

ANALISA DISTRIBUSI KECEPATAN DAN TEKANAN PADA SISTEM PEMIPAAN JARINGAN TERTUTUP

Suyatno

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
Email : suyatnoarief@yahoo.com

Abstrak

Sistem pemipaan jaringan tertutup adalah sistem pemipaan yang cabang-cabangnya membentuk suatu rangkaian jaringan tertutup. Pada sistem pemipaan memiliki perbedaan karakteristik yang dipengaruhi oleh kecepatan, tekanan, debit, head, loss dan parameter lainnya.

Penelitian yang dilaksanakan pada model sistem pemipaan jaringan tertutup, untuk mengkaji distribusi kecepatan, tekanan serta untuk mengetahui hubungan parameter fisik kecepatan dan tekanan tersebut. Distribusi kecepatan dan tekanan ditunjukkan sebagai grafik garis aras tenaga (GAT) dan garis aras hidraulik (GAH). Grafik garis aras tenaga dan garis aras hidraulik digambarkan setelah dilakukan pengukuran head tekanan statik, debit dan diketahuinya diameter pipa pada model sistem pemipaan yang diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan grafik garis aras tenaga dan garis aras hidraulik dapat diketahui bahwa tekanan akan naik dan kecepatan akan turun pada saat aliran akan memasuki suatu belokan. Tekanan akan turun dan kecepatan akan naik pada saat aliran air mengalir meninggalkan belokan. Tekanan akan turun dengan tajam ketika aliran air akan keluar dari sistem pemipaan. Dengan menggunakan grafik garis aras tenaga dan garis aras hidraulik sistem pemipaan yang diteliti, dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan sistem yang akan digunakan.

Kata kunci : *Sistem jaringan pemipaan tertutup, debit, distribusi head untuk tekanan statis dan head untuk tekanan dinamis, garis aras tenaga, garis aras hidraulik.*

1. PENDAHULUAN

Sistem pemipaan sangat penting, karena dengan sistem pemipaan kita dapat memindahkan dan mengalirkan suatu fluida dengan kondisi tertentu dari suatu tempat ke tempat lain sehingga akan menghemat biaya dan waktu untuk memindahkan fluida tersebut. Pada perusahaan besar dan industri besar sistem pemipaan bisa menjadi sangat rumit, misalnya dengan adanya banyak belokan, sambungan dan percabangan sehingga sering timbul masalah-masalah seperti kebocoran, turunnya kecepatan dan tekanan, serta debit yang semakin kecil karena adanya *losses* yang terjadi pada sistem pemipaan tersebut.

Sistem pemipaan juga digunakan untuk jaringan atau sistem pemadam kebakaran pada gedung-gedung bertingkat dan jaringan distribusi air pada industri pariwisata atau perhotelan. Sistem pemipaan terbagi menjadi dua yaitu sistem jaringan terbuka dan sistem jaringan tertutup (*Multiple-Path System*).

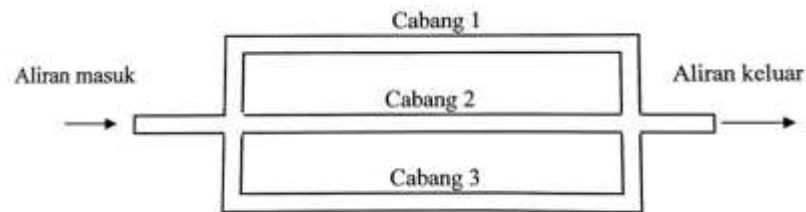
Sistem jaringan tertutup adalah suatu jaringan pemipaan yang mempunyai cabang-cabang, yang mana cabang-cabang tersebut akan membentuk suatu rangkaian yang tertutup. Sistem jaringan tertutup jarang dipakai karena memerlukan biaya dan waktu pemasangan pipa yang lebih besar dari pada sistem jaringan terbuka, selain itu juga sistem jaringan tertutup membutuhkan perhitungan

yang cukup matang agar tidak terjadi penurunan kecepatan, tekanan dan debit yang cukup besar. Sistem jaringan tertutup lebih banyak dipakai untuk sistem pemadam kebakaran dan sistem jaringan air bersih pada industri pariwisata karena mampu mengatasi apabila terjadi kerusakan pada salah satu *section* pipa dalam jaringan, sehingga kerusakan dapat diatasi dengan cara melewatkan aliran fluida melalui cabang-cabang yang lain.

Perhitungan-perhitungan yang matang akan sangat membantu dalam merencanakan suatu sistem pemipaan. Sehingga hal-hal yang tidak diinginkan dapat diminimalisasi dan biaya perawatan serta perbaikan dapat ditekan dan dikurangi dikemudian hari. Perhitungan juga dapat dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh dari kekasaran permukaan dalam pipa, belokan, percabangan, diameter pipa, dan faktor-faktor lain terhadap menurunnya debit, kecepatan dan tekanan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengurangi kerugian-kerugian energi yang terjadi pada sistem pemipaan dan dapat memberi masukan bagi sistem *plumbing*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi kecepatan dan distribusi tekanan, parameter-parameter fisik yang mempengaruhi ukuran-ukuran dasar sistem pemipaan seperti kapasitas dan tinggi tekan, serta *head loss* yang terjadi pada jaringan sistem pemipaan jaringan tertutup yang dibuat pemodelan.

Sistem jaringan tertutup adalah suatu jaringan pemipaan yang mempunyai cabang-cabang, dimana cabang-cabang tersebut membentuk suatu rangkaian yang tertutup.



Gambar 1. Sistem pemipaan jaringan tertutup

Persamaan Dasar dalam Integral untuk Volume Atur digunakan untuk mengkaji distribusi kecepatan dan tekanan.

$$\left. \frac{dN}{dt} \right)_{sistem} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \eta \rho dV + \int_{cs} \eta \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

dengan,

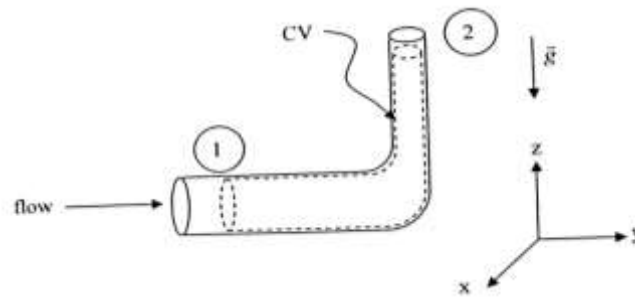
$$N_{sistem} = \int_{massa(sistem)} \eta dm = \int_{V(sistem)} \eta \rho dV$$

Untuk mengevaluasi perubahan energi aliran sebagai aplikasi untuk dua titik atau tingkat keadaan digunakan persamaan Bernoulli.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

Besarnya energi yang diserap :

$$\dot{Q} = \dot{m}(u_2 - u_1) + \dot{m} \left(\frac{p_2}{\rho} - \frac{p_1}{\rho} \right) + \dot{m} g (z_2 - z_1) + \int_{A_2} \frac{V_2^2}{2} \rho V_2 dA_2 - \int_{A_1} \frac{V_1^2}{2} \rho V_1 dA_1$$



Gambar 2. Volume atur dan koordinat ruang untuk analisa energi dari aliran fluida yang melewati belokan 90^o yang mengecil

Total kehilangan energi (total *head loss*) :

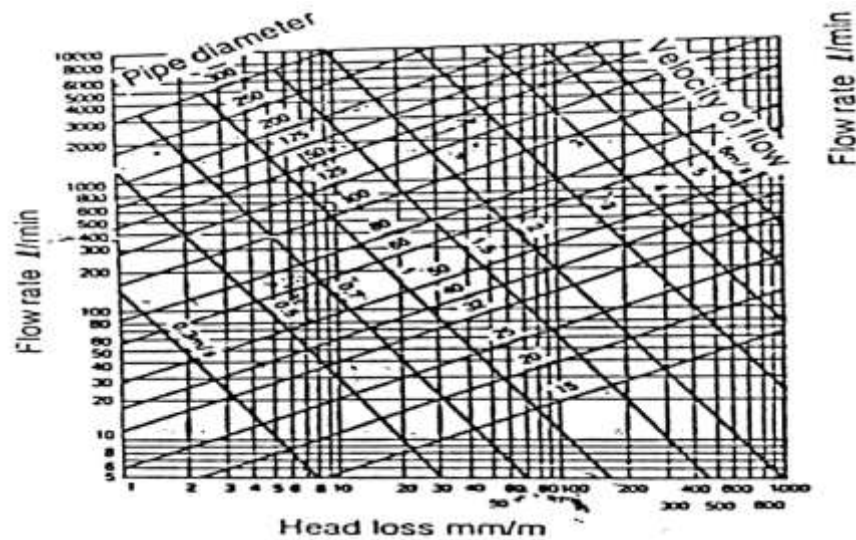
$$\left(\frac{p_1}{\rho} + \alpha \frac{V_1^2}{2} + g z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\rho} + \alpha \frac{V_2^2}{2} + g z_2 \right) = H_{lr}$$

Mayor losses :

$$h_f = f \frac{L}{D} + \frac{v^2}{2g} \quad \text{dengan} \quad f = \frac{64}{Re}$$

Minor losses :

$$h_l = k \frac{v^2}{2g} \quad \text{dengan} \quad k = f \frac{L_e}{D}$$

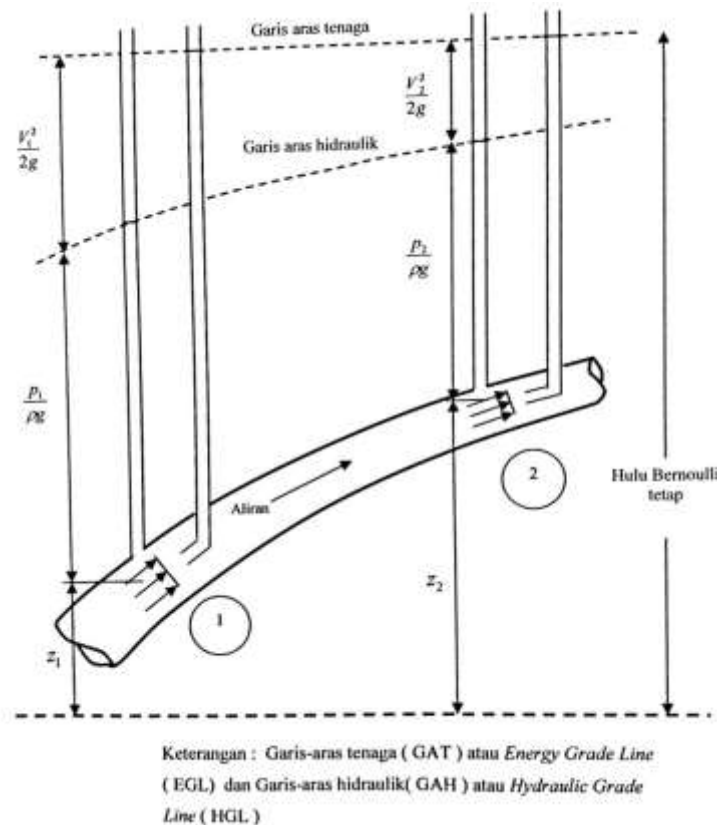


Sumber : *Fundamentals Of Pump Technology*, EBARA Corporation

Gambar : 3. Grafik *loss of head for vinyl chloride pipe*



Persamaan Bernoulli dapat ditafsirkan secara visual dengan menggambarkan bagan *Energy Grade Line* (EGL) dan *Hydraulic Grade Line* (HGL). EGL menggambarkan tinggi *head* total. Tinggi EGL adalah konstan untuk aliran tanpa gesekan ketika tidak ada kerja yang terjadi oleh aliran fluida. HGL menunjukkan tingginya *head* elevasi dan *head* tekanan statik. Perbedaan tinggi antara EGL dan HGL menggambarkan dinamik (*velocity head*). HGL akan naik karena adanya pengurangan kecepatan dan pada aliran yang lebih umum. EGL akan turun perlahan-lahan karena adanya kerugian (*losses*) yang disebabkan oleh gesekan dan akan turun secara tajam jika ada kerugian yang lebih besar yang disebabkan oleh adanya katup, persambungan, pengecilan penampang, atau belokan dan percabangan. EGL hanya akan bertambah naik jika ada tambahan usaha, misalnya dari pompa. HGL pada umumnya mengikuti perilaku dari EGL, jika ada kerugian (*losses*) yang menyebabkan EGL turun maka EGL juga akan ikut turun.

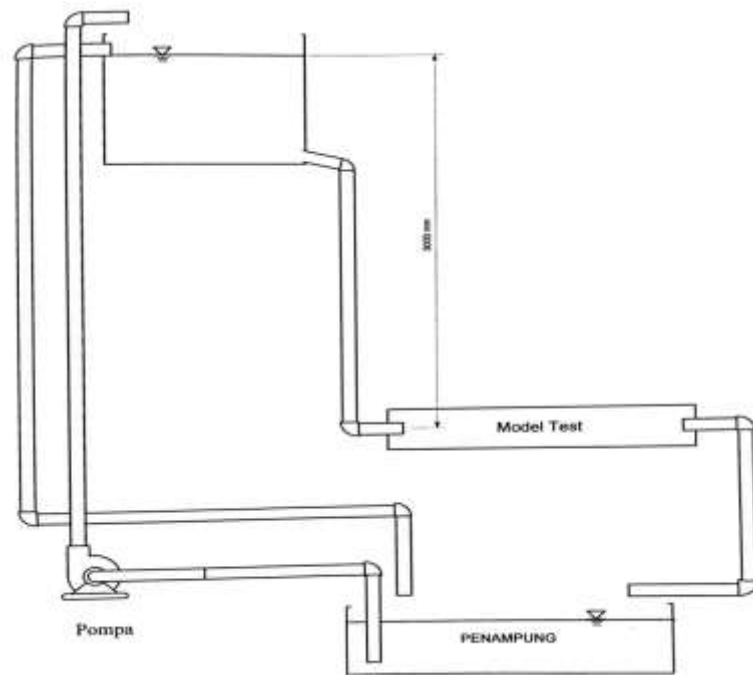


Gambar 4. Garis-aris hidrolik dan garis-aris tenaga

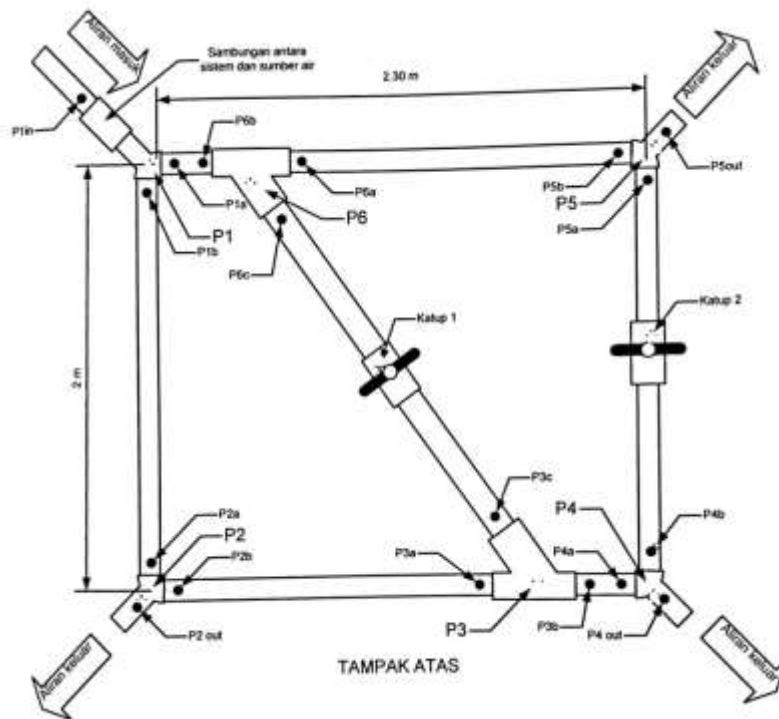
2. METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membuat permodelan dari sistem pemipaan jaringan terbuka yang akan dianalisis, pengecekan kelayakan untuk pengambilan data pada sistem dan memastikan tidak terjadi kebocoran pada sambungan pipa, tinggi air pada tower relatif stabil sehingga mendapat *head* yang konstan, pengambilan data awal berupa debit keluar sistem pada masing-masing titik, pengukuran tekanan statik pada pipa kapiler menggunakan penggaris berskala.





Gambar 5. Rancangan alat secara keseluruhan



Gambar 6. Rancangan sistem pemipaan jaringan tertutup

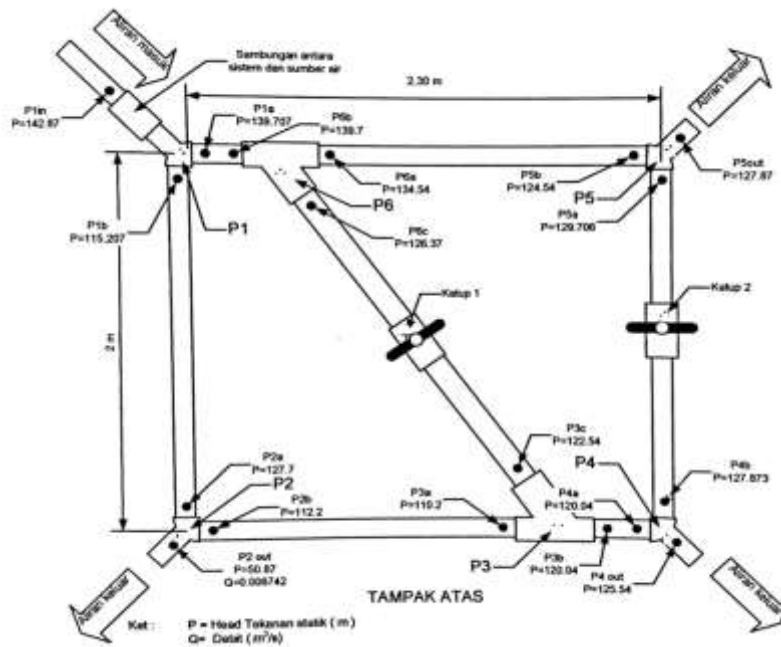


Gambar 7. Rancangan sistem pemipaan jaringan tertutup

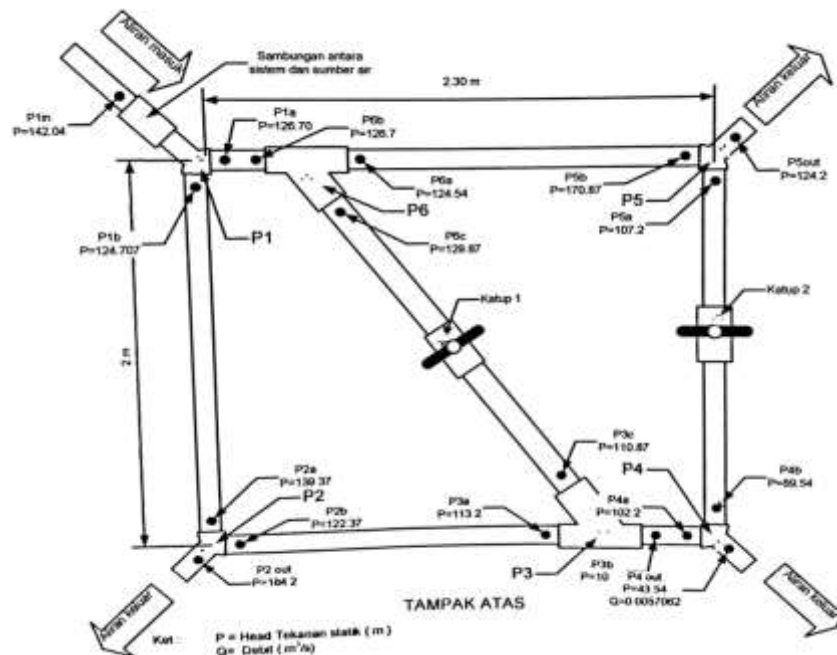


Gambar 7. Pipa kapiler yang dipasang pada sistem untuk mengukur tekanan statis

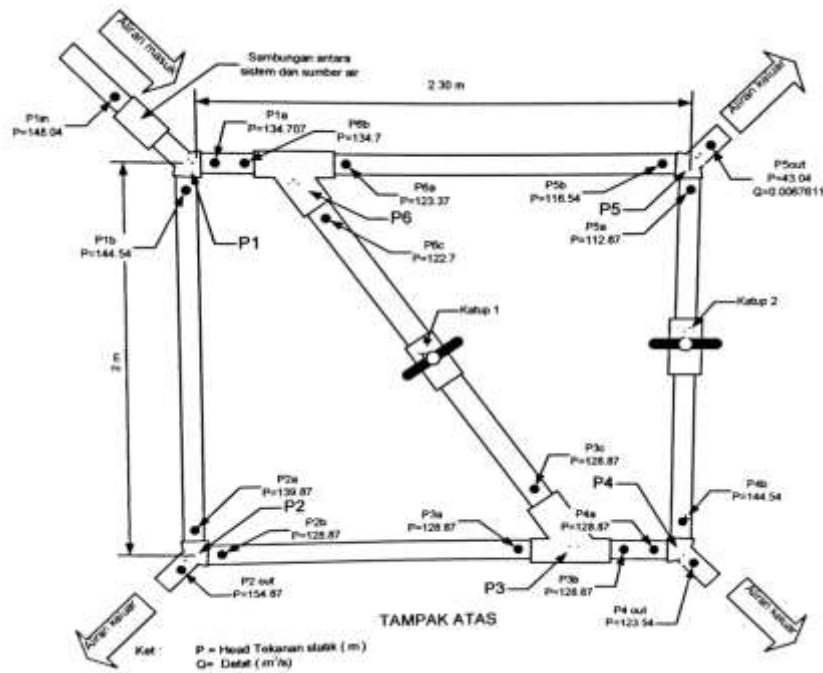
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



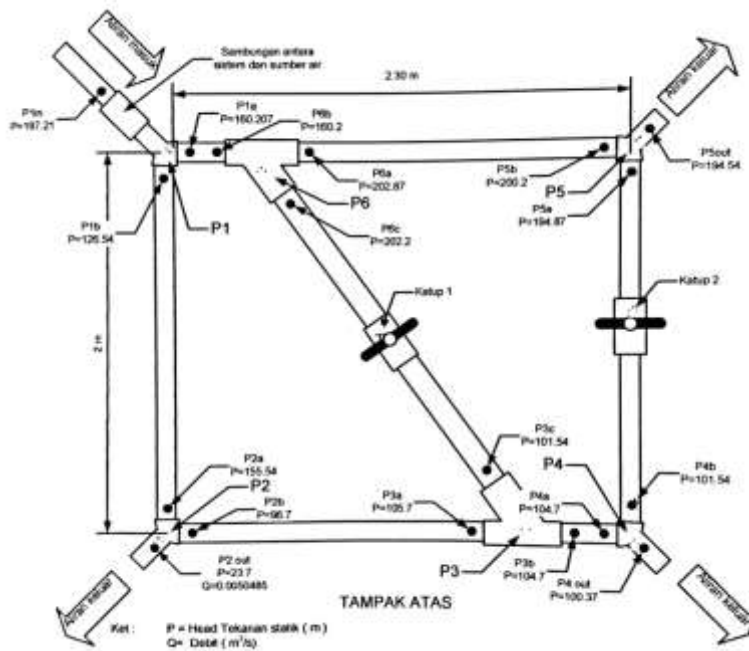
Gambar 8. Sistem pemipaan jaringan tertutup serta data hasil penelitian dengan titik keluaran P2out



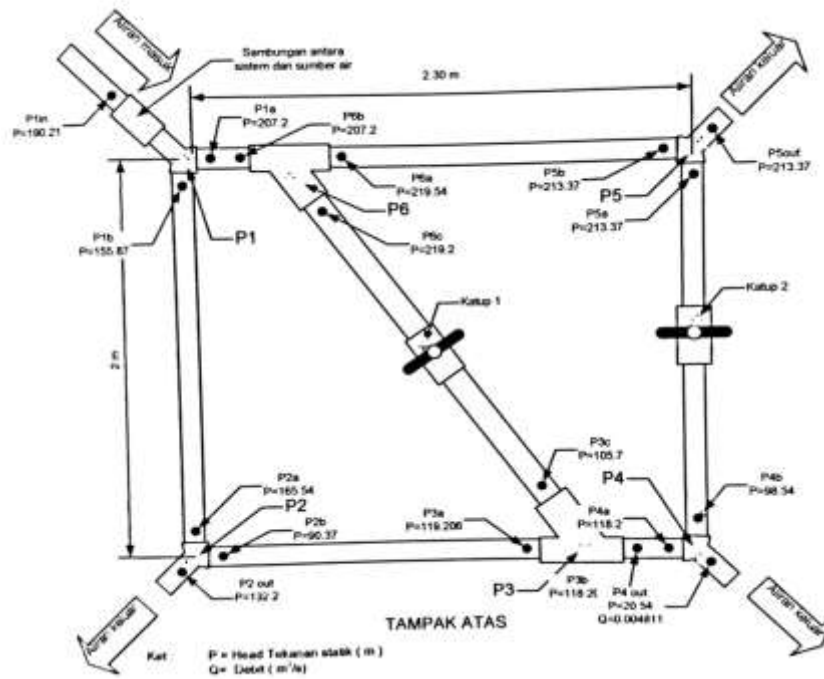
Gambar 9. Sistem pemipaan jaringan tertutup serta data hasil penelitian dengan titik keluaran P4out



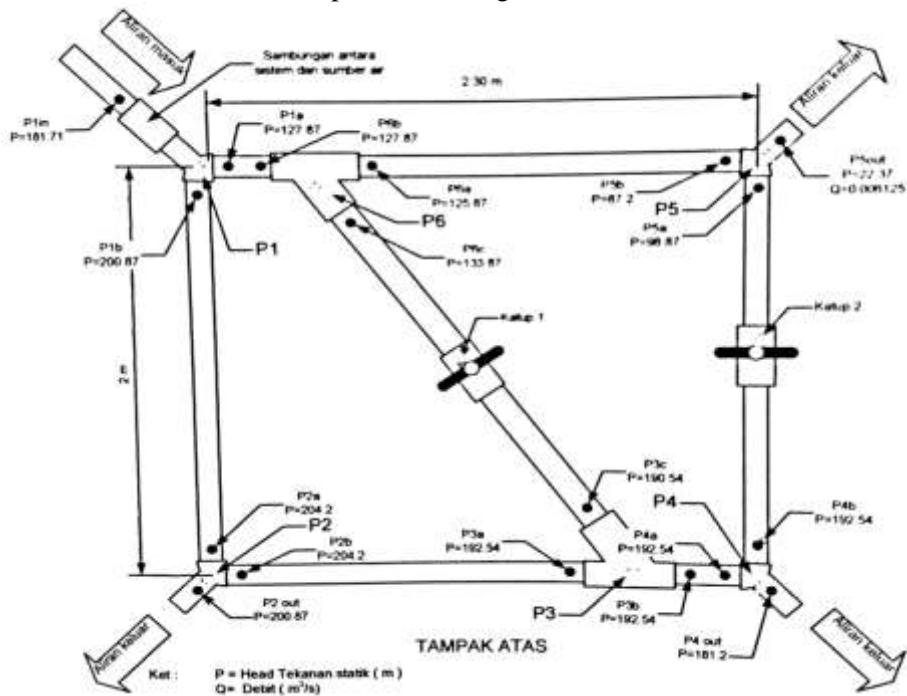
Gambar 10. Sistem pemipaan jaringan tertutup serta data hasil penelitian dengan titik keluaran P5out



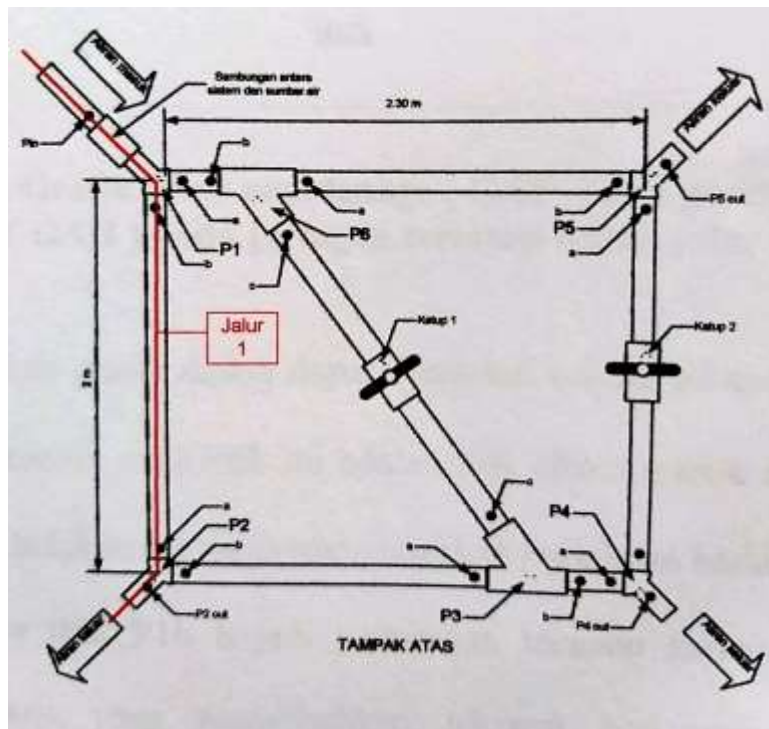
Gambar 11. Sistem pemipaan jaringan tertutup dengan keadaan katup 1 dan 2 tertutup serta data hasil penelitian dengan dengan titik k titik k titik keluaran P2out



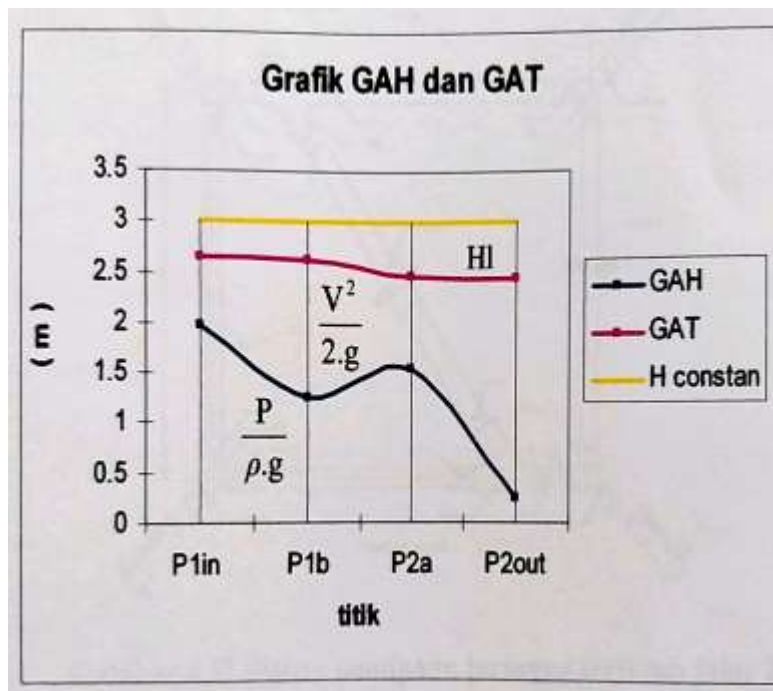
Gambar 12. Sistem pemipaan jaringan tertutup dengan keadaan katup 1 dan 2 tertutup Serta data hasil penelitian dengan titik keluaran P4out



Gambar 12. Sistem pemipaan jaringan tertutup dengan keadaan katup 1 dan 2 tertutup serta data hasil penelitian dengan titik keluaran P5out

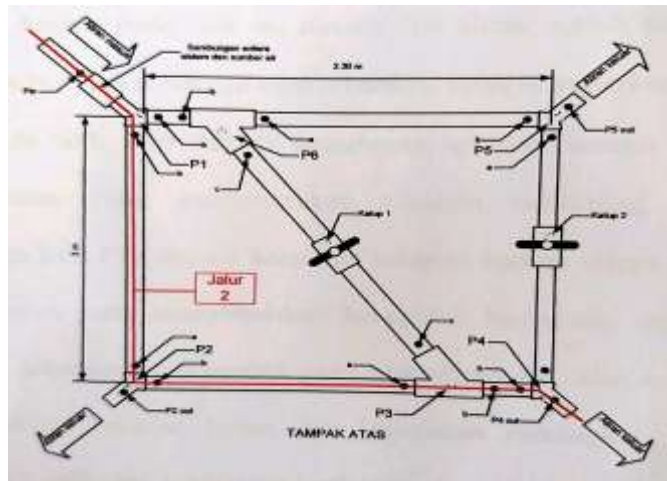


Gambar 13. Sistem pemipaan jaringan tertutup jalur 1

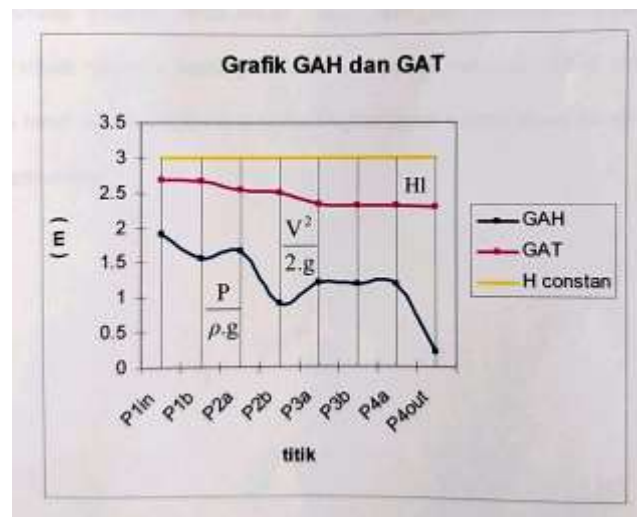


Gambar 14. Grafik garis aras tenaga (GAT) dan garis aras hidraulik (GAH) pada jaringan tertutup untuk jalur 1

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa tekanan tertinggi terjadi pada titik P1in karena pada titik ini adalah titik aliran masuk sistem dan setelah titik ini terdapat belokan sehingga menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan bertambah. Pada titik P1b terjadi penurunan tekanan karena aliran air telah melewati belokan yang menyebabkan tekanan berkurang dan kecepatan bertambah. Pada titik P2a terjadi kenaikan tekanan karena aliran air titik ini akan memasuki belokan yang menyebabkan kecepatannya menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan naik. Pada titik P2out tekanan turun secara drastis karena titik ini terdapat aliran keluar sistem pemipaan.



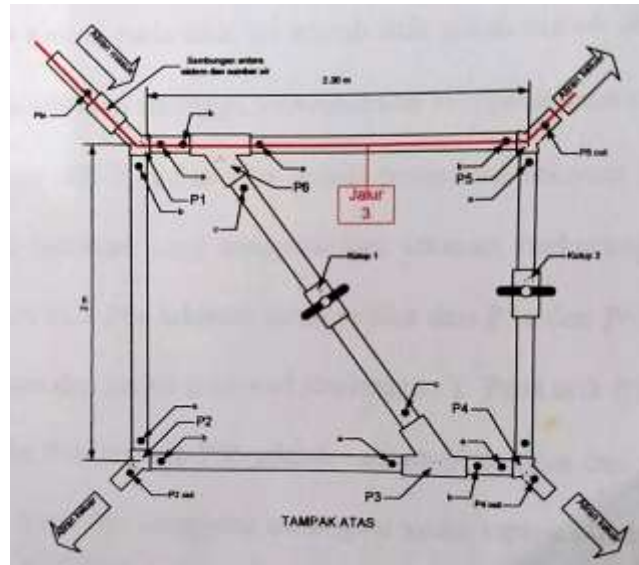
Gambar 15. Sistem pemipaan jaringan tertutup jalur 2



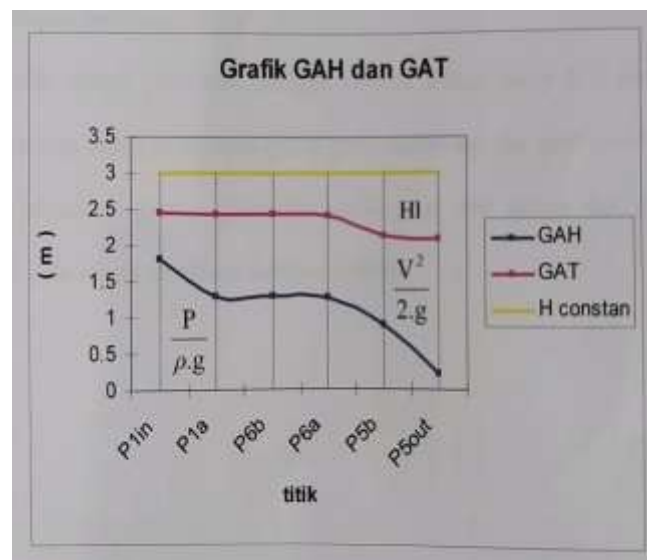
Gambar 16. Grafik garis aras tenaga (GAT) dan garis aras hidraulik (GAH) pada jaringan tertutup untuk jalur 2

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa tekanan tertinggi terjadi pada titik P1in karena pada titik ini adalah titik aliran masuk sistem dan setelah titik ini terdapat belokan sehingga menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan bertambah. Pada titik P1b terjadi penurunan tekanan karena aliran air telah melewati belokan yang menyebabkan tekanan berkurang dan kecepatan bertambah. Pada titik P2a terjadi kenaikan tekanan karena aliran air titik ini akan memasuki belokan yang menyebabkan kecepatannya menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan naik. Pada titik P2out tekanan turun secara drastis karena titik ini terdapat aliran keluar sistem pemipaan.

memasuki belokan yang menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan naik. Pada titik P2b tekanan turun karena pada titik aliran air telah melewati belokan yang menyebabkan tekanan turun dan kecepatan meningkat. Pada titik P3a tekanan kembali naik dan kecepatan berkurang karena aliran karena aliran air akan memasuki sambungan T pada jalur sistem pemipaan. Pada P3b dan P4a tinggi tekanan air hampir sama karena jarak antara titik ini yang sangat dekat, pada titik ini tekanan turun sedikit dari titik P3a karena aliran air telah melewati sambungan T yang menyebabkan tekanan turun tetapi akan mengalir memasuki belokan yang menyebabkan tekanan meningkat dan kecepatan menurun. Pada titik P4out tekanan turun tajam dan kecepatan meningkat tajam karena aliran air akan keluar sistem pemipaan.



Gambar 17. Sistem pemipaan jaringan tertutup jalur 3



Gambar 16. Grafik garis aras tenaga (GAT) dan garis aras hidraulik (GAH) pada jaringan tertutup untuk jalur 3

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa tekanan tertinggi terjadi pada titik P1in karena pada titik ini adalah titik aliran masuk sistem dan setelah titik ini terdapat belokan sehingga menyebabkan kecepatan berkurang dan tekanan bertambah. Pada titik P1a dan P6b terjadi penurunan tekanan karena aliran air telah melewati belokan yang menyebabkan tekanan berkurang dan kecepatan bertambah. Pada titik P6a tekanan turun sedikit dari P1a dan P6b karena titik ini saling berdekatan dan hanya melewati sambungan T. Pada titik P5b tekanan turun karena dari titik P6b menuju P5b adalah saluran pipa lurus dan mendatar. P5out tekanan turun tajam dan kecepatan meningkat tajam karena aliran air akan keluar sistem pemipaan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Garis aras tenaga turun secara perlahan karena disebabkan oleh berkurangnya kecepatan akibat adanya gesekan dan turun secara tajam apabila ada kerugian yang lebih besar yang disebabkan oleh belokan atau percabangan, katup dan persambungan . Garis aras tenaga hanya akan naik jika adanya tambahan tenaga. Garis aras hidraulik pada umumnya akan mengikuti perilaku dari garis aras tenaga, jika ada kerugian yang menyebabkan garis aras tenaga turun, maka garis aras hidraulik akan ikut turun.
2. Dari hasil analisa debit tertinggi terjadi pada titik P5out dengan nilai rata-rata $0,00613 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit terendah pada titik P4out dengan nilai rata-rata $0,00481 \text{ m}^3/\text{s}$. Kecepatan tertinggi terjadi dititik P5out dengan nilai rata-rata $3,022 \text{ m/s}$ dan kecepatan terendah pada titik P4out dengan nilai rata-rata $2,374 \text{ m/s}$. *Head* keluar tertinggi terjadi pada titik P5out dengan nilai rata-rata $0,690 \text{ m}$ dan *head* keluar terendah pada titik P4out dengan nilai rata-rata $0,493 \text{ m}$. *Head loss* tertinggi terjadi pada titik P4out dengan nilai rata-rata $2,507 \text{ m}$ dan *head loss* terendah pada titik P5out dengan nilai rata-rata $2,309 \text{ m}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Evvett, J.B., Liu, C., 1988, *Fundamentals of To Fluid Mechanics*, Mcgaw Hill International Editions, Singapore
- Fox, R.W., Alsen,T., Donal, M.C., 1985, *Introduction to Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, New York
- Reynolds W.C.and Perkins, Hendry C.Diterjemahkan oleh Harahap Filino., 1996, *Termodinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta
- Streeter., Victor L., 1999, *Mekanika Fluida*, Erlangga, Jakarta
- Triatmodjo, Bambang., 1996, *Hidraulika I*, Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang., 1996, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta
- White, Frank. M., 1997, *Mekanika Fluida*, Erlangga, Jakarta.

