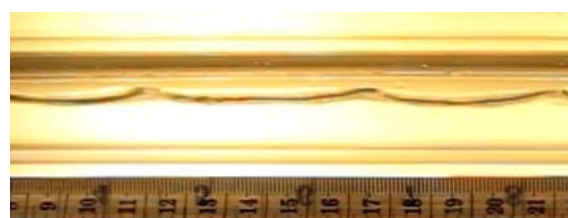
Selain itu, perlu diperhatikan pula *focal length* lensa kamera yang digunakan. Penggunaan *focal length* lensa kamera yang tidak tepat dapat menyebabkan munculnya *perspective error* tinggi pada interpretasi olah citra. Semakin tinggi *focal length* yang digunakan, semakin kecil *perspective error* yang dimunculkan.

Gambar 1 membandingkan contoh *perspective error* saat pengambilan citra dengan *focal length* lensa kamera 18, 34, dan 55 mm. Ketiga citra diambil pada jarak yang sama terhadap objek berwarna merah. Tampak pada Gambar 1.c, *perspective error* yang dimunculkan paling sedikit. Tingkat kecembungan hasil rekam citra Gambar 1.c lebih kecil dibandingkan dengan Gambar 1.a. Pada Gambar 1.a, cakupan pengambilan citra lebih luas dibandingkan Gambar 1.c, dan memunculkan interpretasi kecembungan citra pada Gambar 1.a. Pada kasus pengambilan citra fenomena gas-cairan, jika *perspective error* terlalu tinggi, bentuk *interface* menjadi terdistorsi dan memunculkan hasil akhir yang tidak sesuai fenomena nyata. Perlu dipahami bahwa *perspective error* tidak dapat dihilangkan, hanya saja kita dapat meminimalkan sekecil mungkin. Contoh hasil perekaman citra ditunjukkan di Gambar 2 untuk kasus aliran *stratified*, Gambar 3.a untuk kasus *bubble*, dan Gambar 4.a untuk kasus *droplet*.

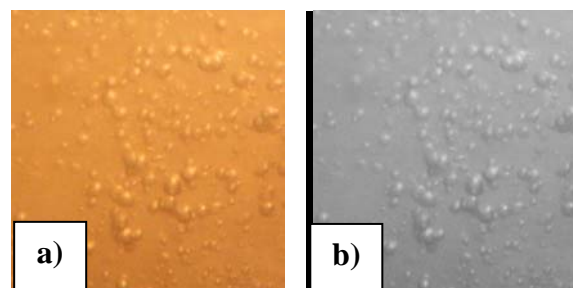


Gambar 1. Pengambilan citra dengan *focal length* lensa kamera 18, 34 dan 55 mm [12].

Kemudian, saat akan merekam citra, pastikan sudah ada keterangan skala pada objek pengamatan. Keterangan skala yang terekam bersamaan dengan objek pengamatan akan memudahkan kita mengetahui konversi ukuran citra ke dalam unit pengukuran riil. Satuan ukuran hasil rekam citra digital adalah dalam satuan piksel. Untuk itu, konversi dari satuan piksel ke satuan pengukuran riil (meter atau inchi) diperlukan. Gambar 2 memperlihatkan contoh citra dengan tertera skala pengukuran riil, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan contoh citra tanpa skala. Sulit untuk kita tahu berapa ukuran *bubble* pada Gambar 3 dengan satuan pengukuran riil. Kita hanya mengetahui dalam ukuran piksel.



Gambar 2. Pemberian skala pada objek pengamatan aliran *stratified* [6].



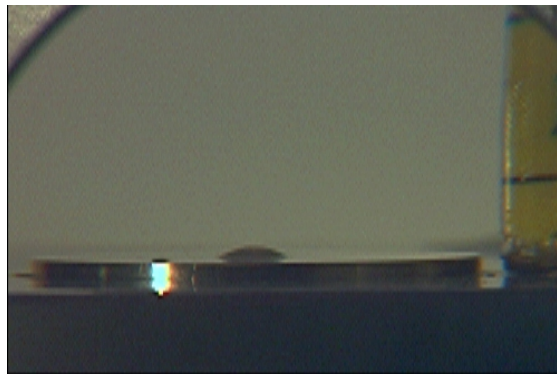
Gambar 3. Perbandingan citra: (a) RGB, dan (b) *grayscale* pada kasus *bubble* [13].

Peng-kondisian citra. Pada tahapan ini, citra dikondisikan sedemikian rupa untuk tujuan pengambilan data pengukuran, seperti pengukuran diameter *droplet*, tebal film, ataupun distribusi *bubble*. Pada kasus tertentu, sebagian potongan citra diambil secara acak atau dengan metode *sampling* tertentu; dan tidak keseluruhan hasil rekam citra dipakai.

Sebagai contoh, Gambar 4.a memperlihatkan hasil pengambilan citra kasus *droplet*. Tujuan pengambilan citra pada kasus *droplet* adalah untuk mengukur tinggi dan lebar *droplet* terhadap permukaan datar. Untuk itu, fokus pengambilan data adalah pada area *droplet*, sehingga proses *cropping* dilakukan dan dihasilkan potongan citra *droplet* seperti yang ditampilkan di Gambar 4.b.

Beberapa proses yang dilakukan di tahapan peng-kondisian citra antara lain proses konversi citra dari citra RGB ke *grayscale* (Gambar 3), proses *image rotating*, proses *image cropping*, dan proses *image adjustment*.

Proses konversi citra dari tipe RGB ke *grayscale* bertujuan untuk menyederhanakan nilai *layer* dari 3 *layer* menjadi 1 *layer* data, sehingga mengurangi pemakaian memori komputer. Proses *image rotating* bertujuan untuk mengatur garis horizon citra agar memudahkan dalam pengambilan data pengukuran, misal pada kasus *hot leg* PWR [4]. Tujuan proses *image cropping* adalah seperti paparan sebelumnya, sedangkan proses *image adjustment* berfungsi untuk mengatur susunan warna agar *interface* atau objek yang akan diukur menjadi lebih terdeteksi.



a) Hasil perekaman citra



b) Hasil crop

c) Hasil akhir

Gambar 4. Teknik olah citra kasus *droplet* [11].

Penghilangan *noise*. Pengertian *noise* adalah suatu objek, area atau pola tertentu pada citra yang keberadaannya tidak diinginkan dan relatif mengganggu area citra yang akan diambil data pengukurannya. Untuk menghilangkan *noise*, suatu teknik yang dinamakan *filtering* dilakukan atau prosesnya disebut *image filtering*. Beberapa *filter* yang sering digunakan antara lain *median filter*, *average/mean filter*, *Wiener filter*, dan *Gaussian filter*. Setiap *filter* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, pada proses *image filtering*, beberapa tipe *filter* digunakan secara berurutan, tergantung kondisi *noise* yang dialami citra.

Kuntoro dkk [14] mengembangkan *zero filter* untuk mengeliminasi *noise* pada kasus teknik olah citra aliran *stratified*. Prinsip *zero filter* adalah mengubah berapapun nilai *noise* pada citra menjadi nilai 0 (hitam).

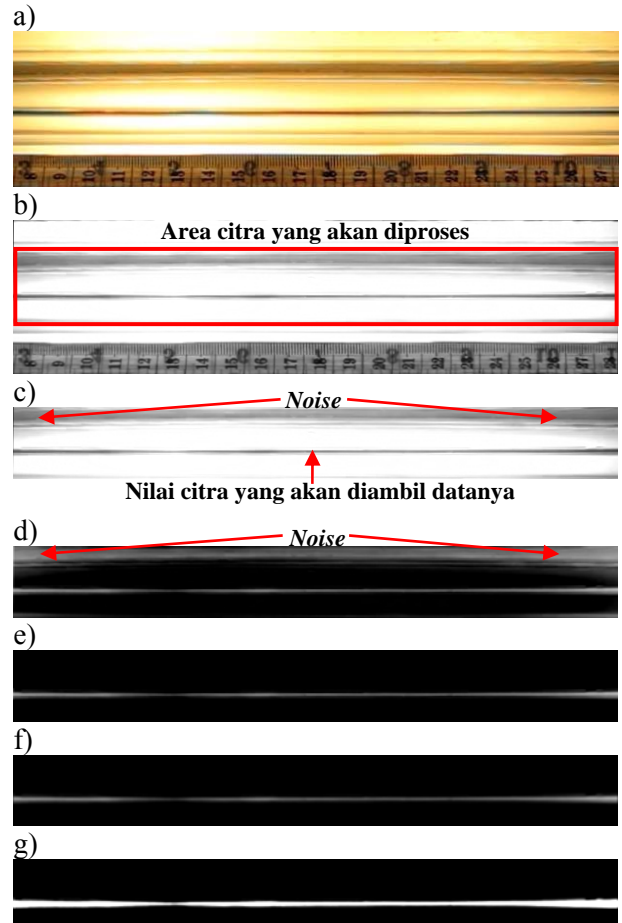
Segmentasi citra. Pada tahapan ini, citra memasuki proses pemisahan nilai data antara data citra yang akan diukur dan data latar belakang citra. Data citra yang akan diukur ditampilkan dalam warna putih (bernilai 1), sedangkan data latar belakang citra akan berwarna hitam (bernilai 0). *Thresholding*, konversi citra biner, dan proses morfologi citra masuk ke dalam tahapan ini. *Thresholding* adalah proses untuk menentukan batasan data dalam mengubah data citra menjadi nilai 0 atau 1. Data citra yang nilainya di bawah nilai batasan akan menjadi 0, dan sebaliknya. Proses morfologi citra dapat dipahami sebagai proses pembacaan struktur citra lalu merepresentasikannya sesuai tipe morfologi yang digunakan.

Studi Kasus

Untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai teknik olah citra, sebuah studi kasus penerapan teknik ini pada aliran *stratified* dipaparkan secara singkat.

Citra aliran *stratified* yang terekam diolah menggunakan MATLAB dengan urutan sebagai berikut: *high speed-video camera* merekam aliran dua-fase *stratified* dalam format file video 120 *fps* beresolusi 640 x 480 piksel selama 30 detik. Kemudian, rekaman video diekstraksi dengan *software* VirtualDub untuk mendapatkan sekuensial citra RGB per *frame* (Gambar 5.a).

Selanjutnya, setiap citra diubah menjadi format citra *grayscale* (1 lapisan matriks) dengan cara mengekstraksi lapisan merah (R/red) pada citra RGB, dan menggunakannya sebagai lapisan matriks baru (*layer R*). Hasil proses *grayscale* diperlihatkan di Gambar 5.b. Untuk mengambil citra aliran di bagian dalam pipa, proses *crop* citra dilakukan (Gambar 5.c). Setelah proses *crop*, citra memasuki proses pengurangan *noise* yang meliputi proses *complement* (Gambar 5.d) dan proses *filtering* (Gambar 5.e dan 5.f). Dalam proses *complement*, nilai citra diubah menjadi nilai komplementnya.



h)



Gambar 5. Hasil olah citra pada setiap proses.

Untuk proses *filtering*, teknik *zero filter* (Gambar 5.e) dan *average filter* (Gambar 5.f) digunakan. Metode *average filter* adalah mengganti setiap nilai piksel dalam sebuah citra dengan nilai rata-rata kewanannya, termasuk nilai piksel yang diganti itu sendiri. Ini memiliki efek menghilangkan nilai-nilai piksel yang tidak representatif dari kewanannya. Ukuran matriks filter 3 x 3 digunakan dalam proses *average filter* ini. Sedangkan, konsep *zero filter* adalah mengubah nilai citra *non-interface* menjadi nilai 0 (warna hitam). Sebelum menggunakan *zero filter*, teknik plot citra harus dilakukan terlebih dahulu untuk memisahkan antara matriks area citra *interface* dan *non-interface* yang didominasi *noise*.

Kemudian, citra dikenakan proses segmentasi citra yang terdiri dari *thresholding*, konversi citra biner (Gambar 5.g), dan proses morfologi citra (Gambar 5.h). Proses *thresholding* dan konversi citra biner dilakukan untuk mengubah citra hasil olahan menjadi citra biner. Untuk proses morfologi citra, metode *skeletonize* digunakan. Setelah semua urutan proses dilakukan, citra biner *skeletonize* bisa diperoleh (Gambar 5.h dan 6). Dari citra biner *skeletonize* inilah, data fraksi cairan dapat diambil dan direpresentasikan ke dalam grafik deret waktu dan PDF (*probability density function*).



Gambar 6. Metode pengukuran fraksi cairan (*liquid holdup*).

Metode pengukuran fraksi cairan adalah dengan membuat sebuah titik/garis referensi yang membaca perubahan ketinggian cairan yang melewatinya (Gambar 6). Pembacaan dilakukan dengan cara mendeteksi perubahan letak nilai 1 terhadap latar belakang citra. Nilai 1 (atau ditampilkan dengan warna/garis putih pada citra) adalah cerminan dari *interface* aliran *stratified*. Dari data ketinggian cairan, nilai fraksi cairan (*liquid holdup*) dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan analitis yang telah dikembangkan oleh Kuntoro dkk [14].

Kesimpulan

Tinjauan mengenai penerapan teknik olah citra untuk mempelajari perilaku antarmuka pada fenomena dua-fase gas-cairan telah dilakukan. Berbagai rekomendasi telah dipaparkan untuk pengembangan teknik olah citra ke depan. Sekalipun teknik ini bersifat tidak merusak fenomena fisis yang diteliti, beberapa hal dapat memicu timbulnya kesalahan dalam interpretasi hasil akhir dan munculnya *error* dalam data. Padahal, hal tersebut sangat dihindari untuk mendapatkan pemahaman fenomena yang lebih baik. Sebuah studi kasus penerapan teknik olah citra pada aliran *stratified* juga dipaparkan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia atas dukungan finansial melalui Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi nomor kontrak LPPM-UGM/1448/LIT/2013.

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia untuk dukungan finansial studi melalui beasiswa program Fast Track. Penulis pertama juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Deendarlianto atas kesempatan berharga, bimbingan dan diskusi hangat selama penulis pertama mengerjakan riset.

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Akmal Irfan Majid atas bantuan pinjaman *rice cooker* selama penulis pertama menyelesaikan *research internship* di Dresden, Germany.

Referensi

- [1] A. Poullikkas, Effects of two-phase liquid-gas flow on the performance of nuclear reactor cooling pumps, *Progress in Nuclear Energy* 42 (2003) 3-10.
- [2] Deendarlianto, C. Vallée, D. Lucas, M. Beyer, H. Pietruske, H. Carl, Experimental study on the air/water counter-current flow limitation in a model of the hot leg of a pressurized water reactor, *Nuclear Engineering and Design* 238 (2008) 3389-3402.
- [3] A.M.C. Chan, M. Kawaji, H. Nakamura, Y. Kukita, Experimental study of two-phase pump performance using a full size nuclear

- reactor pump, *Nuclear Engineering and Design* 193 (1999) 159-172.
- [4] G.A. Montoya, Deendarlianto, D. Lucas, T. Höhne, C. Vallée, Image-processing-based study of the interfacial behavior of the countercurrent gas-liquid two-phase flow in a hot leg of a PWR, *Science and Technology of Nuclear Installations* 2012 (2012) 1-10.
- [5] Deendarlianto, Y. Takata, S. Hidaka, Indarto, A. Widyaparaga, S. Kamal, Purnomo, M. Kohno, Effect of static contact angle on the droplet dynamics during the evaporation of a water droplet on the hot walls, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 71 (2014) 691-705.
- [6] H.Y. Kuntoro, Deendarlianto, Experimental study on the liquid holdup characteristics of air-water horizontal stratified flow by using an image processing technique, *Proceeding Seminar Nasional Thermofluid VI*, 29 April 2014, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- [7] Deendarlianto, A. Ousaka, A. Kariyasaki, T. Fukano, Investigation of liquid film behavior at the onset of flooding during adiabatic counter-current air-water two-phase flow in an inclined pipe, *Nuclear Engineering and Design* 235 (2005) 2281-2294.
- [8] M.J. Da Silva, S. Thiele, L. Abdulkareem, B.J. Azzopardi, U. Hampel, High-resolution gas-oil two-phase flow visualization with a capacitance wire-mesh sensor, *Flow Measurement and Instrumentation* 21 (2010) 191-197.
- [9] A.I. Majid, O. Dinaryanto, Deendarlianto, Indarto, Quantitative visualization of the wave characteristics of air-water horizontal stratified flow by using an image processing technique, *Proceeding Seminar Nasional Thermofluid VI*, 29 April 2014, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- [10] W.H. Mitrakusuma, Deendarlianto, S. Kamal, M. Nuryadi, R. Rustandi, Penentuan sudut kontak dengan pengolahan citra, *Proceeding Seminar Nasional Thermofluid VI*, 29 April 2014, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- [11] W.H. Mitrakusuma, Komunikasi pribadi, Mei-Juni 2014.
- [12] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Focal_length.jpg [Online, Jumat 29 Agustus 2014 pukul 18.30 GMT+01.00].
- [13] F. Putradi, Komunikasi pribadi, Juni-Juli 2014.
- [14] H.Y. Kuntoro, A.Z. Hudaya, O. Dinaryanto, Deendarlianto, Indarto, The implementation of image processing technique to determine the interfacial behavior of gas-liquid wavy two-phase flow in a horizontal pipe, *Proceeding SNTTM XII*, 23–24 Oktober 2013, Bandar Lampung, Indonesia.

Referensi [6] dan [14] dapat diunduh di:
<http://hadiyanykuntoro.wordpress.com/publications/>