

KALKULASI JARINGAN PEMIPAAN PARALLEL DENGAN ANALISIS PENGARUH VARIABEL UKURAN PIPA PVC YANG BERBEDA DIAMETER

Bambang Hermani¹

Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

Kontak Person :

Jl : Perjuangan no 17 Cirebon 45135

e-mail : prigele2bang@gmail.com

Abstrak

Jaringan pipa parallel bagian dari perancangan teknik mesin, merupakan jenis hantaran yang kedua dari suatu sistem jaringan pipa utama. Sistem pemipaan ini adalah penyalur air dari pipa induk utama ke tiap-tiap blok pipa pelayananyang mana jaringan tersebut dirangkai untuk penyiapan kebutuhan sejumlah debit air pada suhu dibawah 30°C atau suhu lingkungan.

Konsep dalam kajian ini dirancang sebuah alat instalasi susunan pemipaan parallel dalam bentuk simulator fenomena mekanika fluida dalam saluran tertutup yang dianalogikan dari jalur pipa lurus disertai beberapa belokan elbow 90°, dengan tambahan pengaruh variabel perbedaan diameter pipa dari 1.3/4 dan 1/2 inc, sebagai sumber air dibangun 2 bak penampung air dengan kapasitas dipilih 750 dan 250 liter. Sebagai alat sirkulasi dipilih pompa sentrifugal berkapasitas 340 liter per menit dan penempatan alat – alat ukur flow meter terkalibrasi pada masing – masing pipa keluar dan pipa.masuk debit aliran air. Analisis kajianberasumsi pada persamaan kontinuitas aliran air,data diambil dari hasil kalkulasi manual dan pengujian pembacaan debit aliran di titik pipa air masuk dan titik pipa aliran keluar,untuk setiap meter kubik per detik dan pada sisi pipa parallel masing - masing, dalam sistim pemipaan.kalkulasidicari dengan pendekatan persamaan kontinuitas aliran yang berlaku untuk aliran pipa dengan penampang lintang sembarang baik aliran laminer, ataupun turbulendengan asumsi tersebut dapat diharapkan tampak karakteristik debit air dari tiap – tiap pipa dari korelasi antara rumusan teoristis terhadap pengukuran debit praktis adalah seragam.

Kata kunci : variabel diameter pipa, pengukuran debit,korelasi kalkulasi teoristis.

PENDAHULUAN

Sistim distribusi adalah suatu sistim terdiri dari jaringan pipa, dimana aliran airbertekanan dengan kecepatan aliran tertentu untuk pelayanan sambungan pengguna, dan bagian terpenting pada sistim penyediaan kebutuhan air minum dan air bersih.

Jaringan pipa Paralel dipasang dari salah satu sistim distribusi air yang terdiri atas lebih dari satu bagian garis aliran air untuk pengaliran debit air dan sebagai pipa hantaran sekunder yang selanjutnya ditap ke

pipa tersier dengan sistim pencabangan.Kriteria rancangan pemipaan penting dan harus dipilih adalah besar debit air, tekanan air, dan kecepatan rata – rata air dalam pola aliran laminer sangat dimungkinkan pada pola aliran turbulen sebagai kriteria pilihan teknik tertentu.Pola aliran distribusi pada sistem pencabangan pipa secara pilihan rancangan lumrah diterapkan yang mana aliran lewat pipa dapat berupa pola gabungan sehingga terbentuk karakteristik arus semakin rumit, dan karakteristik aliran ditentukan oleh

goemetri dan gaya yang diterapkan, dan dengan variabel goemetris turbulensi akan terbentuk karakteristik arus semakin sulit, dimana kesulitan tersebut akan terjadi peningkatan pada sistim pipa bercabang, sehingga distribusi aliran sangat tidak seragam. YOO Geun-jong, CHOI Hoon-ki, KIM Chul-hwan et al [1].

Bingham dan Blair. et al [2]. Telah di dulkukan percobaan pada pipa bercabang tiga dengan kondisi aliran steady dan variabel sudut untuk penentuan rugi tekanan dari masing-masing percabangan. Sedangkan penelitian Hagar. et al[3].berpendapat bahwa pada perbedaan rugi tekanan dalam pipa utama dengan pipa pemisah yang disebabkan oleh perbedaan luas penampang aliran yang lewat masing-masing saluran. Luas penampang aliran pipa pemisah tergantung pada besar sudut pipa pemisah tersebut. Basset dkk. et al [4]. dilakukan pengujian dan simulasi tekanan pada pipa bercabang tiga dengan sudut percabangan 90^0 , untuk model tekanan percabangansama dan tekanan percabangan berbeda,

LANDASAN TEORI

Rugi gesekan dalam elemen pipa

Akan lebih mudah untuk mengekspresikan elemen pipa dalam bentuk eksponensial dari persamaan :

$$h_L = RQ^\beta \quad 2.1.$$

Dimana h_L adalah head/tinggi energi pada panjang L dari pipa R adalah koefisien hambatan Q adalah debit pada pipa, dan β adalah suatu eksponen, tergantung formulasi yang dipilih. Koefisien hambatan mungkin saja fungsi dari kekasaran pipa, angka Reynold, atau panjang dan diameter elemen pipa. Khususnya hubungan pada persamaan Darcy – Weisbach

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

dapat digantikan menjadi persamaan 2.6. kemudian $\beta = 2$ dan ekspresi yang dihasilkan untuk R adalah :

$$R = \frac{fL}{2gDA^2}$$

$$R = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} \quad 2.2.$$

Dimana f adalah faktor gesekan. Karakteristik f untuk arus pipa komersial dikembangkan di bagian 7.6.3 dari text book Mechanics of fluid Merle C. Potter , David C. Wiggert. et .al [1] secara khusus, pada diagram moody diberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana faktor gesekan bervariasi pada rentang kekasaran relatif yang luas. Untuk analisis jaringan pipa, mudah untuk diekspresikan, perilaku f dengan menggunakan rumus empiris perkiraan dimana faktor persamaan gesekan dapat diperoleh secara langsung dalam kaitannya dengan bilangan Reynold dan kekasaran relatif. Sejumlah hubungan telah dikembangkan dan terbukti cukup akurat untuk perhitungan teknik (Benedict, 1980). Khususnya formula Swamee dan Jain 1976, disajikan pada bagian 7.6.3. Dan ditunjukkan secara akurat mewakili hubungan Colebrook Persamaan 7.6.28. Rumus faktor gesekan yang dikembangkan Swamee dan Jain adalah:

$$f = 1,325 \left\{ \ln \left[0,27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + 5,74 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

2.3.

Kombinasi persamaan 2.2. dan 2.3. ditemukan satu persamaan :

$$R = 1.07 \left(\frac{L}{gD^5} \right) \left\{ \ln \left[0,27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + 5,74 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2} \quad 2.4.$$

Dinding saluran yang sepenuhnya kasar, dimana Re memiliki efek yang dapat diabaikan pada f dimulai pada angka Reynolds yang diberikan oleh:

$$Re = \frac{200D}{\epsilon\sqrt{f}} \quad 2.5.$$

Untuk nilai Re lebih besar dari ini, faktor gesekan adalah fungsi dari e/D dan diberikan oleh :

$$f = 1,325 \left\{ \ln \left[0,27 \left(\frac{e}{D} \right) \right] \right\}^{-2} \quad 2.6.$$

dua ekspresi tambahan untuk rugi gesekan pipa, yang ditemukan digunakan secara luas adalah rumusan Hanzen-William dan Chezy-Manning untuk aliran air, nilai R dalam Persamaan 2.1. untuk hubungan Hanzen-William adalah :

$$R = \frac{K_1 L}{C^\beta D^m} \quad 2.7.$$

Di mana eksponennya adalah $\beta = 1,85$, $m = 4,87$ dan C adalah koefisien Hanzen-William yang tergantung hanya pada kekasarannya. K konstan tergantung pada sistim satuan untuk satuan SI K_1 yang memiliki magnitudo 10,59, dan untuk satuan Inggris besarnya K_1 adalah 4,72.

Persamaan Chezy-Manning lebih sering dikaitkan dengan aliran saluran terbuka. Namun, dalam sistem pembuangan limbah dan drainase pada khususnya, telah diterapkan pada saluran yang mengalir di bawah biaya tambahan, yaitu kondisi bertekanan bahwa persamaan Chezy-Manning ditunjukkan pada bagian 7.7. Untuk pipa melingkar yang mengalir penuh Persamaan 7.7.6 dapat diganti substitusi ke Persamaan 2.1 dan dipecahkan untuk R :

$$R = \frac{10,29n^2 L}{K_1 D^{5,83}} \quad 2.8.$$

Dimana n adalah koefisien kekasaran Manning dan $K_2 = 1$ untuk sistim satuan SI atau $K_2 = 2,22$ untuk satuan Inggris. Dalam persamaan 2.1. eksponen $\beta = 2$. Keuntungan menggunakan Persamaan 2.7. atau Pers 2.8.

dibandingkan dengan persamaan 2.4. Adalah bahwa di dua hal yang pertama. C dan n bergantung pada kekasaran saja. Sementara di terakhir, f tergantung pada bilangan Reynold dan juga kekasaran relatifnya.. Namun, Pers, 2.4 direkomendasikan karena memberikan gambaran yang lebih presisi mengenai kerugian gesekan pipa. Perhatikan bahwa hubungan Hanzen-Williams dan Chezy-Manning secara dimensi tidak homogen dimana persamaan Swamee-Jain secara dimensional homogen dan berisi dua parameter e/D dan Re , yang secara tepat mempengaruhi kerugian.

Pembatasan formula Hanzen-Williams dan Chezy-Manning ditunjukkan sebagai berikut. Dimulai dengan Persamaan 2.1. kehilangan head h_L berdasarkan koefisien hambatan Darcy-Weisbach, Persamaan 2.2, dengan eksponen $\beta = 2$ dapat disamakan dengan h_L , berdasarkan koefisien Hanzen-Williams, Persamaan 2.7, $\beta = 1,85$. Dengan memperkenalkan bilangan Reynold untuk menghilangkan Q dan pemecahan untuk hasil faktor gesekan f menghasilkan :

$$f = \frac{1,28gK_1}{C^{1,85} D^{0,02} (Re v)^{0,15}} \quad 2.9.$$

dengan satuan SI dan untuk air pada suhu 20°C, persamaan 2.9. dikurangkan maka :

$$f = \frac{1056}{C^{1,85} D^{0,02} Re^{0,15}} \quad 2.10.$$

Perhatikan bahwa f lemah yang asli bergantung pada D dalam persamaan ini dengan cara yang sama, Persamaan 2.8. dapat diganti menjadi Persamaan 2.1. Dengan $\beta = 2$ dan disamakan dengan h_L berdasarkan formulasi Darcy-Weisbach untuk menghasilkan :

$$f = \frac{124,5n^2}{D^{0,83}} \quad 2.11.$$

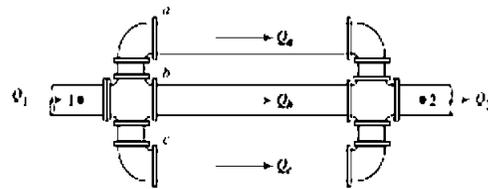
Sistem pipa sederhana

Analisis satu saluran pipa disajikan pada bagian 7.6.4: akan sangat tepat bagi pembaca untuk meninjau ketiga kategori masalah pipa di bagian tersebut. Untuk sistem perpipaan yang lebih kompleks, metodologinya serupa. Dengan jaringan yang relatif sederhana seperti seri, paralel, dan sistem percabangan, cara lain cukup baik dapat dikembangkan yang sesuai untuk digunakan dengan kalkulator, algoritma spread sheet, (excel) atau perangkat lunak komputer. Seperti pendekatan yang relevan karena mereka memanfaatkan kecerdikan si pemecah masalah dan memerlukan pemahaman tentang sifat aliran dan piezometrik head distribution untuk pengaturan perpipaan tertentu. Untuk sistem yang kompleksitas yang lebih besar, cara alternatif untuk memecahkan masalah tersebut adalah dengan metode Hardy Cross, yang disajikan pada bagian 11.4.

Prinsip dasar dalam pendekatan ad hoc adalah untuk identifikasi semua yang tidak diketahui dan penulisan persamaan persamaan independen yang harus dipecahkan selanjutnya, sistem disederhanakan dengan menghilangkan sebanyak mungkin yang tidak diketahui dan mengurangi masalah pada serangkaian masalah pipa tunggal. Baik kategori 1 atau kategori 2 bagian 7.6.3.

Pemipaan Paralel

Kombinasi dua atau lebih pipa dihubungkan antara dua titik sehingga debit terbagi pada persimpangan pertama dan bergabung kembali di tempat berikutnya dikenal sebagai pipa secara paralel. Di sini kehilangan gesekan/head lossis antara kedua persimpangan adalah sama untuk semua pipa.



Gambar.1. Skematik pemipaan paralel

Berikut ini adalah suatu susunan pemipaan paralel ditunjukkan dalam gambar.1. yang pada pada intinya terdiri atas sejumlah susunan elemen pipa N yang di hubungkan pada titik A dan titik B. dengan ΣK komponen kerugian kecil yang terkait dengan setiap elemen pipa i persamaan kontinuitas yang diterapkan pada salah satu lokasi A dan B diberikan oleh :

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i \quad 2.12.$$

Jumlah aljabar garis batas energi di sekitar loop yang didefinisikan pasti nol. Seperti dalam kasus pemipaan seri, adalah kebiasaan untuk mengasumsikan bahwa Maka untuk setiap elemen pipa i , persamaan energi dari lokasi A ke B adalah

$$\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_A - \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_B = \left(R_i + \frac{\Sigma K}{2gA_i^2}\right) Q_i^2$$

Dimana, $i = 1 \dots \dots \dots N$ 2.13.

Yang tidak diketahui pada Pers. 2.12 dan 2.13, debit pengisian Q serta perbedaan tinggi piezometrik antara A dan B, sementara debit aliran pengisian Q ke dalam sistem diketahui. Adalah mungkin untuk mengubah istilah kerugian minor, diggunakan panjang ekuivalen seperti yang didefinisikan pada bagian bab VII. 7.6.4. Untuk setiap elemen pipa i panjang ekuivalen Le sama seperti untuk komponen kehilangan ΣK minor adalah :

$$(L_g)_i = \frac{D_i}{f_i} \sum K \quad 2.14.$$

Kemudian persamaan 2.13.. disederhanakan diperoleh :

$$\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_A - \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_B = \bar{R}_i Q_i^2 \quad 2.15.$$

Dimana koefisien resistansi pipa termodifikasi \bar{R}_i , diberikan oleh :

$$\bar{R}_i = \frac{8f_i[L_i + (L_g)_i]}{g\pi^2 D_i^5} \quad 2.16.$$

Catatan, untuk sisi kanan dari persamaan 2.16. adalah ekuivalen dengan pernyataan $R_i + \Sigma K / (2gA_i^5)$.

Sebuah penggunaan solusi dari metodesubtitusi berhasil dikembangkan dengan cara berikut. Tentukan variabel W menjadi perubahan garis batas hidrolis antara A dan B, yaitu,

$$W = (p/\gamma + z)_A - (p/\gamma + z)_B,$$

Persamaan 2.15. dapat diselesaikan untuk Q dalam istilah W seperti:

$$Q_i = \sqrt{\frac{W}{R_i}} \quad 2.17$$

Persamaan 2.12. dan 2.13 dapat dikombinasikan untuk meniadakan unsur yang tidak diketahui dari pengisian Q , diperoleh :

$$Q = \sum_{i=1}^N \sqrt{\frac{W}{R_i}} = \sqrt{W} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sqrt{R_i}} \quad 2.18.$$

Harga sisa W yang tidak diketahui diambil dari tanda penjumlahan karena sama untuk semua pipa. Pemecahan untuk nilai W dalam persamaan 2.18. dihasilkan persamaan berikut :

$$W = \left(\frac{Q}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sqrt{R_i}}} \right)^2 \quad 2.19.$$

Prosedur iteratif dapat dirumuskan untuk memecahkan nilai W dan debit Q sebagai berikut:

Asumsikan arus di setiap garis berada di zona yang benar-benar kasar, dan hitunglah perkiraan awal faktor gesekan di setiap baris dengan menggunakan persamaan 2.6.

Hitung R , untuk setiap pipa dan evaluasilah W dengan Persamaan 2.19.

Hitung Q di setiap pipa dengan persamaan 2.17.

Perbarui perkiraan faktor gesekan di setiap baris dengan menggunakan nilai Q saat ini, dan persamaan.2.3.

Ulangi langkah 2 sampai 4 sampai tidak diketahui W dan Q , jangan bervariasi sesuai toleransi yang diinginkan

Perhatikan bahwa jika faktor gesekan berada dalam zona yang benar-benar kasar sehingga tidak bergantung pada debit dan karena itu konstan, langkah 4 dan 5 tidak diperlukan dan hasil solusinya pada iterasi pertama. Merle C. Potter , David C. Wiggert. et .al [1].

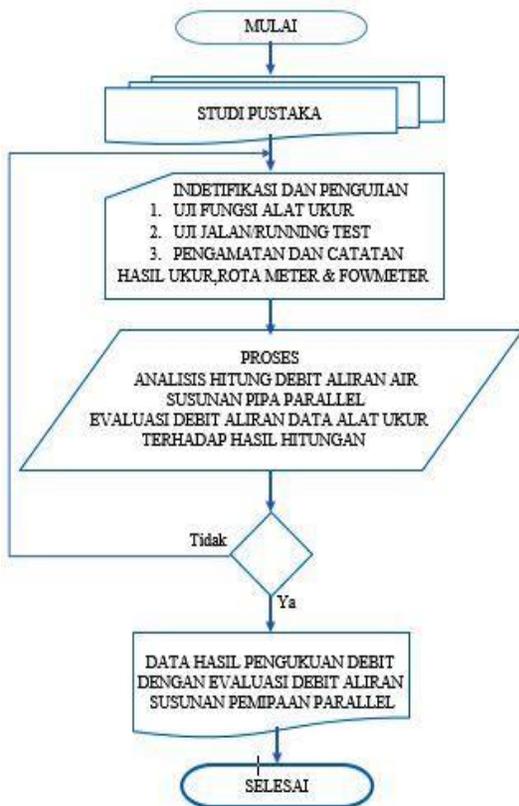
PEMBAHASAN

Metode Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengambilan data hasil pengujian dengan cara merekam/mencatat data debit air masuk pada alat ukur counter flow meter titik masuk debit aliran air dan merekam data debit aliran air keluar dari pipa pvc 1 Inc. ¾ Inc dan ½ Inc, yang terjadi pada saat pengujian alat.



Gambar.2. foto alat pemipaan paralel



Gambar.3. Flow Chat Pengujian & Analisis

Data Rekam

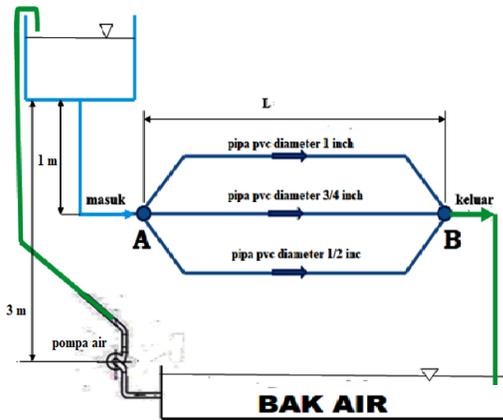
Setelah dilakukan pengujian dengan prosedur yang benar maka di dapat hasil dari tiga pengujian diperoleh pencatatan data rekam dalam tabulasi sebagai berikut:

Ukuran Pipa	Panjang L (m)	Diameter D (m)	Debit Masuk (m ³ /s)	Debit Keluar (m ³ /s)
1"	9,06	0,0254	0,00091	0,00035
3/4"	8,52	0,0190		0,00031
1/2"	8,25	0,0127		0,00025



Gambar.4. Pola Debit Aliran Air

Analisis Hitung Manual



Gambar.5. Skema alat pemipaan paralel

Aliran di dalam suatu saluran selalu disertai dengan friksi, kecepatan aliran maksimum yang tidak dibatasi berdampak pada kehilangan tekanan yang tinggi dan

pada kecepatan aliran yang rendah penyebab tidak efisien. Faktor penting yang harus diperhatikan dalam pekerjaan analisis jaringan pemipaan parallel seperti laju alir massa, kecepatan aliran, tekanan, suhu, indeks saturasi dan kehilangan energi yang diijinkan sepanjang jalur panjang pipa dan belokan pipa dan pola arus yang paling sering terjadi dalam praktik rekayasa ejinering dikenal dengan aliran turbulenta, dimana partikel fluida bergerak tak menentu menyebabkan fluktuasi seketika pada komponen kecepatan.

Fluktuasi ini menyebabkan tekanan geser tambahan. Pada jenis aliran ini, ada tekanan geser kental dan bergolak, pola arus turbulenta sangat tidak baik penyebab dinding pipa tergerus José Luis Henríquez Miranda and Luis Alonso Aguirre López et. al [5].

Hal – hal yang dimaksud diatas dapat dijadikan acuan rancangan, maka pilihan pada tingkat kecepatan rata – rata aliran ekstrim ada kriteria umum yang dipakai dalam perancangan untuk kecepatan maksimum antara 2 – 3 m/s, dengan tujuan

Pada rancangan pemipaan disarankan pilihan kecepatan rata – rata aliran fluida dalam pola aliran Laminar seperti yang ditujukan dalam persamaan bilangan Reynolds. Guna penghindaran dari tergerusnya dinding pipa akibat gesekan aliran fluida. Dengan demikian pada gambar.5. peletakan tandon air setinggi satu meter dimaksudkan untuk diperoleh pola aliran Laminar, dengan kecepatan air jatuh bebas dalam yang turun secara gravitasi bumi dengan cara pendekatan persamaan Bernoulli kalkulasikecepatan zat cair yang keluar dititik bawah tandon dapat disederhanakan.

Rugi Minor (elbow 90°)

Dari tabel, panjang ekivalen untukx 4 elbow 90° Standard (R/D = 1), (L/D) 30

Tabulasi. Nilai panjang ekivalen untuk berbagai fitting

Fitting	Types	(L/D) eq
90° Elbow Curved, Threaded	Standard Radius (R/D = 1)	30
	Long Radius (R/D = 1.5)	16
90° Elbow Curved, Flanged/Welded	Standard Radius (R/D = 1)	20
	Long Radius (R/D = 2)	17
	Long Radius (R/D = 4)	14
	Long Radius (R/D = 6)	12

*https://neutrium.net/fluid_flow/pressure-loss-fitting-equivalent-length-method/

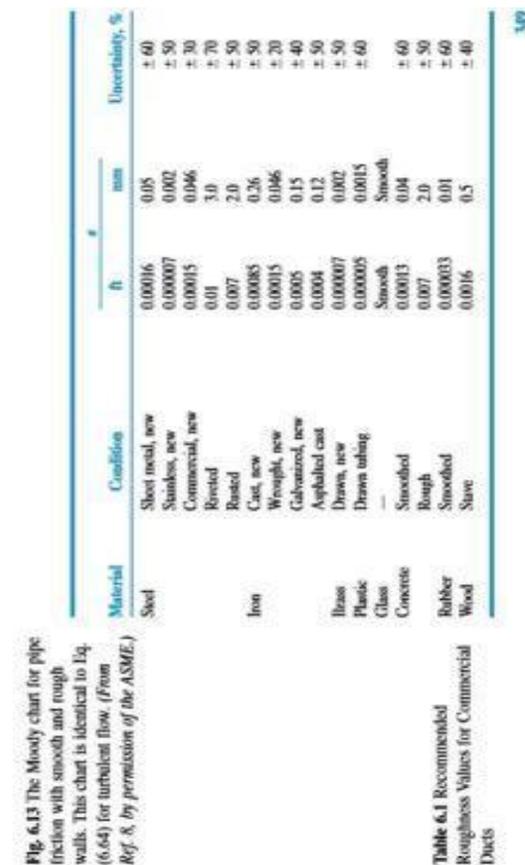


Fig. 6.13 The Moody chart for pipe friction with smooth and rough walls. This chart is identical to Eq. (6.64) for turbulent flow. (From Ref. 8, by permission of the ASME.)

Table 6.1 Recommended Roughness Values for Commercial Pipes

$$Lq = (L/D) eq . Di . 4$$

$$Lq = 3,04 \text{ m}$$

Tabulasi, Data rancangan pipa pvc dengan gesekan dinding pipa (Moody Diagram)

No Pipa	Panjang jalur L (m)	Diameter D (m m)	Gesekan dinding € (m m)	Rugi minor ΣK
1	9,06	(1") = 25,4	0,0015	3,04
2	8,52	(3/4") = 19,0	0,0015	2,28
3	8,25	(1/2") = 12,7	0,0015	1,52

Kekasaran Relatif

$$\phi_R = C/D$$

$$\phi_R = 0,000059$$

Faktor Gesekan

$$f = 1,325 \left\{ \ln \left[0,27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right) \right] \right\}^{-2}$$

$$f = 0,010$$

Panjang Pipa Ekuivalen

$$(L_e)_i = \frac{D_i}{f_i} \sum K$$

$$(L_e)_i = 7,11$$

Koefesien Modifikasi Hambatan Pipa

$$\bar{R}_i = \frac{8f_i[L_i + (L_e)_i]}{g \pi^2 D_i^5}$$

$$\bar{R}_i = 1373746,279$$

Tabulasi Hitungan manual

No Pipa	ϵ/D	f_i	L_e	\bar{R}_i
1 (1 inch)	0,000059	0,010	7,11	1373746,279
2 (3/4 inch)	0,000078	0,011	3,78	4706481,764
3 (1/2 inch)	0,000118	0,012	1,56	30363337,81

Perubahan Garis Batas Hidrolik

$$W = \left(\frac{Q}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sqrt{R_i}}} \right)^2$$

$$W = 0,37 \text{ m}$$

Estimasi Debit Tiap Pipa Paralel

$$Q_i = \sqrt{\frac{W}{R_i}}$$

$$Q_1 = 0,00051 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{3/4} = 0,00028 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1/2} = 0,00011 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jumlah debit air keseluruhan

$$Q_{Tot} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{s}$$

KESIMPULAN

Hal yang lazim dalam praktek terapan rancang bangun susunan pemipaan parallel digunakan ukuran diameter pipa dan bahan pipa yang seragam.

Pengaruh variabel ukuran pipa pvc yang berbeda diameter ternyata tidak berdampak pada definisi perumusan kontinuitas aliran air dalam pipapvc.

Data hasil pengukuran pada simulator susunan pemipaan parallel bahwa debit air masuk sesuai dengan debit air keluar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bassett, M.D., Pearson, R.J., and Winterbone, D.E 2001, "Calculation of steady flow pressure loss coefficients for pipe junction", Prociding. Institue Mechanical Engineers.
- blair, G.P. 1985, "An Improved branched pipe model for multi-cylinder automotive engine calculation" Prociding Institue Mechanical Engineers, Part D, Journal of Automobile engineering.
- Hagar, W.H, 1984, "An Approximate treatment of flow in brnaches and bend", Prociding. Institue Mechanical Engineers, Jounal of Mechanical Engineering Science. Prociding.
- Presented at "Short Course on Geothermal Drilling, Resource Development and Power Plants", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, January 16-22, 2011.
- PIPING DESIGN: THE FUNDAMENTALS
 jlhenriquez@lageo.com.sv,
 aguirrel@lageo.com.sv
- Third Edition Mechanic of fluids Merle C, Potter. David C, Wiggert the wadsworth group is the publisher brookcole Duxbury Heinle & Heinle,

schirmer, wadsworth and west
www.brookscole.com ISBN 0-534-
37996-6

YOO Geun-jong, CHOI Hoon-ki, KIM
Chul-hwan Characteristics of turbulent
flow distribution in branch piping

system School of Mechatronics,
Changwon National University,
Changwon 641-773, Korea © Central
South University Press and Springer-
Verlag Berlin Heidelberg 2012.

