

PERFORMAN PERPINDAHAN KALOR REFRIGERAN MC22 PADA PIPA PENAMPANG DATAR

Firman, Muh. Yusuf Yunus¹⁾, Barlian Hasan²⁾

Abstrak: Performan perpindahan kalor aliran dua fasa untuk refrigeran HC (*hydrocarbon*) khususnya refrigeran MC22 belum diperoleh dari hasil penelitian. Di sisi lain, sifat termodinamis dan transpor antara refrigeran HC dan refrigeran CFC maupun HCFC sangat berbeda. Penelitian ini bertujuan menentukan performan perpindahan kalor refrigeran MC22 dalam pipa penampang datar. Penelitian dilakukan pada instalasi pengujian perpindahan kalor dalam pipa tembaga penampang datar dengan variasi diameter ekuivalen 5,3mm, 6,8mm, 7,2mm, dan 8,6mm. Pengujian dilakukan dengan 3 variasi tekanan dan temperatur refrigeran 0°C, 5°C, dan 10°C. Analisis data dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara drop tekanan (korelasi Friedel) dan kualitas uap refrigeran pada berbagai nilai Re. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan signifikan tersebut terjadi pada nilai $Re > 200$, sedangkan nilai Fr dan We walaupun berubah tapi pengaruhnya tidak begitu signifikan. Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa korelasi Friedel untuk pipa penampang bundar juga berlaku untuk pipa penampang datar kecuali pada nilai $Re > 200$.

Kata kunci: evaporasi, hidrokarbon, perpindahan kalor, pipa datar, refrigeran.

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang telah meratifikasi Konvensi Wina dan Protokol Montreal, wajib untuk melaksanakan segala ketentuan dalam konvensi dan protokol tersebut. Kewajiban utama yang harus dilaksanakan ialah pengawasan produksi dan konsumsi bahan perusak ozon (BPO) seperti CFC dan HCFC serta melakukan upaya pengurangan BPO di semua sektor pengguna secara bertahap sesuai jadwal yang ditentukan (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2007).

Salah satu ketentuan yang sangat penting dalam konvensi dan protokol tersebut ialah impor CFC dan HCFC dibatasi hingga 31 Desember 2007, sedangkan pemakaiannya dibatasi hanya sampai 31 Desember 2020. Berdasarkan pembatasan tersebut sisa delapan tahun lagi pemakaian refrigeran harus beralih ke refrigeran ramah lingkungan yaitu hidrokarbon (HC).

Dalam mengantisipasi peralihan pemakaian refrigeran dari CFC atau HCFC ke HC, kini telah banyak diproduksi berbagai jenis dan merek refrigeran HC di negara-negara industri. Untuk menghindari ketergantungan terhadap impor refrigeran dari negara maju, pemerintah Indonesia mengambil langkah strategis dengan

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

memproduksi refrigeran HC melalui PT Pertamina UPIII Plaju dengan merek Musicool yang terdiri atas empat jenis yaitu MC12, MC22, MC134, dan MC600. Namun masalah kemudian yang dihadapi oleh PT Pertamina ialah pengakuan dari organisasi produsen refrigeran internasional dengan aturan kriteria kelayakan untuk dipasarkan. Salah satu kriteria kelayakannya ialah aspek teknis produk refrigeran telah diuji oleh masyarakat dan terpublikasi secara internasional. Oleh karena itu, masyarakat Indonesia khususnya akademisi dan peneliti berkewajiban untuk mengatasi masalah tersebut melalui kegiatan penelitian dan publikasi internasional. Dengan demikian, Indonesia tidak lagi bergantung kepada negara-negara industri untuk mengimpor refrigeran HC. Di samping itu, keuntungan lainnya ialah bahan baku refrigeran HC dari minyak bumi masih cukup besar di negara kita. Dengan demikian, dari sisi ekonomi devisa negara akan semakin meningkat yang berarti pembangunan dan kesejahteraan masyarakat dapat ditingkatkan pula.

Dalam mendesain mesin refrigerasi selain pertimbangan efisiensi sistem, keamanan, dan biaya, juga harus mempertimbangkan program penghapusan bahan perusak ozon (BPO) dan pemanasan global (Maclaine-cross, 2004). Greenhill Technology Assosiation (2000) melaporkan, refrigeran hidrokarbon (HC) menjadi pilihan terbaik untuk mesin refrigerasi domestik karena ramah lingkungan dan pemakaian energi yang efisien. Di Indonesia, refrigeran hidrokarbon yang banyak digunakan ialah produksi PT Pertamina UPIII Plaju dikenal dengan Musicool (merek dagang). Salah satu jenis produknya ialah refrigeran MC22.

Penelitian tentang performan perpindahan kalor telah banyak dilakukan pada berbagai jenis refrigeran CFC maupun HFC antara lain R22, R134a, dan R152a. Hasil penelitian tentang performan perpindahan kalor dididh kolam (*pool boiling*) refrigeran hidrokarbon menunjukkan bahwa refrigeran tersebut sangat baik untuk aplikasi pada mesin refrigerasi (Firman, 2006). Ansar (2011), melaporkan bahwa korelasi Dittus-Boelter dapat digunakan untuk analisa performan perpindahan kalor refrigeran MC22 dalam pipa licin.

Performan perpindahan kalor sangat dipengaruhi oleh sifat termodinamis dan transpor refrigeran. Di samping itu, kekasaran permukaan dan bentuk penampang pipa juga berpengaruh terhadap performan perpindahan kalor refrigeran dalam pipa. Dalam praktek di lapangan, refrigeran CFC sering diganti dengan refrigeran HC seperti R22 diganti dengan MC22 pada mesin pengkondisian udara (AC). Di sisi lain, sifat termodinamis dan transpor refrigeran hidrokarbon MC22 sangat berbeda dengan refrigeran R22. Sementara dari segi konstruksi, kondensor dan evaporator pada AC menggunakan pipa berpenampang datar. Masalah khusus yang akan dikaji dalam penelitian ini ialah pengaruh diameter ekuivalen pipa penampang datar terhadap drop tekanan (korelasi Friedel) refrigeran MC22 dalam pipa.

Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh diameter ekuivalen pipa penampang datar terhadap drop tekanan refrigeran MC22 dalam pipa. Penelitian dilakukan pada instalasi pengujian perpindahan kalor dalam pipa tembaga

berpenampang datar dengan empat variasi ukuran penampang. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi tekanan dan temperatur refrigeran masuk dan keluar evaporator. Berdasarkan uraian di atas, maka sangatlah penting untuk dilaksanakan penelitian ini dengan topik Performan Perpindahan Kalor Refrigeran MC22 Pada Pipa Penampang Datar.

Tinjauan Pustaka

Pada tahun 1985 dilaksanakan konvensi wina yang melahirkan kesepakatan PBB untuk melindungi lapisan ozon dari kerusakan yang lebih parah. Kemudian protokol Montreal tahun 1987 mengatur kewajiban setiap negara untuk mengurangi produksi dan pemakaian bahan perusak ozon (BPO). Amandemen London 1990 mengatur tentang penghapusan CFC dan Amandemen Kopenhagen 1992 mengatur penghapusan beberapa BPO antara lain CFC dan HCFC (Pasek et al, 2004). Penelitian didaerah tertentu yaitu di Cape Grim Tasmania, menunjukkan kerusakan lapisan ozon di atmosfer meningkat secara eksponensial yang disebabkan oleh refrigeran *florocarbon* (Fraser, 1998). Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan lapisan ozon yang disebabkan oleh refrigeran CFC sudah mengglobal.

Penggunaan refrigeran *Chloroflourcarbon* (CFC) yang cukup banyak mengakibatkan banyak pula yang terlepas ke atmosfer. Jika sinar ultraviolet intensitas tinggi dari matahari mengenai molekul CFC, akan memutuskan ikatan dan membebaskan atom *chlornya*. Atom-atom *chlor* yang merupakan radikal bebas bereaksi dengan molekul ozon dan memecahnya menjadi *chlourin monoksida* dan molekul oksigen, sehingga ozon hancur. Reaksi ini akan terjadi berulang-ulang yang mengakibatkan rusaknya lapisan ozon (Pasek et al, 2004).

Penggunaan refrigeran alternatif yang ramah lingkungan seperti refrigeran hidrocarbon semakin berkembang dan semakin luas pemakaiannya. Hal ini dapat dimengerti karena refrigeran hidrocarbon tidak mengandung unsur Chlor, sehingga tidak merusak lapisan ozon dan juga tidak menyebabkan pemanasan global. Pemilihan refrigeran alternatif untuk abad 21 ini harus mempertimbangkan program penghapusan BPO, efisiensi sistem, pemanasan global, keamanan dan biaya (Carter, 1994). Oleh karena itu, dalam memproduksi refrigeran alternatif pada produsen mempertimbangkan hal-hal yang diusulkan oleh Carter dan Maclaine-Cross. Berkaitan dengan usulan tersebut, Johnson (1996) melaporkan bahwa kerusakan lapisan ozon yang disebabkan oleh emisi refrigeran HC menurun dibandingkan dengan refrigeran CFC. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan refrigeran HC jauh lebih baik dibandingkan dengan refrigeran CFC. Maclaine-Cross (1995) dan Greenhill Technology Assosiation (2000) melaporkan, refrigeran hidrocarbon menjadi pilihan terbaik untuk mesin refrigerasi domestik karena ramah lingkungan dan pemakaian energi yang efisien. Pemakaian energi yang lebih efisien merupakan dampak positif terhadap pemakaian refrigeran HC. Efisiensi tersebut disebabkan oleh massa jenis refrigeran HC lebih kecil dari massa jenis CFC, sehingga kerja kompresor juga lebih ringan.

Performan perpindahan kalor refrigeran sangat berpengaruh terhadap desain mesin refrigerasi. Dalam hal ini performan perpindahan kalor dipengaruhi oleh koefisien perpindahan kalor dan drop tekanan refrigeran dalam pipa. Di sisi lain, bentuk penampang pipa sangat berpengaruh terhadap drop tekanan aliran refrigeran dalam pipa. Pada perpindahan kalor kondensasi maupun evaporasi, jenis perpindahan kalor yang paling dominan ialah perpindahan kalor konveksi aliran dua fasa. Di Indonesia, refrigeran hidrokarbon produksi Pertamina UPIII Plaju dikenal dengan merek dagang Musicool terdiri atas empat jenis produk yaitu MC12, MC22, MC134, dan MC600. Adapun penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan refrigeran MC22 produksi PT Pertamina tersebut sehingga kontribusi bagi pembangunan nasional cukup nyata. Selain itu, juga diharapkan lebih melengkapi data dari refrigeran tersebut, sehingga ketertarikan penggunaannya akan semakin meningkat dan penjualannya diharapkan juga ikut meningkat.

Korelasi Friedel

Selanjutnya, performan perpindahan kalor aliran refrigeran dalam pipa ditentukan dengan menggunakan korelasi Friedel dengan bentuk persamaan :

$$\Delta P_{frict} = \Delta P_L \cdot \Phi_{Lo}^2 \tag{1}$$

Persamaan (1) di atas terdiri atas dua suku yaitu:

$$\text{suku pertama, } \Delta P_L = 4f_L \left(\frac{L}{D}\right) G^2 \left(\frac{1}{2\rho L}\right) \tag{2}$$

$$f_L = \frac{0.079}{Re^{0.25}} \tag{3}$$

Persamaan (2) menunjukkan bahwa suku pertama dipengaruhi oleh bilangan Reynolds.

$$\text{suku kedua, } \Phi_{Lo} = E + \frac{3.24 FH}{Fr_k^{0.045} Wa_L^{0.045}} \tag{4}$$

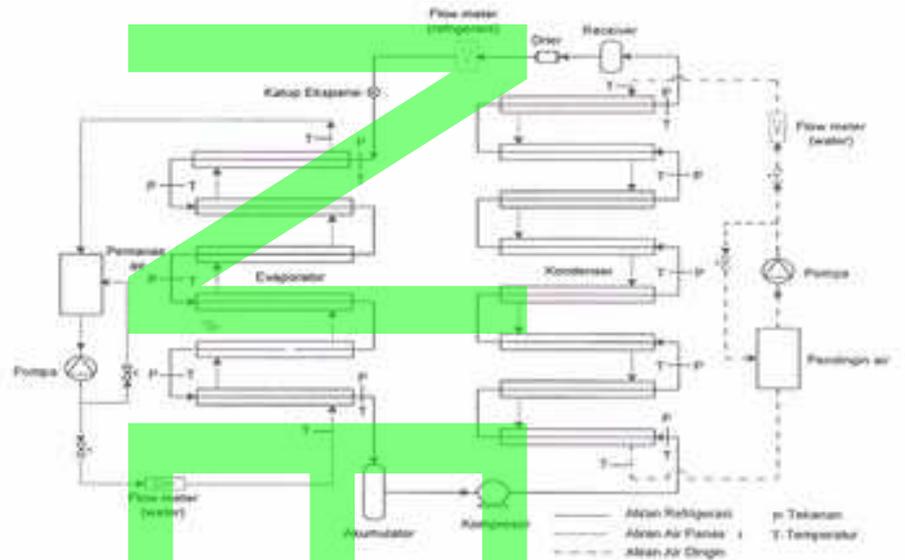
$$E = \frac{\rho L f_G}{(1-x)^2 + x^2 \rho G f_L} \tag{5}$$

$$F = x^{0.78} (1-x)^{0.224} \tag{6}$$

$$H = \left(\frac{\rho L}{\rho G}\right)^{0.91} \left(\frac{\mu L}{\mu G}\right)^{0.19} \left(1 - \frac{\rho L}{\rho G}\right)^{0.7} \tag{7}$$

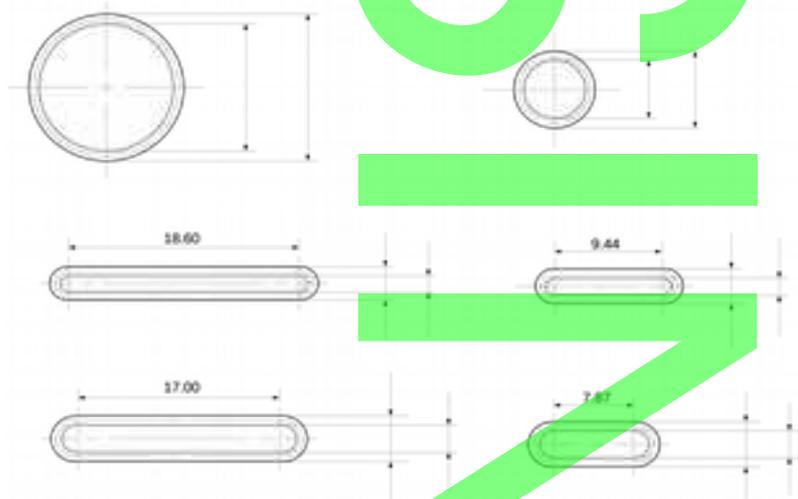
II. METODE PENELITIAN

Deskripsi alat pengujian yang digunakan ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



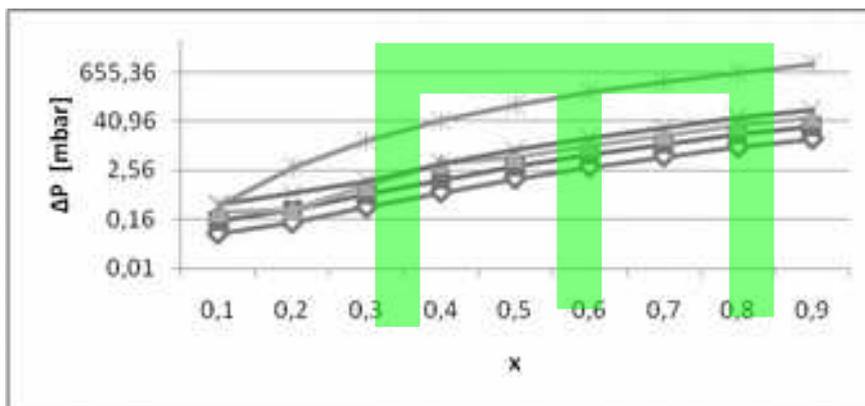
Gambar 1. Instalasi alat pengujian

Adapun detail penampang pipa yang akan diuji ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



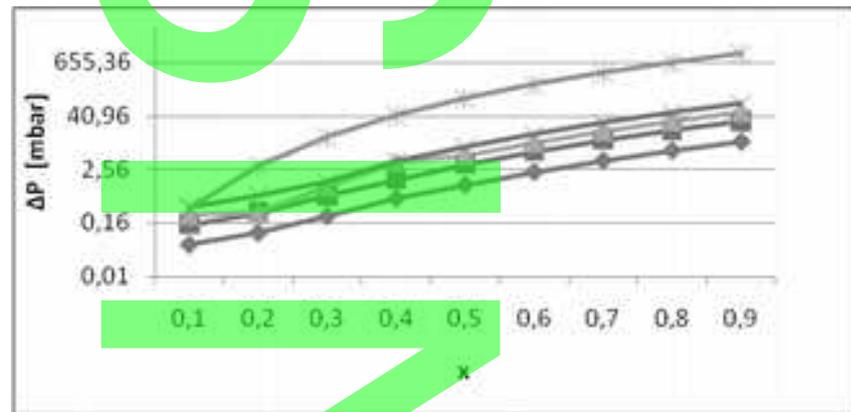
Gambar 2. Detail seksi pengujian (penampang datar)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



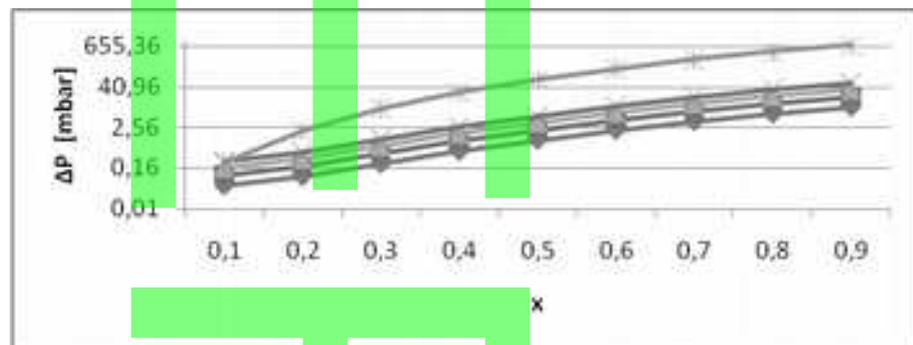
Gambar 3. Grafik Δp vs x pada $T=0^\circ\text{C}$, $d=5,3\text{mm}$

Gambar 3 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 0°C untuk diameter ekuivalen pipa 5,3mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama, kecuali untuk $G=400$ drop tekanan sedikit turun pada nilai $x=0,2$. Namun pada nilai $G=600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik Δp vs x pada $T= 0^{\circ}\text{C}$, $d= 6,8\text{mm}$

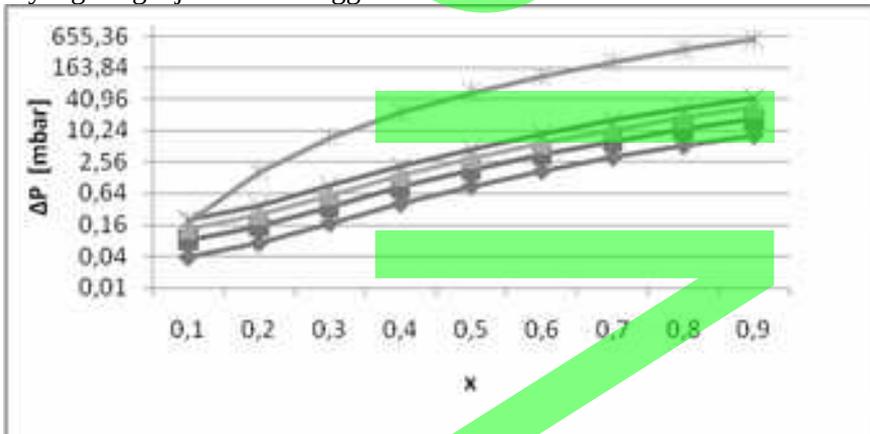
Sebagaimana halnya gambar 3 di atas, grafik pada gambar 4 menunjukkan pola yang sama. Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigeran pada temperature 0°C untuk diameter ekivalen pipa 6,8mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hamper sama, kecuali untuk $G= 400$ drop tekanan sedikit turun pada nilai $x=0,2$. Namun pada nilai $G= 600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 5. Grafik Δp vs x pada $T= 0^{\circ}\text{C}$, $d= 7,2\text{mm}$

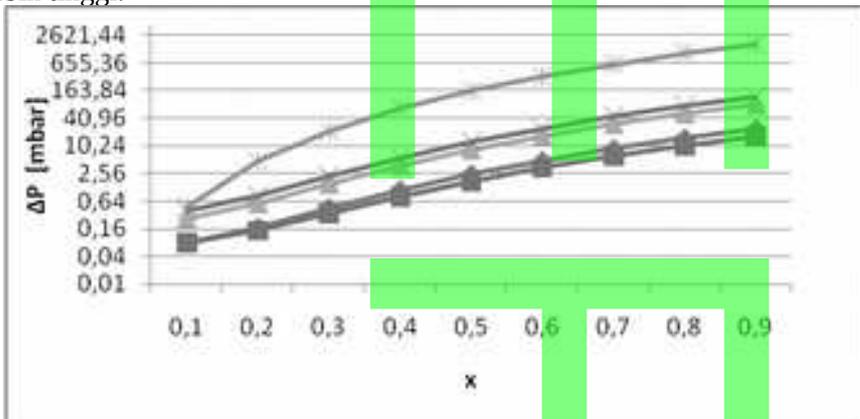
Berbeda dengan dua grafik sebelumnya, maka pada Gambar 5 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigeran pada temperature 0°C untuk diameter ekivalen pipa 7,2mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hamper sama, tetapi untuk $G= 400$ drop tekanan tidak lagi turun pada nilai $x=0,2$. Namun

pada nilai $G= 600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 6. Grafik Δp vs x pada $T= 0^{\circ}\text{C}$, $d= 8,6\text{mm}$

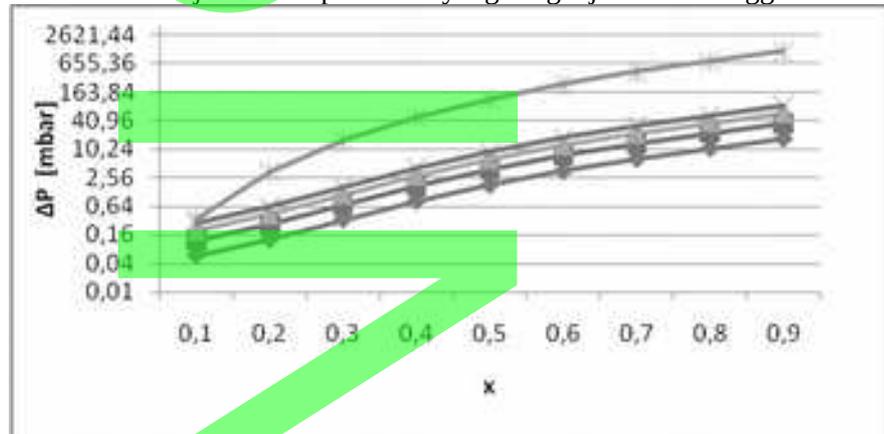
Seperti halnya pada Gambar 5 di atas, pada gambar 6 ini menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 0°C untuk diameter ekivalen pipa 8,6mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai $G= 600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 7. Grafik Δp vs x pada $T= 5^{\circ}\text{C}$, $d= 5,3\text{mm}$

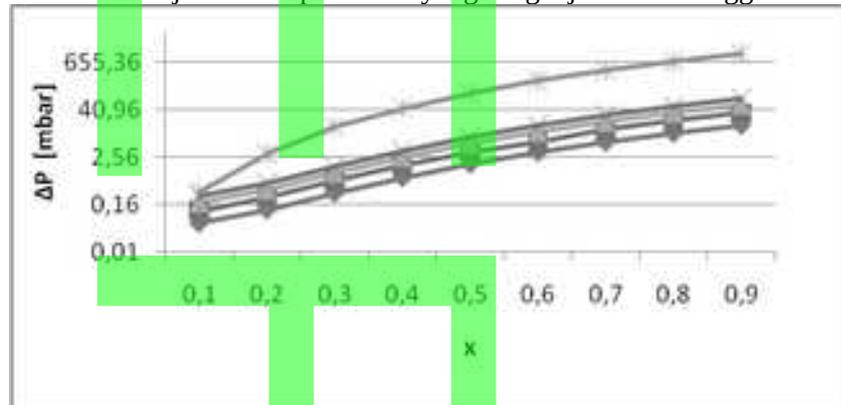
Gambar 7 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 5°C untuk diameter ekivalen pipa 5,3mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola

kurva yang hampir sama. Namun pada nilai $G=600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 8. Grafik Δp vs x pada $T=5^{\circ}\text{C}$, $d=6,8\text{mm}$

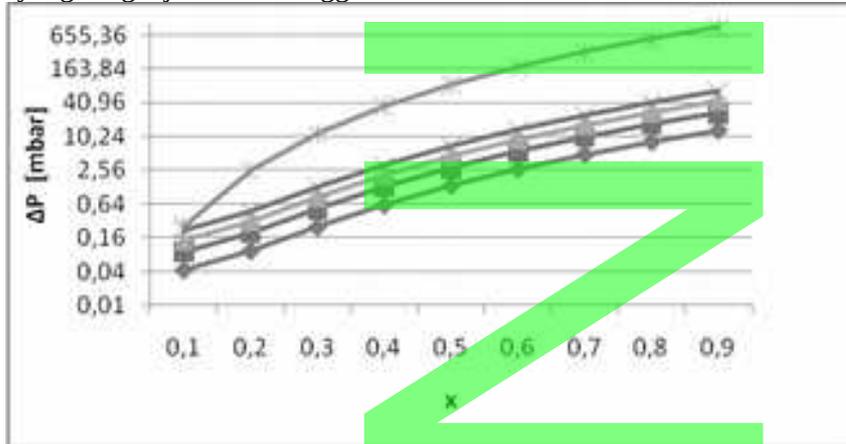
Sebagaimana halnya gambar 7 di atas, grafik pada gambar 8 menunjukkan pola yang sama. Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigeran pada temperature 5°C untuk diameter ekivalen pipa $6,8\text{mm}$. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu $200, 300, 400, 500$, dan $600\text{ kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai $G=600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 9. Grafik Δp vs x pada $T=5^{\circ}\text{C}$, $d=7,2\text{mm}$

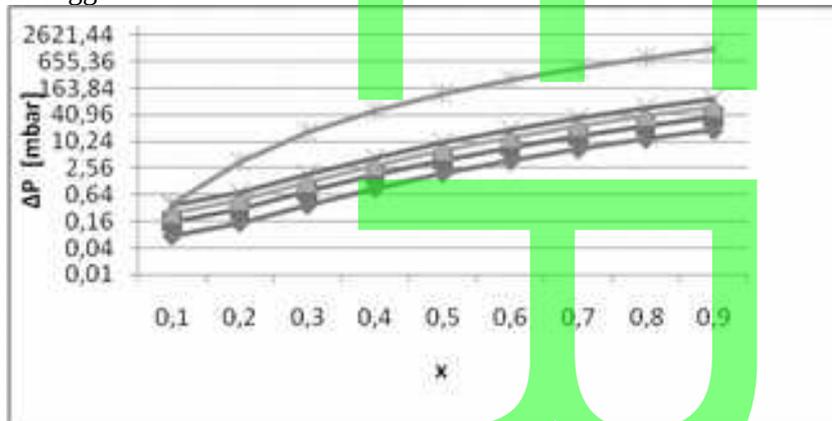
Berbeda dengan dua grafik sebelumnya, maka pada Gambar 9 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigeran pada temperature 5°C untuk diameter ekivalen pipa $7,2\text{mm}$. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu $200, 300, 400, 500$,

dan 600 kg/m²s. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama, tetapi untuk G= 400 drop tekanan tidak lagi turun pada nilai x=0,2. Namun pada nilai G= 600, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



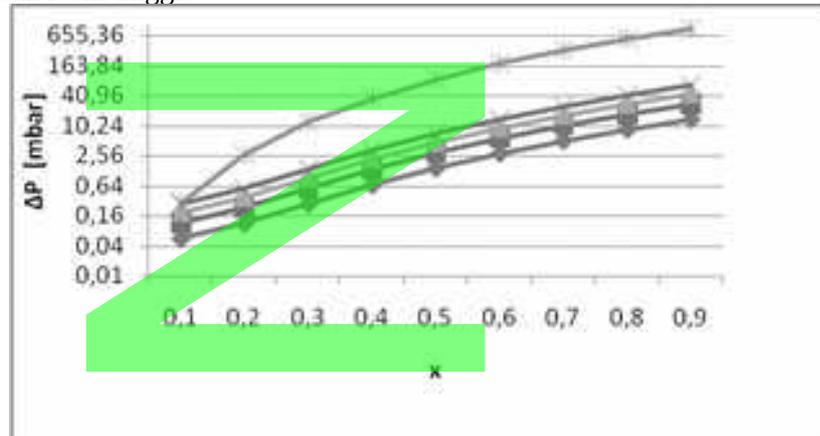
Gambar 10. Grafik Δp vs x pada $T= 5^{\circ}\text{C}$, $d= 8,6\text{mm}$

Seperti halnya pada gambar 9 di atas, pada gambar 10 ini menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 5°C untuk diameter ekivalen pipa 8,6mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 kg/m²s. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai G= 600, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



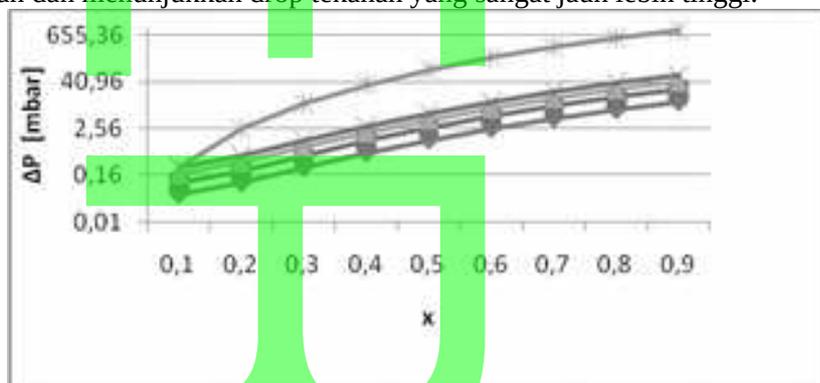
Gambar 11. Grafik Δp vs x pada $T= 10^{\circ}\text{C}$, $d= 5,3\text{mm}$

Seperti halnya pada Gambar 10 di atas, pada gambar 11 ini menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 10°C untuk diameter ekivalen pipa 5,3mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 kg/m²s. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai G= 600, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 12. Grafik Δp vs x pada $T= 10^{\circ}\text{C}$, $d= 6,8\text{mm}$

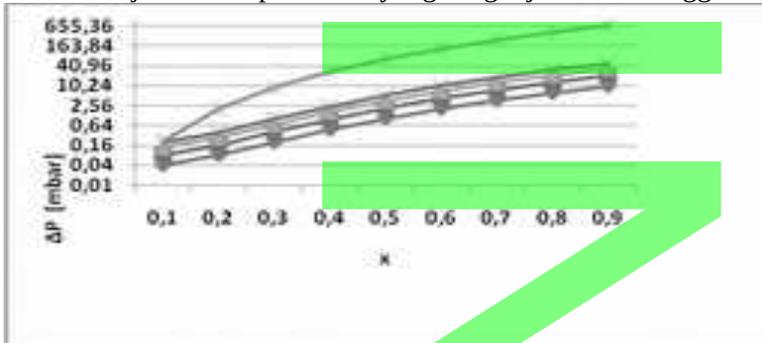
Pada gambar 12 ini menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 10°C untuk diameter ekivalen pipa 6,8mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 kg/m²s. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai G= 600, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 13. Grafik Δp vs x pada $T= 10^{\circ}\text{C}$, $d= 7,2\text{mm}$

Pada gambar 13 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 10°C untuk diameter ekivalen pipa 7,2mm.

Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai $G= 600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.



Gambar 14. Grafik Δp vs x pada $T= 10^\circ\text{C}$, $d= 8,6\text{mm}$

Pada gambar 14 di atas menunjukkan hubungan antara drop tekanan dan kualitas uap refrigerant pada temperature 10°C untuk diameter ekivalen pipa 8,6mm. Kurva digambarkan pada kondisi gaya inersia (G) berturut-turut dari bawah ke atas yaitu 200, 300, 400, 500, dan 600 $\text{kg/m}^2\text{s}$. Pada nilai G 200 sampai 500 menunjukkan pola kurva yang hampir sama. Namun pada nilai $G= 600$, pola kurva berubah sangat signifikan dan menunjukkan drop tekanan yang sangat jauh lebih tinggi.

Dari gambar 3 sampai gambar 14 menunjukkan bahwa performan perpindahan kalor refrigeran MC22 padapipa penampang datar dengan empat variasi diameter ekivalen menggambarkan pola drop tekanan yang hampir sama untuk semua variasi tempeartur. Namun kurva pada nilai $G= 600 \text{ kg/m}^2\text{s}$ terjadi perubahan yang sangat signifikan dibandingkan dengan nilai G 200 sampai 500. Sebagaimana telah diduga sebelumnya bahwa bilangan Re , Fr , dan We berpengaruh dalam besarnya koefisien korelasi Friedel. Dari data dan grafik menunjukkan bahwa perubahan signifikan tersebut terjadi pada nilai $Re > 200$, sedangkan nilai Fr dan We walaupun berubah tapi pengaruhnya tidak begitu signifikan. Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa kolrelasi Friedel untuk pipa penampang bundar juga berlaku untuk pipa penampang datar kecuali pada nilai $Re > 200$.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas menunjukkan bahwa bahwa bilangan Fr , dan We sangat kecil pengaruhnya, sedangkan bilangan Re sangat signifikan berpengaruh terhadap drop tekanan (korelasi Friedel). Dari data dan grafik menunjukkan bahwa perubahan signifikan tersebut terjadi pada nilai $Re > 200$, sedangkan nilai Fr dan We walaupun berubah tapi pengaruhnya tidak begitu signifikan. Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa kolrelasi Friedel untuk pipa

penampang bundar juga berlaku untuk pipa penampang datar kecuali pada nilai $Re > 200$.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur Ditlitabmas atas dukungan dana melalui hibah penelitian fundamental tahun anggaran 2013. Penulis juga tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Kepala UPPM dan pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adiotori E.F. 2004. *A Critical Examination of Correlation Methodology Widely Used in Head Transfer and Fluid Flow*. Proceeding of HT-FED04 2004 ASME Head Transfer/Fluids Engineering Summer Conference July 11-15, 2004, Charlotte, North Carolina USA. <http://www.thenewengineering.com/conference200407.pdf>. diakses tanggal 2 maret 2006.
- Anshar, M., B. Hasan, Firman. 2012. Performan Perpindahan Kalor Refrigeran MC22 Pada Pipa Licin. *Jurnal Intek* Volume X Nomor 1 2012, Politeknik negeri Ujung Pandang.
- Driscoll E.A. 2003. *Uncertainty Analysis on Heat Transfer Correlation for RP-1 uel in Copper Tubing*. http://www.reap.uah.edu/publication/driscoll_jannaf_52jpm.pdf. Diakses tanggal 2 Maret 2006.
- Firman. 2008. Perpindahan Kalor Didih Kolam (*Pool Boiling*) Refrigeran Hidrokarbon MC22 Pada Silinder Horizontal. *Jurnal Intek* Volume 14 Nomor 3 Tahun 2008, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Fraser, P. 1998. *Refrigeration: Contribution to Climate Change and Ozon Depletion-AIRAH Journal*, vol.52, no.6, Juni 1998, pp.18-25.
- Incropera, F.P. & David, P.D. 1990. *Intriduction to Heat Transfer*. John Wiley & Sons, New York.
- Johnson, C.E. and Derwent, R.G. 1996. *Relative Radiative Forcing Cosequense of Global Emmision of Hydrocarbon, Carbon Monoxide and Nox from Human Activities Estimated with a Zonally-Everaged Two-Dimensional Model*. *Climatic Change*, Vol.34, pp.439-462.

- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2007. Kumpulan Peraturan Pemerintah Tentang Perlindungan Lapisan Ozon.
- Maclaine-Cross, I. and E. Leonardi. 1995. *Performance and Safety at LPG Refrigerant*. Proceeding the 'Fueltor Change' Conference of the Australian LPG Association Ltd. March 1995 pp.149-168. [http://www. Es-refrigerants.com/reportel/docs/hydrocarbon](http://www.Es-refrigerants.com/reportel/docs/hydrocarbon). Diakses 6 Februari 2005.
- Maclaine-Cross, I. 2004. *Hydrocarbon Refrigerants for Car Air Conditioner*. <http://www.es-refrigerants.com/reportel/docs/hydrocarbon>. Diakses 5 Februari 2005.
- Pasek, A.D. et al. 2004. *Training of Trainers Refrigeration Servicing Sector*. Training Manual. LPPM-Institut Teknologi Bandung.
- Thome, J.R., J.M. Quilben. 2005. Refrigeration Evaporation Characteristics Inside Flat Passaages. ARTI-21 CR/605-20040-01.