

ANALISIS KUANTITATIF *SPRAY DROPLET* ATOMISER DUA FLUIDA

ABSTRAK

Benny D Leonanda, Adly Havendri, Ferry Arison, Yudi Andri
Fakultas Teknik, SPP/DPP 1999-2000

Karakteristik atomisasi atomiser dua fluida (udara-cairan) dianalisa dalam penelitian ini. Distribusi semburan keluar atomiser ditentukan dengan menggunakan pengukur distribusi semburan volumetrik. Volume air yang tertampung didalam wadah ditimbang dan kemudian distribusi volumetrik dianalisa.

Pengujian dilakukan dengan mempertahankan laju massa cairan tetap dan laju massa udara berubah. Dari data semburan dapat dihasilkan distribusi volumetrik/massa cairan dalam arah radial untuk laju massa udara berubah

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan volumetrik dalam arah radial untuk laju massa cairan tetap menunjukkan bahwa kecendrungan distribusi massa air hanya pada sebagian daerah yaitu pada bagian tengah hingga bagian yang masih masuk ke dalam daerah semburan, dan kecendrungan distribusinya membentuk kurva parabolik. Untuk rasio laju massa udara –cairan yang sama dan laju massa cairan berubah menunjukkan distribusi berbanding terbalik dengan laju massa cairan, dimana untuk laju massa cairan yang kecil dengan rasio laju massa udara-cairan yang sama, distribusinya cenderung lebih besar

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Atomisasi adalah proses dimana terjadi perubahan volume cairan menjadi butiran. Pemakaian dari atomiser (nozzles) dan spray dapat dilihat aplikasinya pada industri seperti :

- Proses pembakaran, seperti tungku industri, turbin gas, dan mesin pembakaran internal bolak-balik.
- Industri yang terkait dengan proses penyemprotan, dengan aplikasi pada pendinginan uap, pelapisan dengan spray, Pencetakan injeksi, dan pengeringan dengan spray.
- Bidang pertanian (Penyemprotan pestisida pada tanaman)

Dari gambaran diatas, fungsi dari nozzle dapat di bedakan secara umum atas tiga macam:

- Penghantaran jumlah cairan yang tepat pada selang waktu yang ditentukan (ini khususnya berlaku pada aplikasi otomotif)
- Pemisahan zat padat menjadi butiran.
- Distribusi cairan pada kondisi tertentu (contohnya pada struktur spray tipe hollow-cone , dengan pola semprotan seragam dan simetri.

Nosel dari spray menyempurnakan proses konversi dari cairan menjadi butiran dalam berbagai cara. Teknik yang digunakan adalah dengan perbedaan kecepatan yang tinggi antara cairan dan udara sekitar, cairan memiliki energi kinetik, atau gabungan keduanya untuk mendisintegrasi

cairan, yang diproses dari keluaran nosel menjadi bentuk butiran halus. Pendekatan yang pertama terlihat pada atomisasi pemecahan udara (*air blast*), sedangkan yang kedua digunakan pada atomisasi pusaran tekanan, dan atomisasi berputar (*rotary atomizer*).

Contoh dari gabungan keduanya terlihat pada sistem injeksi bahan bakar yang digunakan pada turbin gas modern, dimana nosel pengatur pusaran tekanan digunakan untuk menghasilkan atomisasi yang efisien dan pembakaran pada saat startup dan kondisi beban kerja rendah (ketika laju aliran bahan bakar rendah), dan pada beban mesin yang normal (laju aliran bahan bakar tinggi) kebanyakan dari bahan bakar diarahkan ke atomisasi pemecah udara.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan :

Mendapatkan analisis kuantitatif semburan dari atomiser dua fluida untuk memperkirakan persentase butiran air yang dapat menguap.

Manfaat :

Karakteristik butir semburan yang diperoleh dari pengujian dapat diaplikasikan pada proses-proses pengeringan *spray*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar-dasar Atomisasi

Proses pembuatan butiran cairan didalam fasa gas disebut dengan atomisasi. Proses atomisasi dimulai dengan mendorong cairan melalui sebuah nosel. Energi Potensial cairan (diukur sebagai tekanan cairan untuk nosel hidrolis atau tekanan udara dan cairan untuk nosel pneumatik) dengan bantuan geometri nosel menyebabkan cairan diubah menjadi bongkahan-bongkahan kecil. Bongkahan ini selanjutnya pecah menjadi pecahan yang sangat kecil yang biasanya disebut dengan butir (*drop*), butiran (*droplet*), atau partikel cairan.

Setiap semburan (*spray*) menghasilkan suatu rentang besar butir, rentang ini dinyatakan sebagai distribusi besar butir (*drop size distribution*). Distribusi besar butir ini tergantung pada ; jenis nosel dan sangat bervariasi untuk setiap jenisnya. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi besar butir adalah sifat-sifat fisik cairan, dan kondisi operasi.

2.2 Atomisasi (*Pengabutan*) Cairan

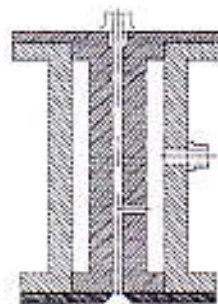
Seperti disebut sebelumnya, bahwa pembuatan butiran cairan yang halus di dalam fasa gas disebut dengan atomisasi (*pengabutan*). Dalam hal ini densitas gas jauh lebih kecil dari densitas cairan. Sehingga mekanisme formasi butiran jauh berbeda untuk perbedaan densitas yang rendah, terutama pada kecepatan tinggi. Pengabutan kebanyakan digunakan untuk keperluan-keperluan sebagai berikut :

- a. Pengabutan Bahan bakar
- b. Pembuatan produk berbentuk *granular* (bongkahan).
- c. Operasi perpindahan massa, dan
- d. Pelapisan permukaan (pengecatan, dll).

Besar butir, laju massa aliran dan kecepatan butiran tergantung kepada kebutuhan. Untuk membuat produk *granular* diusahakan butiran yang dihasilkan mempunyai distribusi yang sempit. Untuk proses-proses perpindahan massa, butiran yang dihasilkan diusahakan sehalus mungkin. Dan untuk proses pembakaran, antara cairan bahan bakar dengan udara diusahakan tercampur dengan baik dan butiran yang halus lebih menguntungkan.

Dalam praktek, cairan yang diatomisasi seringkali bukan fluida yang sederhana, tetapi berupa suspensi, atau larutan dan mempunyai sifat non-Newtonian.

Banyak cara untuk mengatomisasi cairan, mulai dengan metode yang sederhana sampai dengan metode yang lebih kompleks. Metode yang paling banyak digunakan untuk atomisasi bahan bakar adalah nosel pneumatik atau atomisasi dua fluida seperti pada Gb.2.1 berikut :



Gambar 2.1. Nosel atomisasi dua fluida

2.3 Mekanisme Atomisasi (pengabutan)

Mekanisme atomisasi dilihat dari fluida kerja dapat dibagi atas atomisasi hidrolis dan pneumatik.

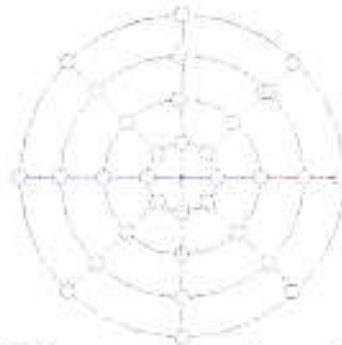
- Atomisasi hidrolis
Pada atomizer hidrolis, atomisasi terjadi karena tekanan cairan atau gaya gravitasi pada cairan yang ke luar pada mulut nosel dan pecah pada waktu jet berbentuk lembaran.
- Atomisasi pneumatik
Pada atomisasi pneumatik, atomisasi terjadi sebagai akibat saling aksi antara cairan dengan udara yang berkecepatan tinggi. Gesekan antara cairan dengan udara menyebabkan terdisintegrasinya cairan menjadi butiran. Jika ditinjau proses pencampuran udara dengan cairan, nosel pneumatik dapat dibagi dua jenis yaitu : jenis pencampuran dalam dan pencampuran luar

2.4 Analisa pola Semburan spray

Untuk mendapatkan analisa kuantitatif pola semburan digunakan teknik pengukuran mekanik. Penghasil pola secara mekanik digunakan untuk mendapatkan pola semburan (spray) dengan mengumpulkan cairan tersemprot, sebagian atau seluruhnya, dalam bejana pengumpul yang dibagi-bagi atau susunan dari tabung-tabung *extractive*. Volume cairan (atau massa) yang terkumpul oleh masing-masing tabung atau bagian dari bejana

pengumpul, dalam waktu tertentu, kemudian diukur untuk menentukan pola semburan berdasarkan flux volume/massa cairan yang terlokalisasi.

Uji pembentukan pola dari atomisasi dapat dilakukan lebih baik dengan menggunakan tabung-tabung kecil, yang mengumpulkan hanya bagian dari cairan yang digunakan spray. Tabung-tabung tersebut dapat disusun dengan susunan seperti pada gambar dibawah. Susunan tersebut dapat diputar pada sumbuinya untuk mendapatkan hasil pengukuran dari distribusi cairan secara melingkar dan pembentukan pola. Teknik pengukuran mekanik ini juga mengijinkan pengukuran langsung dari volume aliran dan laju massa cairan secara radial dan melingkar.



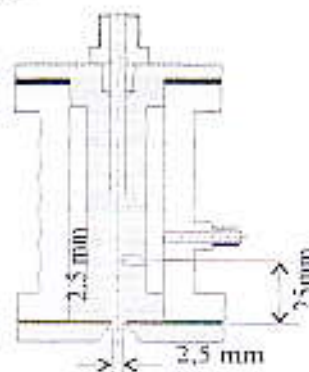
Gambar 2.2. Susunan tabung-tabung (tampak atas)

III. PERALATAN DAN METODA PENGUJIAN

3.1 Instalasi Pengujian Atomiser Y-jet

3.1.1 Atomiser Y-jet

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat penampang atomiser Y-jet yang digunakan dalam eksperimen ini. Jika ditinjau dari arah aliran cairan dan gas memasuki nosel, atomiser dinamakan atomiser Y-jet sederhana (*Plain Jet*). Air dengan debit tertentu dimasukkan pada saluran bagian tengah sedangkan udara dimasukkan pada sisi saluran cairan. Atomiser ini merupakan atomiser jenis pencampuran dalam, dimana proses pencampuran antara cairan dengan udara terjadi di dalam nosel.



Gambar 3.1 Penampang atomiser plain-jet

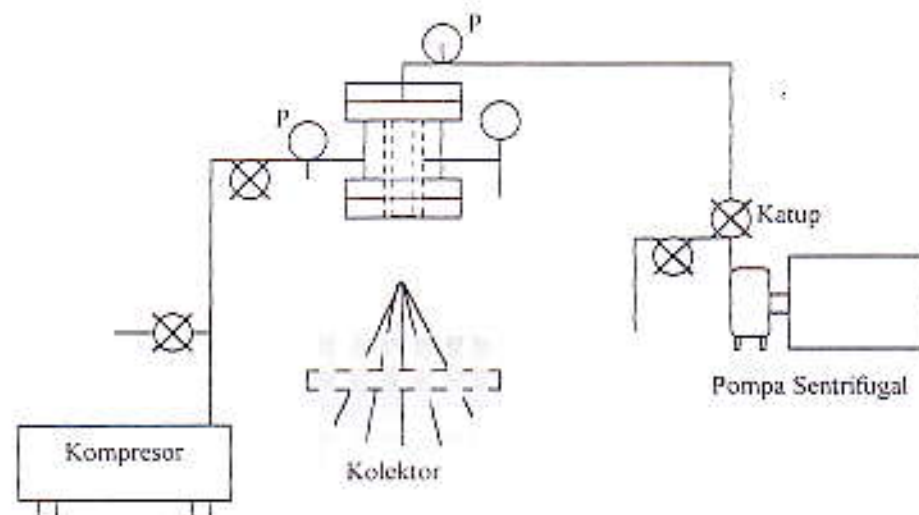
Proses atomisasi dimulai pada waktu cairan (air) bertemu dengan udara. Laju aliran air tergantung pada tekanan air sebelum masuk atomiser.

Pemilihan jenis atomiser ini didasarkan pada :

- ⇒ Hubungan antara karakteristik atomiser dengan kondisi operasi lebih mudah diidentifikasi
- ⇒ Bentuk sederhana
- ⇒ Mudah pembuatan
- ⇒ Mudah dalam mengatur aliran.

3.1.2 Susunan Alat Uji

Susunan alat uji seperti terlihat pada Gb. 4.2, selain atomiser yang diuji, alat uji ini dilengkapi dengan alat ukur tekanan. Udara pengatomisasi disuplai dengan menggunakan sebuah kompresor. Sedangkan untuk memompakan air ke dalam atomiser, digunakan sebuah pompa sentrifugal.



Gambar 3.2 Susunan alat uji.

3.2 Rancangan Pengujian Karakteristik Atomiser

3.2.1 Karakteristik Atomiser

Karakteristik sebuah atomiser dinyatakan dengan :

- ◆ Diameter rata-rata butiran
 - ⇒ Besar diameter rata-rata butiran
 - ⇒ Distribusi diameter rata-rata (sempit atau lebar)
- ◆ Kecepatan Butiran
 - ⇒ Kecepatan rata-rata
 - ⇒ Distribusi kecepatan
- ◆ Pola semburan
- ◆ Sudut semburan
- ◆ Kesimetrisan

Didalam penelitian ini yang akan ditentukan atau didapatkan adalah pola semburan dan distribusi butiran fluida pada setiap titik yang diukur.

Karakteristik tersebut dipengaruhi oleh :

- Sifat-sifat fisik fluida kerja (cairan)
 - ⇒ Viskositas cairan
 - ⇒ Tegangan permukaan

- Jenis nosel /Atomiser
- Kondisi operasi
 - ⇒ Tekanan, cairan dan gas (udara)
 - ⇒ Laju aliran, kecepatan dan dimensi nosel.

3.2.2 PROSEDUR PENGUJIAN

A. Pengujian Awal

Untuk mendapat laju massa cairan yang tetap didalam atomiser harus dilakukan pengujian awal. Pengujian awal ini untuk mendapatkan tekanan cairan untuk laju massa tertentu. Prosedur yang dilakukan adalah :

- Set tekanan cairan sesuai dengan laju massa cairan yang diinginkan.
- Naikan tekanan cairan pada tekanan tertentu, kemudian naikan tekanan udara yang mana tekanan udara harus sama dengan tekanan cairan, dimana prosedur ini dilakukan sampai mendapatkan laju massa cairan sama dengan laju massa tanpa udara.
- Hitung rasio laju massa persatuan luas udara dengan cairan, dengan menggunakan persamaan sbb. :

$$G_F = \frac{\Delta P \rho_L d^2}{32 \mu_L L}$$

dimana : G_F : laju massa cairan persatuan luas
 ΔP : tekanan cairan pada atomiser.
 ρ_L, μ_L : densitas, dan viskositas cairan
 d, L : diameter mulut dan panjang atomiser.

$$G_A = \frac{1}{\left[1 + \frac{1-x}{x} \frac{1}{K^2}\right]^{0.5}} \left[\frac{nM}{RT} \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}} \right]^{0.5} P_o$$

$$K = 0,17x^{0,18} \left(\frac{\rho_L}{\rho_G}\right)^{0,5}$$

dan

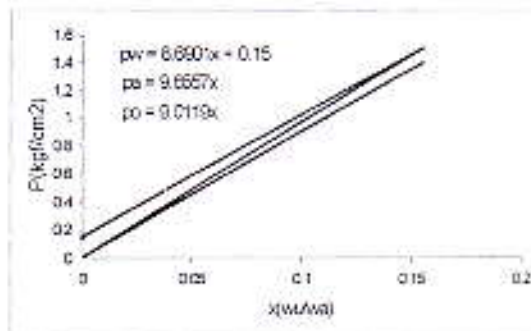
$$\frac{G_A}{G_F} = \frac{x}{1-x}$$

dimana : G_A : laju massa udara persatuan luas
 x : fraksi massa
 R : konstanta gas ideal
 M : berat massa udara per mol
 n : 1,2

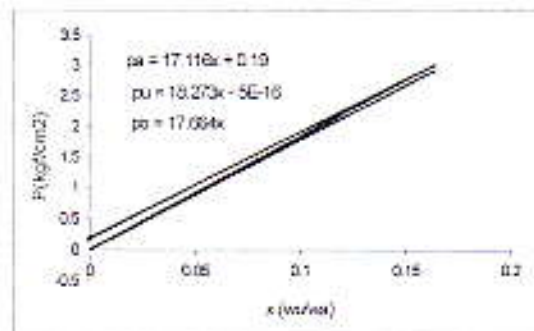
Perhitungan dilakukan dengan proses iterasi sehingga harga $\frac{G_A}{G_F} = \frac{x}{1-x}$

harus sama.

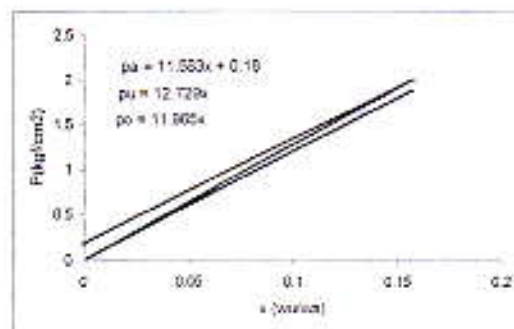
Setelah didapat G_A/G_F dibuat grafik pengujian seperti berikut :



Grafik pengujian atomiser pada laju massa $6.65 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w = 0.155$



Grafik pengujian atomiser pada laju massa $3.256 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w = 0.164$



Grafik pengujian atomiser pada laju massa $6.24 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w = 0.157$

Dari grafik tersebut dapat ditabelkan tekanan cairan dan udara yang akan diuji untuk laju massa cairan tetap. Pada tekanan udara dan cairan yang sama merupakan tekanan operasi atomiser. Setelah mendapatkan grafik pengujian maka dapat pula diturunkan persamaan untuk grafik tersebut.

B. Pengujian Distribusi Volumetrik

Pengujian distribusi volumetrik dilakukan untuk beberapa titik perbandingan laju massa udara dan laju massa air dengan mengacu kepada tekanan yang didapat dari grafik pengujian awal.

Prosedur Pengujiannya :

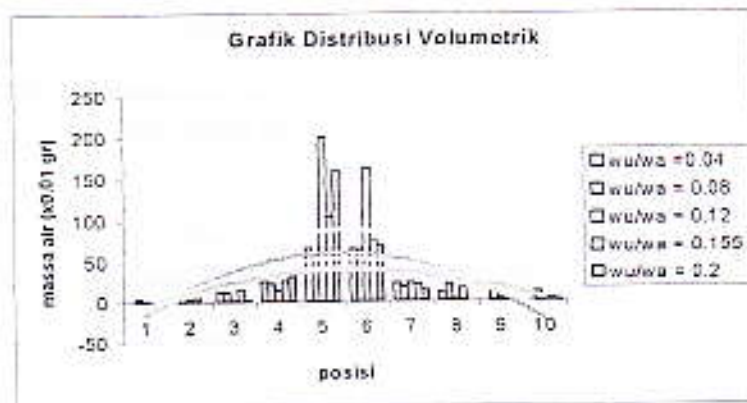
1. Timbang berat awal dari masing-masing tabung ukur distribusi.
2. Letakkan tabung-tabung tersebut pada posisinya
3. Lakukan pengujian pada tekanan udara dan tekanan cairan yang didapat dari grafik pengujian awal dengan waktu pengujian 5 menit.
4. Timbang berat akhir dari masing-masing tabung ukur distribusi.
5. Berat air adalah berat akhir-berat awal.
6. Buat grafik massa vs posisi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

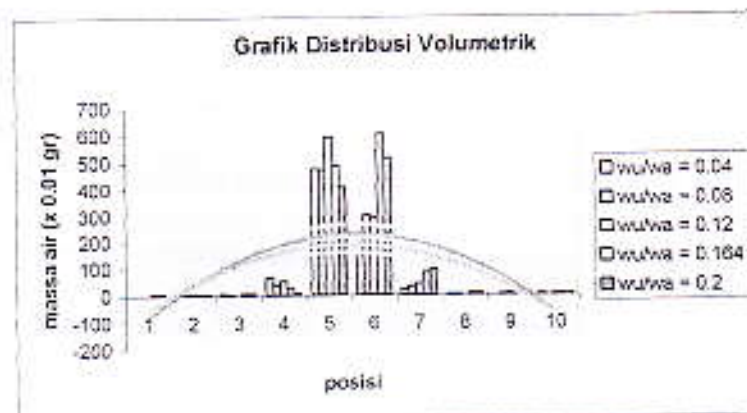
Dari pengujian awal akan didapatkan grafik pengujian yang akan dijadikan acuan dalam melakukan pengujian distribusi volumetrik.

Pengujian Distribusi Volumetrik dilakukan untuk mendapatkan data kecenderungan semburan dari atomiser dua fasa ini. Oleh karena itu dari pengujian

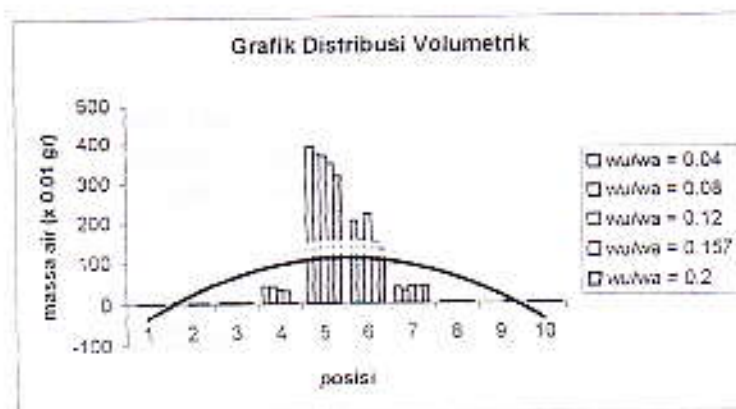
distribusi volumetrik ini didapatkan grafik massa air vs posisi pengukuran untuk tiap titik pengujian, yaitu untuk 5 macam rasio massa udara dengan massa air. Oleh karena pengujian ini dilakukan pada 3 macam laju massa cairan yang berbeda, maka didapatkan 3(tiga) buah grafik. Grafik yang didapat tersebut adalah :



Grafik distribusi volumetrik pada laju massa $6.65 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w_a = 0.155$



Grafik distribusi volumetrik pada laju massa $3.256 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w_a = 0.164$



Grafik distribusi volumetrik pada laju massa $6.24 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, dan titik operasi $w_u/w_a = 0.157$

Dari grafik yang diperoleh, dapat diamati kecenderungan semburan atomiser hanya terbatas pada daerah tertentu yaitu daerah kerucut semburan (Kerucut semburan).

Selain itu, pada daerah semburan tersebut juga terlihat kecenderungan distribusi semburan yang lebih banyak ditengah.

Hal ini sangat dipengaruhi oleh letak tabung pengukur yang mendatar, sementara semburan berbentuk kerucut, sehingga menyebabkan luas permukaan tabung ukur yang berkontak dengan semburan akan lebih besar pada bagian tengah dibandingkan dengan bagian pinggirnya.

Selain itu dari grafik juga terlihat bahwa terjadi ketidakseimbangan sisi kiri dan sisi kanan dari pengukur. Hal ini terjadi akibat pengaruh dari arah masuk udara kedalam atomiser yang hanya dari satu sisi.

Dari pengujian ini juga dapat diamati pengaruh dari rasio massa udara dengan massa air (wu/wa). Dimana untuk wu/wa yang lebih kecil, semburan akan lebih banyak terkumpul pada bagian tengah. Sedangkan untuk wu/wa pada titik operasi atomiser, semburan yang terjadi relatif lebih merata.

Kemudian pada pengujian ini juga dapat dilihat bahwa laju massa cairan yang digunakan tidak memberikan pengaruh banyak terhadap profil distribusi yang terbentuk. Pengaruh dari besarnya laju massa cairan lebih banyak kepada jumlah cairan yang tertampung pada tabung pengukur distribusi. Dimana untuk laju massa yang lebih besar dengan perbandingan wu/wa yang sama, maka jumlah cairan yang tertampung akan lebih besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil yang diperoleh, metoda yang digunakan di dalam penelitian ini, baik penentuan tekanan air dan udara maupun cara pengambilan data distribusi dengan menggunakan metoda pengukur distribusi (distribution measurement methode) dapat digunakan untuk menganalisa karakteristik atomiser dua fluida, terutama pengukuran distribusi semburan.
2. Karakteristik atomiser dapat dikorelasikan dengan tekanan campuran cairan dengan udara, P_0 , yang berhubungan dengan perbandingan massa udara dengan massa cairan.
3. Laju massa cairan tidak mempengaruhi distribusi semburan, hal ini dibuktikan dengan perbandingan grafik yang dihasilkan dalam penelitian ini.
4. Luas permukaan dari tabung pengukur distribusi serta posisi pengukurannya sangat mempengaruhi hasil pengukuran distribusi yang didapatkan.
5. Letak inlet dari selang udara masuk juga memberikan pengaruh terhadap distribusi semburan yang terjadi.

5.2. Saran

Untuk lebih sempurnanya pengukuran yang dilakukan dan untuk mendapatkan hasil yang lebih memuaskan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan oleh peneliti selanjutnya :

1. Untuk mendapatkan grafik distribusi yang lebih teliti, perlu diupayakan untuk menggunakan alat ukur distribusi dengan jarak yang lebih kecil, dan jumlah tabung yang lebih banyak.

2. Peneliti selanjutnya juga perlu mempertimbangkan faktor koreksi bagi luas permukaan tabung ukur agar cukup signifikan dengan perbedaan posisi pengukuran.
3. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih baik, sebaiknya letak inlet udara agar diberi jarak yang cukup dari keluaran semburan, agar semburan yang terjadi cukup stabil.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Koser,O.,Wriedt,T., "Iterative Inversion of Phase Doppler Anemometry Size Distribution From Spray of Optically In homogenous Liquids",*Aplied Optics*, Vol.35,No.15, 1996, P.2537-2543.
- Long,W.Q., Ohtsuka,H.,Obakata,T.,"Characterization of Conical Spray Flow for Diesel Engine By Means of Laser Doppler Method",*JSME Int. Journal, Series B. Vol. 39, No. 3. 1996, P. 554-561.*
- Walzel,P."Liquid Atomization", American Institute of Chemical Engineering,Vol.33, No.1, 1993, P.46-60.
- Rudolf,S.C. Shick, *An Engineer's Practical Guide to Drop Size*", *Spraying System, Co., Bulletin, No.459.*