Analisa Pola dan Sifat Aliran Fluida dengan Pemodelan Fisis dan Metode Automata Gas Kisi

Simon Sadok Siregar[1)], Suryajaya[1)], dan **Muliawati[2)]**

Abstract: This research is conducted by using physical model and Lattice Gas Automata method for simple flow patterns having different geometry. From physical model, the results are speed pattern and fluid flow permeability. The resulted value of the permeability by using physical model will be compared to the resulted value of the LGA. The compared value of the LGA method is the value with angle 5o, 10o and 15o by using laboratory scale. These angles are chosen due to it's the lowest error compared to those of other angles. In the physical model the lowest permeability value is gotten from the pattern of straight geometry 60o with value 0.201 x 10-6 m2 and the highest permeability value is from pattern of turn 2 with value 0.341 x 10-6 m2. While by using LGA method the the lowest permeability value is pattern of straight 60o with value 0.209 x 10-6 m2 while the the highest real permeability value is pattern of turn 2 with value 0.344 x 10-6 m2. From the comparison data of permeability the results of error are 3.74%, 0.7% and 4.2% for the angle of 5o, 10o and 15o, respectively

Keywords: Fluid Flow, Lattice Gas Automata, Speed, Permeability

PENDAHULUAN

Fluida adalah zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan wadahnya. Setiap zat atau materi yang mengalami gerakan atau berpindah tempat dari tempat yang satu ke tempat yang lain akan menghasilkan energi dan energi ini sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik dari fluida yang merupakan sumber dari energi tersebut (Giles, 1984).

Dewasa ini kajian aliran fluida di dalam media berpori telah menarik banyak perhatian para peneliti serta kalangan industri seperti menghitung gaya-gaya dan momen pada pesawat terbang, menemukan laju aliran massa minyak bumi di dalam pipa. Pengetahuan tentang aliran fluida ini juga telah diterapkan dalam banyak hal seperti pemanfaatan reservoar, penanganan sampah, rekayasa material, rekayasa bio-medis, dan lain-lain (Sahimi, 1993). Aliran fluida tersebut tidak hanya melalui pori mikroskopik tetapi juga melalui rekahan yang secara geometri ukurannya lebih besar daripada pori dan memiliki batas dan permukaan internal yang kasar. Banyak sekali fenomena fisis yang menggambarkan aliran fluida dalam media rekahan, misalnya aliran minyak bumi dalam reservoar (Cosse, 1993).

Pemodelan aliran fluida dan penentuan sifat-sifat fisisnya biasa-nya dilakukan dengan menggunakan metode pemodelan numerik, metode

[1)] Staf Pengajar dan [2)] Mahasiswa PS Fisika, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A Yani km 35,8 Banjarbaru,

beda hingga, elemen hingga dan metode automata gas kisi (*Lattice Gas Automata* (LGA)). Metode yang sering digunakan adalah metode automata gas kisi yaitu suatu metode numerik yang merupakan pengembangan dari sistem sel automata (*cellular automata*). Metode ini mempunyai kelebihan dibanding metode lainnya karena metode ini mampu menampilkan struktur geometri dari pola aliran fluida tanpa harus memecahkan persamaan hidrodinamiknya (Dharmawan, 2000).

Pemodelan aliran fluida dan penentuan sifat dalam model-model sederhana biasanya dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan LGA dengan solusi analitisnya. Namun solusi analitis untuk model kompleks seperti batuan nyata tidak mudah untuk diperoleh. (Dharmawan, 2000).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai pemodelan aliran fluida dalam skala laboratorium sehingga dapat diketahui pola aliran fluida, kecepatan, gradien tekanan dan permeabilitas aliran fluida tersebut. Pemodelan dilakukan dengan membuat sebuah media yang dialirkan fluida didalamnya, kemudian perilaku dari fluida tersebut diamati polanya dan dihitung kecepatan, gradien tekanan, dan permeabilitas. Pola aliran fluida tersebut digunakan untuk membandingkan antara pemodelan aliran fluida dalam skala laboratorium dengan pola aliran fluida yang menggunakan program LGA (automata gas kisi).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian bertempat di Lab. Geofisika Fisika FMIPA UNLAM, Banjarbaru dari tanggal 01 September - 24 Desember 2009. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kotak Kaca berukuran 60 x 40 x 10 cm; Gambar Grid berukuran 1 x 1 cm; *Lubricant* dengan SAE 10; Kamera Digital; Stopwatch; Lilin Mainan; Busur derajat dan Meteran.

Prosedur penelitian adalah:

1. Pembuatan Model Fisis

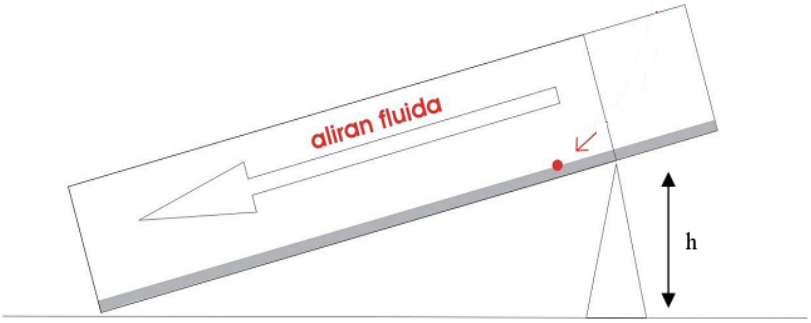
Model saluran ini digunakan sebagai medium aliran fluida nyata. Dalam penelitian ini digunakan beberapa geometri saluran sederhana untuk memudahkan proses perbandingan dengan model nyata. Pembuatan model fisis ini dimulai dengan membuat kotak kaca yang berukuran 60 x 40 x 10 cm, kemudian didasar kaca tersebut dipasang gambar grid yang berukuran 1 x 1 cm sebagai acuan pengukuran. Daerah kotak kaca yang digunakan sebagai representasi dari medium itu berukuran luas 39,4 x 40

cm. Dapat dilihat pada Gambar 1 bagaimana skema kotak untuk penelitian aliran fluida. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah *lubricant*. *Lubricant* yang digunakan dalam penelitian ini adalah oli yang memiliki viskositas 0,2 N.s/m^2 dengan SAE 10.

Gambar 1. Kotak kaca untuk penelitian aliran fluida

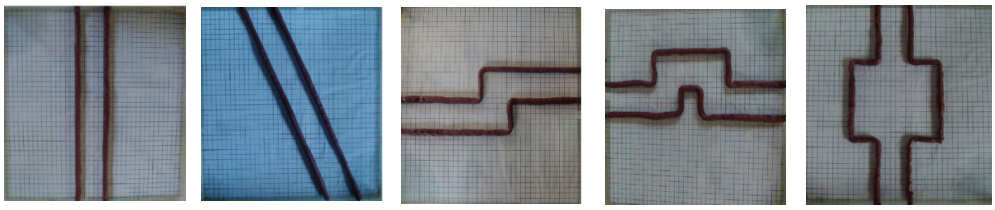
2. Pengambilan Data Pemodelan Fisis

Pemodelan fisis aliran fluida ini dilakukan dengan cara mengalirkan oli dari salah satu ujung saluran hingga oli itu keluar dari ujung saluran yang lain. Ujung saluran tempat oli mulai mengalir diletakkan tinggi daripada ujung saluran tempat oli keluar seperti Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa kemiringan pada pemodelan aliran fisis fluida

Penelitian dilakukan untuk lima pola yang memiliki geometri saluran yang bervariasi namun secara umum memiliki dimensi saluran yang mirip dan sudut kemiringan yang digunakan adalah 5^o, 10^o, 15^o, 30^o, 45^o dan 60^o. Pola aliran yang digunakan pada pemodelan fisis pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola aliran pemodelan fisis
(a) 90º, (b) 60º, (c) belok satu, (d) belok dua dan (e) menggembung

3. Pengolahan Data Pemodelan Fisis

a. Kecepatan aliran fluida

Kecepatan aliran fluida diperoleh dengan mencatat waktu ketika penanda berada pada titik awal dan bergerak menuju titik akhir atau ujung saluran. Selanjutnya dihitung berapa kotak grid yang dilewati oleh fluida untuk memperoleh jarak tempuh fluida dari ujung ke ujung.

b. Permeabilitas

Nilai permeabilitas didapatkan dari nilai–nilai hasil pengukuran pada pemodelan fisis. Nilai tersebut kemudian dimasukkan dalam persamaan Darcy dengan nilai Q sebagai debit aliran (m^3/s), k sebagai koefisien permeabilitas (m^2), sebagai luas penampang aliran (m^2) dan μ sebagai viskositas fluida ($N.s/m^2$) Sedangkan untuk nilai dP/dx adalah nilai gradien tekanan dan nilai dP diperoleh dari persamaan 1.

$$dP = \rho . g . H \quad \text{..... (1)}$$

dengan

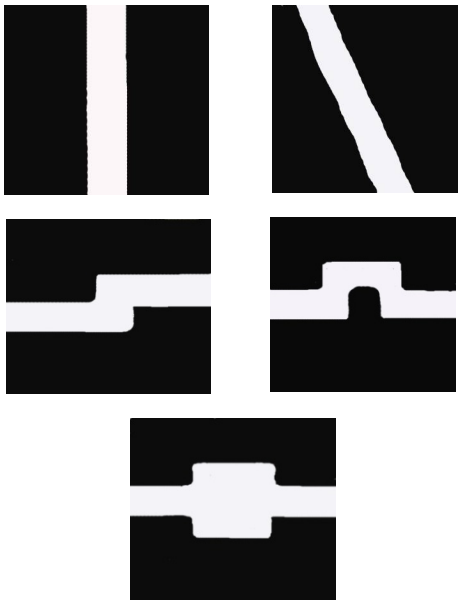
ρ = Massa jenis (kg/m^3)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

h = Beda ketinggian (m)

4. Pengolahan Data LGA

Pengolahan data LGA dimulai dari membuat pola hitam putih yang diambil citra digital model fisis, warna hitam dalam citra ini mewakili batuan sementara warna putih mewakili pori seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola hitam putih citra digital model fisis

5. Pengolahan data Permeabilitas nyata pada LGA

Permeabilitas nyata pada LGA didapatkan dari nilai permeabilitas LGA yang dikali dengan nilai piksel kuadrat pada citra digital yang sudah dibuat pola hitam putih. Nilai permeabilitas nyata didapatkan dari persamaan 2 dan nilai 1 piksel kuadrat didapatkan dari persamaan 3.

Permeabilitas nyata

= Efektif LGA x 1 piksel^2 ..... (2)

dengan

$$1 \text{ piksel} = \frac{nyata}{citra} \quad ..... (3)$$

Keterangan:

nyata = Ukuran medium nyata

citra = Ukuran citra digital LGA

Efektif LGA = Nilai permeabilitas yang didapat pada program LGA

1 piksel^2 = Nilai Konversi citra hitam putih (m^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Besaran-besaran dan konstanta-konstanta yang digunakan dalam menghitung permeabilitas dan kecepatan adalah:

ρ_{oli} = 875 kg/m^3

g = 9,78 m/s^2

μ_{oli}= 0,02 N.s/m^2

Volume aliran (V) = 0,05 x 10^{-3} m^3

Panjang medium = 0,4 m

Lebar medium = 0,05 m

Tinggi Aliran = 0,003 m

Luas penampang = 0,00015 m^2

Pada geometri lurus 60^o dengan kecepatan yang didapat lebih rendah dibandingkan dengan pola lainnya. Waktu tempuh fluida untuk mencapai ujung saluran juga lebih lama. Sedangkan pola yang kecepatannya tinggi adalah pada pola geometri berbelok 2 dengan kemiringan 60^o, waktu tempuh fluida untuk mencapai ujung saluran lebih cepat.

Waktu tempuh aliran fluida juga berpengaruh dengan nilai permeabilitas fluida. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai permeabilitas paling tinggi adalah pada geometri saluran berbelok 2, hal ini terjadi karena debit aliran yang dihasilkan pada pemodelan ini paling besar dibanding pola yang lain. Nilai permeabilitas paling rendah ditunjukkan pada pola aliran geometri lurus 60^o ini disebabkan karena debit aliran paling rendah di antara pola yang lain.

Pada pemodelan fisis kecepat-an dan permeabilitas hampir sama yaitu pada pola menggembung dan pola lurus 90^o. Ini disebabkan karena pada kedua geometri tersebut pola aliran dari ujung saluran ke ujung saluran mempunyai pola aliran hampir sama.

Perbandingan antara Pemodelan Fisis dengan Pemodelan LGA

Dapat dilihat bahwa masing-masing pemodelan mempunyai nilai yang berbeda untuk geometri yang sama. Ini disebabkan karena masing-masing pemodelan mempunyai pendekatan yang berbeda. Perbedaan ini dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Perbandingan nilai permeabilitas fisis pada kemiringan 5^o dengan permeabilitas nyata

No	Pola	Permeabilitas fisis (m^2)	Permeabilitas nyata (m^2)
1	Lurus 90 derajat	$0{,}267 \times 10^{-6}$	$0{,}276 \times 10^{-6}$
2	Lurus 60 derajat	$0{,}201 \times 10^{-6}$	$0{,}209 \times 10^{-6}$
3	Belok 1	$0{,}305 \times 10^{-6}$	$0{,}317 \times 10^{-6}$
4	Belok 2	$0{,}324 \times 10^{-6}$	$0{,}344 \times 10^{-6}$
5	Menggembung	$0{,}271 \times 10^{-6}$	$0{,}273 \times 10^{-6}$

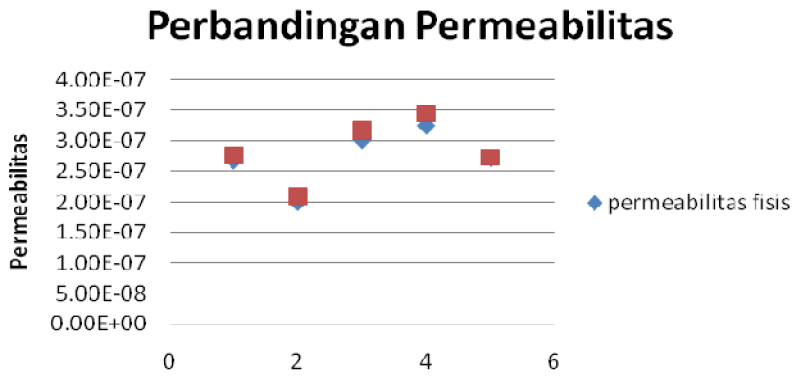
Tabel 2. Perbandingan nilai permeabilitas fisis pada kemiringan 10^o dengan permeabilitas nyata

No	Pola	Permeabilitas fisis (m^2)	Permeabilitas nyata (m^2)
1	Lurus 90 derajat	$0{,}270 \times 10^{-6}$	$0{,}276 \times 10^{-6}$
2	Lurus 60 derajat	$0{,}206 \times 10^{-6}$	$0{,}209 \times 10^{-6}$
3	Belok 1	$0{,}317 \times 10^{-6}$	$0{,}317 \times 10^{-6}$
4	Belok 2	$0{,}334 \times 10^{-6}$	$0{,}344 \times 10^{-6}$
5	Menggembung	$0{,}281 \times 10^{-6}$	$0{,}273 \times 10^{-6}$

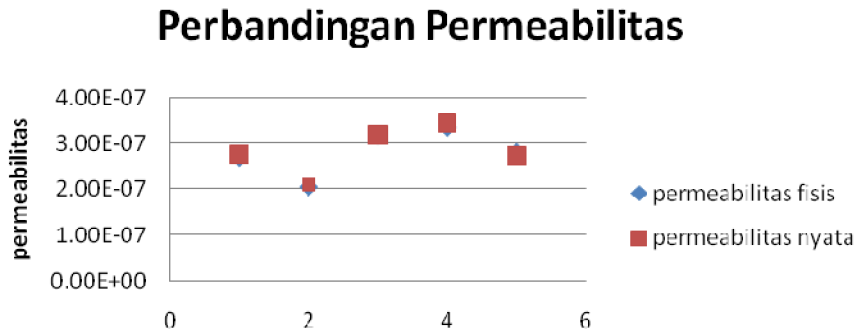
Tabel 3. Perbandingan nilai permeabilitas fisis pada kemiringan 15^o dengan permeabilitas nyata

No	Pola	Permeabilitas fisis (m^2)	Permeabilitas nyata (m^2)
1	Lurus 90 derajat	$0{,}289 \times 10^{-6}$	$0{,}276 \times 10^{-6}$
2	Lurus 60 derajat	$0{,}224 \times 10^{-6}$	$0{,}209 \times 10^{-6}$
3	Belok 1	$0{,}322 \times 10^{-6}$	$0{,}317 \times 10^{-6}$
4	Belok 2	$0{,}341 \times 10^{-6}$	$0{,}344 \times 10^{-6}$
5	Menggembung	$0{,}296 \times 10^{-6}$	$0{,}273 \times 10^{-6}$

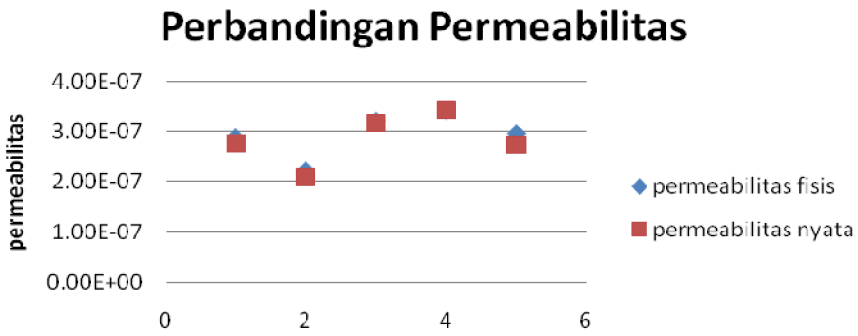
Pada tabel dapat dilihat nilai permeabilitas fisis lebih rendah dari nilai permeabilitas nyata. Pada kemiringan 5^o nilai permeabilitas mempunyai error 3,74%. Pada Tabel 2 nilai permeabilitas fisis hampir sama dibandingkan dengan nilai permeabilitas nyata dan mempunyai error 0,72 %. Dan utntuk Tabel 3 dengan kemiringan 15^o nilai permeabilitas fisis lebih tinggi dibandingkan dengan nilai permeabilitas nyata dan mempunyai nilai error 4,2%.



Gambar 5. Perbandingan nilai permeabilitas pada kemiringan 5^o



Gambar 6. Perbandingan nilai permeabilitas pada kemiringan 10^o



Gambar 7. Perbandingan nilai permeabilitas pada kemiringan 15^o

KESIMPULAN

Dari penelitian pembuatan pemodelan fisis fluida dan dengan pemodelan automata gas kisi dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Perubahan nilai kecepatan dan permeabilitas berbanding lurus terhadap sudut kemiringan. Semakin besar sudut kemiringan yang digunakan, maka semakin besar pula nilai kecepatan dan permeabilitasnya. Nilai permeabilitas paling tinggi 0,466 x 10^{-6} m^2 dengan kemiringan 60^o dan paling rendah 0,201 x 10^{-6} m^2 dengan kemiringan 15^o. Kecepatan yang paling tinggi 0,3765 m/s dengan kemiringan 60^o dan paling rendah 0,0149 m/s dengan kemiringan 15^o.
2. Pada pemodelan fisis nilai permeabilitas yang paling rendah adalah pada pola geometri lurus 60^o dengan nilai 0,201 x 10^{-6} m^2 dan paling tinggi ada pada pola geometri belok 2 dengan nilai 0,341 x 10^{-6} m^2. Pada program LGA nilai permeabilitas nyata yang paling rendah ada pada pola lurus 60^o dengan nilai 0,209 x 10^{-6} m^2 dan yang paling tinggi ada pada pola belok 2 dengan nilai 0,344 x 10^{-6} m^2.
3. Bentuk grafik yang didapat pada perbandingan nilai permeabilitas hampir sama. Nilai error yang didapat adalah 3,74% untuk kemiringan 5^o, nilai error 0,7% untuk kemiringan 10^o dan untuk kemiringan 15^o nilai errornya 4,2%.

DAFTAR PUSTAKA

Cosse, R. 1993. *Basics of Reservoir Engineering. Editions Technic*. Paris

Dharmawan. 2000. *Simulasi Gas-Kisi untuk Aliran Fluida Dua Demensi.* Laporan

Giancoli.1998. *Fisika Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta

Giles, R.V.1984.Mekanika Fluida dan Hidraulik. Erlangga. Jakarta

Munson, D.F & Young, T. H.O. 2003. *Mekanika Fluida*. Erlangga. Jakarta

Sahimi, M. 1995. *Flow and Transport in Porous Media and Fractured Rock*. VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim