

Analisa Injector Gas Pada Flooding Di Dalam Aliran Gas Berdiameter Kecil

Erizal¹

Abstract

Have been [done/conducted] [by] research about gas injector position influence [at] contrary liquid gas stream transition [of] direction in vertical channel (flooding). Channel diameter 25,4 mm with [job/activity] fluid consist of air and water. Dilution injector in the form of wall have pore [to] residing in channel tabletop and gas injector in form of berdiameter channel 10 mm. First position, gas injector attached in the middle of channel underside (hypodermic by aksial) and second position attached [by] [in] undercarriage channel wall (hypodermic by radial).

Result of research indicate that gas injector position [do] not so have an effect on to flooding mechanism but very having an effect on to its critical velocity. [At] is second [of] this position [of] flooding [is] always started from under with the existence of stricture [of] channel by dilution film, while location [of] gas injector [in] wall will quicken flooding march of events. Result of measurement [of] speed [of] criticism compared to result from Wallis and Dukler. [is] same Result only go into effect [at] area speed [of] dilution / certain gas.

Keyword: injector gas influence, flooding, channel have small diameter

PENDAHULUAN

Sistem aliran dua fase beraneka ragam. Dilihat dari fase-fasenya dijumpai aliran gas-cair, gas-padat dan cair-padat. Berdasar kedudukan saluran ada aliran mendatar, aliran tegak atau miring; sedangkan bila ditinjau arah aliran fase-fasenya maka ada aliran berlawanan arah dan aliran searah. Pada sistem-sistem tersebut, aliran lapisan cairan/film cairan ke bawah berlawanan arah dengan aliran gas ke atas (*countercurrent flow*), banyak dijumpai dalam peralatan industri kimia, industri perminyakan ataupun dipembangkitan tenaga uap. Bila debit cairan atau gas/ap melebihi harga kritisnya maka sebagian cairan ada yang mengalir ke atas searah dengan gas/uap dan fenomena ini disebut flooding.

Peristiwa flooding dapat juga dijumpai dalam reaktor nuklir. Bila inti reaktor menjadi kering sebagian atau sepenuhnya, kemudian diusahakan pembahasan dan atas (untuk pendinginan), air yang masuk inti yang mengalir kebawah mungkin dilawan oleh uap yang ke atas hasil dari perpindahan panas atau flashing karena penurunan tekanan dan mengakibatkan gagalnya usaha pendinginan. Hal ini disebut LOCA (*loss of cooling accident*). Selain ini, flooding dapat pula ditemukan dalam peralatan lain yang

menggunakan aliran dua fase berlawanan arah, misalnya dalam kondenser, evaporator, kolom distilasi, reaktor kimia cair-gas. Kondisi flooding ini merupakan transisi aliran berlawanan arah menjadi aliran searah dan fenomena flooding harus dihindari agar unjuk kerja dan peralatan tersebut tetap baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Sampai saat ini belum dapat diketahui secara pasti pengaruh posisi injektor gas, baik terhadap mekanisme yang menyebabkan flooding maupun terhadap kecepatan kritis gas. Banyak korelasi empirik maupun model analitik yang dihasilkan oleh para peneliti (Wallis, 1969; Bharathan, 1979; Maron dan Dukler, 1984; Nishima dan Nishiara, 1985; McQuillan dkk; 1985; dan Bachir, 1987). Namun korelasi maupun model tersebut hanya berlaku dalam suatu geometri saluran dan kondisi aliran tertentu, tidak berlaku atau akan menyimpang bila diterapkan pada geometri saluran atau kondisi aliran yang lain. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor yang mempengaruhinya. McQuillan, dkk. (1985) yang menggunakan dinding porous untuk memasukkan dan mengeluarkan cairan telah mengamati bahwa flooding dimulai dari bawah, tetapi Dukler dkk. menemukan hal sebaliknya karena menggunakan cara

¹Dosen Fak. Teknik Jur. T.Mesin UNHAZ Bengkulu
Majalah Teknis Simes Vol. 9 No. 2 Juli 2015

pemasukan dan pengeluaran cairan yang lain. Indarto (1990) menggunakan cara yang sama dengan McQuillan pada saluran berdiameter 40,6 mm mengamati bahwa mekanisme flooding dimulai oleh adanya gelombang tunggal (soliton) yang menjalar dari bawah ke atas. Pada penelitian ini telah dipelajari pengaruh

posisi injektor gas terhadap peristiwa flooding pada saluran tegak berdiameter kecil 19.05 mm dengan menggunakan dinding berpori untuk memasukkan cairan.

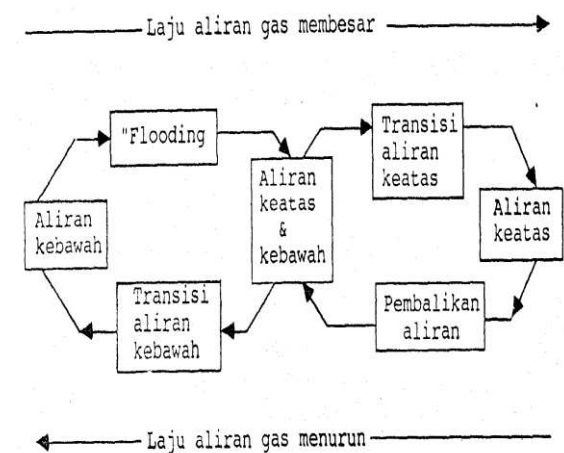
LANDASAN TEORI

Di dalam aliman dua fase gas cair berlawanan arah dimana ke dua fase tersebut secara simultan dalam medium berpori atau dalam pipa miring/tegak maka fase gas akan cenderung naik terhadap cairan. Apabila medan elektromagnetik, efek termokapiler atau efek konsentrasi kapiler diabaikan, aliran berlawanan arah hanya terjadi karena perbedaan gaya gravitasi tiap satuan volume gas dan cair. Jika kondisinya benar-benar terpisah (misalnya aliran gas-cair dalam saluran tegak) maka dimungkinkan aliran berlawanan arah tersebut dipertahankan konstan, dimana cairan mengalir kebawah dan gas keatas. Aliran berlawanan arah ditentang oleh gesekan antarmuka pada tiap fase yang harganya bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan kedua fase tersebut. Jadi ada kecepatan maksimum yang masih dapat mendukung aliran berlawanan arah dan titik ini dikenal sebagai permulaan flooding.

Kemungkinan arah aliran cair, ke atas atau ke bawah terhadap injektor cairan, diperlihatkan pada Gambar 1. Pada skema ini laju aliran cair dipertahankan konstan dan kecepatan gas diperbesar kemudian berangsur-angsur dikurangi. Pada laju aliran gas cukup kecil, film cairan dan injektor mengalir kebawah dan pada saat mencapai harga maksimum *FLOODING* dimulai. Kondisi ini cairan sebagian mengalir ke bawah dan sebagian lagi mengalir keatas searah aliran gas. Bila kecepatan gas terus diperbesar maka pada suatu saat tidak ada lagi cairan yang

keluar dari injektor yang mengalir ke bawah, tetapi semua cairan mengalir keatas. Setelah kecepatan ini dikurangi, aliran film sebagian akan kembali mengalir ke bawah sampai akhirnya semua akan kebawah bila laju aliran gas terus dikurangi.

Banyak korelasi empirik maupun model analitik yang dihasilkan oleh peneliti-peneliti dalam bidang ini, tetapi belum ada sebuah model yang dapat berlaku secara umum karena banyaknya faktor / parameter yang mempengaruhi flooding. Baik itu faktor geometri maupun sifat-sifat fisis fluida cair/gas. Faktor geometri di sini dapat berupa bentuk peralatan/cara pemasukan atau pengeluaran gas/cairan, panjang aliran film dan bentuk/diameter saluran. Sedangkan sifat-sifat fisis dari cairan/gas yang mempengaruhi antara lain massa jenis, viskositas.



Gambar 1. Flooding dan flow reversal (aliran terbalik) aliran fase cair di atas dan/atau di bawah injektor cairan.

Korelasi Wallis:

Persamaan Wallis (1961) yang mengkorelasikan kecepatan gas dan cairan pada waktu flooding merupakan persamaan yang paling sering dipakai sebagai pembanding karena berlakunya cukup luas. Bentuk persamaan ini sebagai berikut:

$$((jG^*)^{1/2} + m(jL^*)^{1/2})^2 = C \quad (1)$$

dengan :

m : parameter yang harganya tergantung pada sifat fisis cairan dan gas; bila gaya gravitasi lebih penting dan pada gaya viskos maka bilangan Grashof akan cukup besar

C 0.7 - 1.0, konstanta yang harganya tergantung pada sistem percobaan yang dipakai terutama kondisi masuk dan keluar fluida kerja; bila kondisi ini cukup baik maka C dapat diambil = 1.

jG^*jL^* : kecepatan permukaan tak berdimensi dari fase gas dan cair, parameter ini dihitung dari persamaan:

$$jk^* = jk \{ \rho_X / gD (\rho_L - \rho_G) \}^{1/2} \quad (2)$$

dengan :

G (gas) atau L (cair)

ρ : rapat massa

g : percepatan gravitasi

jG, jL : kecepatan permukaan gas dan cair yang dinyatakan oleh persamaan:

$$jk = (4 Q_k / \pi D^2) \quad (3)$$

dimana:

D : diameter saluran

Q_k : debit gas atau cairan

Jika parameter-parameter dalam persamaan (2) dianggap konstan maka harga C pada persamaan (1) merupakan jumlah kecepatan gas dan cairan pada waktu terjadi flooding. Sehingga semakin besar harga C, *flooding* terjadi pada kecepatan gas yang lebih besar bila debit cairan dipertahankan konstan, demikian pula sebaliknya.

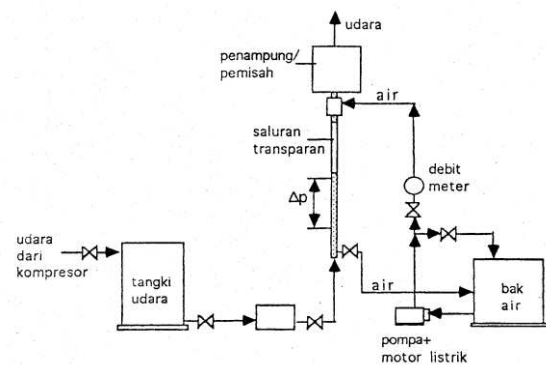
CARA PENELITIAN

Peralatan yang dipakai pada penelitian ini secara skematis diperlihatkan pada Gambar 2. Peralatan ini pada prinsipnya terdiri dari dua rangkaian, yaitu rangkaian tertutup untuk cairan (air) dan terbuka untuk udara. Sirkulasi air di dalam rangkaian ini dipergunakan sebuah pompa sentrifugal.

Saluran pengamatan dan pipa transparan dengan diameter dalam 1" (25,4 mm). Air dimasukkan ke saluran melewati sebuah komponen yang disebut injektor yang berada di bagian atas saluran. Air mengalir ke bawah dalam bentuk lapisan film pada dinding bagian dalam. Dinding injektor dibuat berlobang-

lobang supaya air masuk ke saluran secara smooth, sehingga gangguan awal yang timbul sewaktu air diinjeksikan kedalam saluran dapat dihindari. Udara yang dipakai dalam penelitian ini diambilkan dan sebuah tangki kompresor, yang volumenya sangat besar, Debit udara diatur dengan menggunakan katub-katub yang ada di injektor udara.

Dalam penelitian ini digunakan dua macam cara pemasukan udara ke dalam saluran. Yang pertama udara dimasukkan secara aksial dari tengah-tengah bagian bawah saluran (pada sumbu saluran) dan yang kedua udara dimasukkan lewat dinding saluran bagian bawah (secara radial, tegak lurus sumbu saluran). Saat penelitian berlangsung, temperatur air dan udara dalam saluran dianggap sama sehingga prosesnya dapat diasumsikan adiabatik. Beda tekanan diukur dengan manometer kolom air. Jarak antara titik-titik pengukuran tekanan adalah 450 mm.



Gambar 2. Sekema instalasi penelitian.

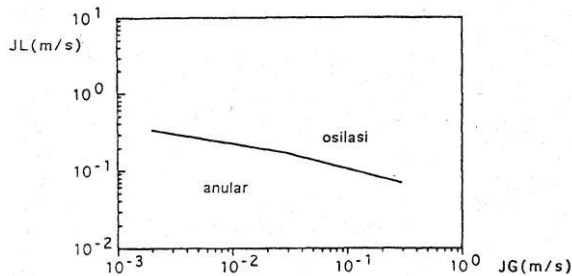
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Peta Pola Aliran

Pola aliran sebelum terjadi flooding adalah gelembung, kantung dan anuler. Aliran gelembung dan kantung hanya dijumpai pada saluran bila bagian bawahnya terbuka sedikit. Bila kran di bawah saluran pengamatan terbuka lebar, maka semua air yang masuk dari atas akan keluar kembali ke bak bawah. Pada kondisi ini terbentuk aliran film, dimana cairan mengalir ke bawah menempel dinding bagian dalam dari saluran. Pembahasan selanjutnya akan dibatasi pada aliran anular.

Pada percobaan pertama (injeksi gas secara aksial), pola aliran yang dijumpai setelah anular ialah osilasi. Pola aliran osilasi ditandai dengan berosilasinya “sumbat cairan” yaitu sejumlah cairan yang terdorong ke atas lalu turun kemudian ke atas lagi dan turun lagi, begitu seterusnya. Rejim-rejim aliran ini diperlihatkan dalam peta pola aliran pada Gambar 3 untuk sistem dengan injeksi gas secara radial dan Gambar 4 dengan injeksi secara radial dan aksial.

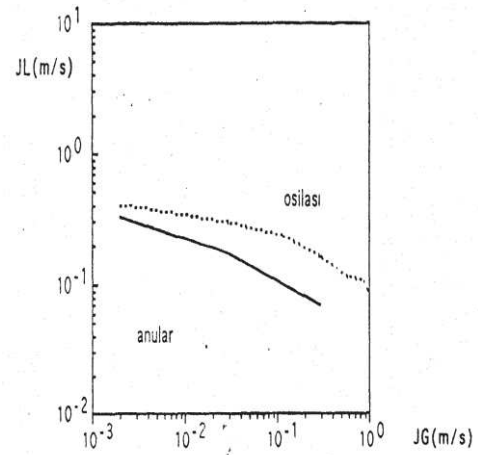
Rejim aliran osilasi menjadi berbahaya bila frekuensi osilasi sama dengan frekuensi alami struktur (alat percobaan), struktur akan bergetar dengan amplitudo yang cukup besar.



Gambar 3. Peta pola aliran dengan injeksi gas secara radial.

2. Kecepatan Gas dan Cairan pada Kondisi Flooding

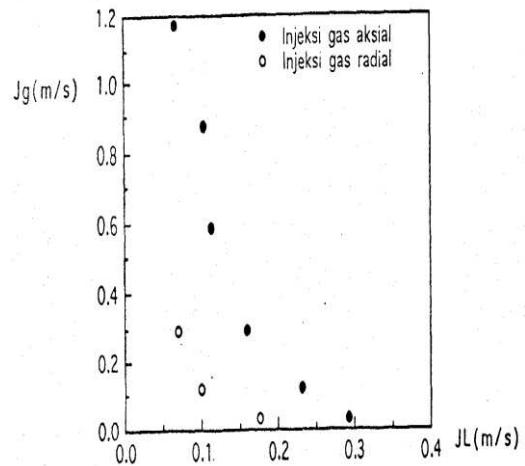
Hasil pengukuran kecepatan gas pada kondisi flooding ditampilkan pada Gambar 5, dan 6. Pada Gambar.5 terlihat bahwa flooding terjadi lebih awal, dalam arti pada kecepatan gas yang lebih kecil bila sistem injeksi gas secara radial dibanding secara aksial. Hal ini karena pembentukan sumbat cairan pada penelitian ke dua juga disebabkan oleh dorongan udara pada film cairan ke sumbu saluran.



(----) : injeksi gas aksial

(—) : injeksi gas radial

Gambar 4. Peta pola aliran dengan sistem injeksi secara radial dan aksial.



Gambar 5. Kecepatan kritis untuk sistem injeksi udara secara aksial dan radial.

Dari hasil percobaan pertama (injeksi secara aksial) memberikan korelasi *flooding* sebagai berikut:

$$(jG^*)^{1/2} + 0.5505 (jL^*)^{1/2} = 0.5117$$

(4)

sedangkan dengan injeksi secara radial didapatkan persamaan:

$$(jG^*)^{1/2} + 0.2679 (jL^*)^{1/2} = 0.2357$$

(5)

Hasil pengukuran ini juga dibandingkan dengan korelasi Wallis dan hasil dan Dukler (Gambar 6).

3. Penyaluran Sebagian (*Partial Delivery*)

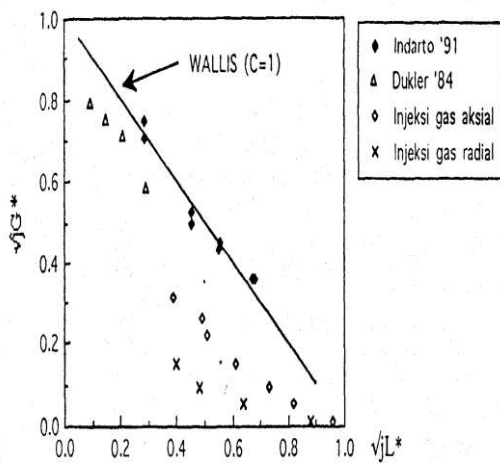
Gambar 7 menunjukkan hubungan antara laju injeksi cairan dan penetrasi

(penyaluran sebagian). Di sini nampak bahwa ketika laju injeksi dinaikkan, laju penetrasi tetap sama dengan laju injeksi hingga permulaan flooding. Menambah laju injeksi lebih lanjut akan menyebabkan penurunan mendadak laju penetrasi.

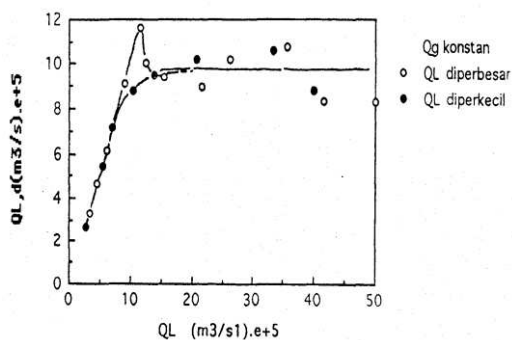
Kemudian laju penetrasi akan tetap meskipun laju injeksi dinaikkan. Bila laju injeksi diturunkan, laju penetrasi masih konstan hingga titik deflooding. Pada titik deflooding, laju penetrasi sama dengan laju injeksi. Di sini juga kelihatan adanya histerisis.

4. Gradien Tekanan

Hasil pengukuran pengaruh flooding terhadap gradien tekanan dapat dilihat pada Gambar 8. Pengukuran ini dilakukan untuk tiga laju injeksi cairan yang berbeda. Besarnya gradien tekanan dibaca pada manometer kolom air. Semakin besar laju injeksi cairan akan semakin besar pula kerugian tekanannya.



Gambar 6. Hasil pengukuran kecepatan kritis dibandingkan dengan korelasi Wallis dan hasil pengukuran dan Dukler.



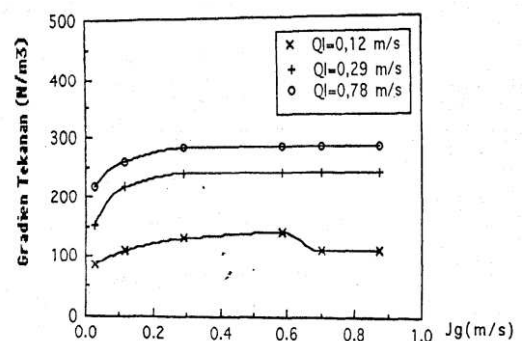
Gambar 7, Hubungan antara laju penyaluran sebagian (QL_d) dengan laju injeksi cairan (QL).

5. Mekanisme Flooding

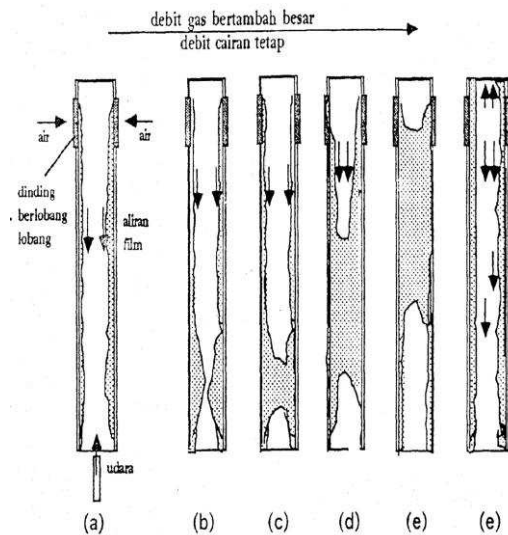
Hasil pengamatan pada fenomena flooding seperti terlihat pada Gambar 9. Aliran film dengan aliran udara pada kecepatan rendah (Gambar 9.a) pada permukaannya masih belum timbul gelombang dengan amplitudo yang besar. Bila kecepatan udara dinaikkan maka amplitudo gelombang permukaan semakin membesar (Gambar 9.b) dan akhirnya melampui jejari saluran (Gambar 9.c) sehingga menghalangi aliran udara yang bergerak dari bawah ke atas. Kemudian sumbat cairan ini akan terbawa ke atas oleh aliran udara (Gambar 9.d.e) sehingga mencapai injektor cairan dan sebagian cairan akan mengalir ke atas injektor (Gambar 9f), yang berarti telah terjadi flooding.

Terhadap mekanisme flooding, posisi injektor gas tidak mempengaruhi. Pengaruhnya hanya pada besarnya kecepatan gas pada waktu flooding; injeksi secara radial flooding lebih cepat terjadi.

Bila dibandingkan dengan mekanisme flooding yang terjadi pada saluran berdiameter besar (40,6 mm), akan sangat berbeda. Pada saluran ini flooding dimulai dengan adanya gelombang tunggal (soliton) yang merambat dari bawah ke atas searah dengan aliran gas. Setelah sampai di injektor cairan gelombang ini akan membalikkan sebagian cairan sehingga mengalir ke atas.



Gambar 8. Gradien tekanan fungsi dan laju aliran udara untuk berbagai laju aliran cairan



Gambar 9. Mekanisme flooding yang dimulai dengan penyumbatan saluran oleh cairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa flooding terjadi lebih awal bila sistem injeksi gas secara radial karena gangguan awal terhadap aliran lebih besar. Terjadi histerisis diantara flooding dan deflooding. Flooding dimulai dengan adanya penyumbatan saluran oleh aliran air dan atas. Hal ini sangat berbeda dengan mekanisme yang terjadi pada saluran berdiameter besar yang dimulai dengan adanya gelombang tunggal (soliton) merambat ke atas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachir, M., 1987, *Etude de l'instabilite d'un Film Liquide Reisselant sur une Plaque Plane Verticale et Souumis a un Contrecourant degaz*, These de Doctorat Es Sciences, INPG/USMG, Perancis.
- Bankoff, S.G. dan S.C. Lee, 1983, *A Critical Review of The Flooding Literature*, Dept. of Chem. Eng. Northwestern University- Illinois.
- Bharatham, D., G.B. Wallis and H.J. Richter, 1979, *Air Water Countercurrent Annular Flow in Vertical Tubes*, EPRI NP-786
- Indarto, 1990, *Transition Contre-Courant Co-Courant D 'Un Ecoulement de Gaz Et D 'un Film Liquide En Conduite Verticale*, These LEMTA-INPL, Nancy-Perancis.
- Maron, D.M. and A.E. Dukler, 1984, *Flooding and Upward Film Flow in Vertical Tubu 11*, Int. J. Multiphase Flow, vol.10 no.5.
- McQuillan, K.W. and P.B. Whalley, 1985, *A Comparison Between Flooding Correlations and Experimental Flooding Data For Gas-Liquid Flow in Vertical Circular Tubes*, Chem.Eng. Scic., vol 40 no.5.
- Mashima, K. and M. Ishii, 1980, *Theoretical prediction of onset of Horizontal slug Flow*, TransASME J. Fluid Rng., vol.102.
- Susilo Adhi, 1994, *Fenomena Aliran Dua Fase (Cair-Gas) berlawanan Arah*, TGA Teknik Mesin F.T. UGM.
- Wallis, G.B., 1961, *Flooding Velocity For Air And Water in Vertical Tubes*, UKAEA Reactor Group, AEEW-R123.
- Wallis, G.B., 1969, *One Dimensional Two Phase Flow*. McGraw- Hill, Inc., New York.