

ANALISIS DI ATAS MEJA ANALOGI HIDROLIK UNTUK MENGAMATI KARAKTERISTIK ALIRAN MELALUI SALURAN TERBUKA MENYEMPIT AKIBAT DAMPAK DARI LOMPATAN HIDROLIK DENGAN SUDUT 4°

Herman Hi. Tjolleng Taba¹⁾, Havid T Suharyadi²⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Ilmu Kebumihan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
Email : htjolleng76@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan meja analogi hidrolik untuk mengetahui bentuk struktur sel kejut aliran fluida (air), menentukan bentuk karakteristik aliran yang dihasilkan oleh bentuk saluran terbuka (menyempit) tersebut untuk pengujian dengan variasi debit aliran pada meja analogi, untuk pengujian dengan debit aliran dan tinggi permukaan air yang konstan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ), Jayapura (Desember 2018).

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium untuk mendapatkan data : debit aliran (Q), kecepatan (V), kecepatan penjarangan gelombang (c), bilangan froud (Fr), bilangan Reynolds (Re) dimana pada pembukaan katup 30° untuk saluran menyempit sudut 4° .

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk saluran menyempit dengan sudut 4° diperoleh $Q = 0.392 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, $V_m = 0.1868 \text{ m/s}$, $V_t = 0.2012 \text{ m/s}$, $V_k = 0.2274 \text{ m/s}$, $c_m = 0.3836 \text{ m/s}$, $c_t = 0.3836 \text{ m/s}$, $c_k = 0.3836 \text{ m/s}$ serta $Fr_m = 0.4870$, $Fr_t = 0.5244$, $Fr_k = 0.5928$ dan $Re = 7162$.

Kata Kunci : Sel Kejut, Debit Aliran, Tinggi Muka Air Saluran Terbuka Menyempit.

1. PENDAHULUAN

Seperti tulisan sebelumnya bahwa fenomena aliran melalui saluran terbuka telah lama diketahui dan dimanfaatkan oleh manusia. Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas dan tekanan pada permukaannya selalu sama dengan tekanan atmosfer.

Fenomena aliran melalui saluran terbuka telah lama diketahui dan dimanfaatkan oleh manusia. Sampai saat ini, aliran melalui saluran terbuka banyak dijumpai pada Turbin air, pertambangan dan lain-lain. Karakteristik aliran fluida yang keluar melalui saluran terbuka mempunyai bentuk dan kecepatan yang berbeda untuk setiap perubahan tekanan dan kecepatan aliran. Saluran terbuka pada sebuah meja analogi hidrolik mempunyai ciri atau karakteristik h (ketinggian/kedalaman), c (Kecepatan penjarangan

gelombang air), V (kecepatan aliran air) dan Fr (Bilangan Froude).

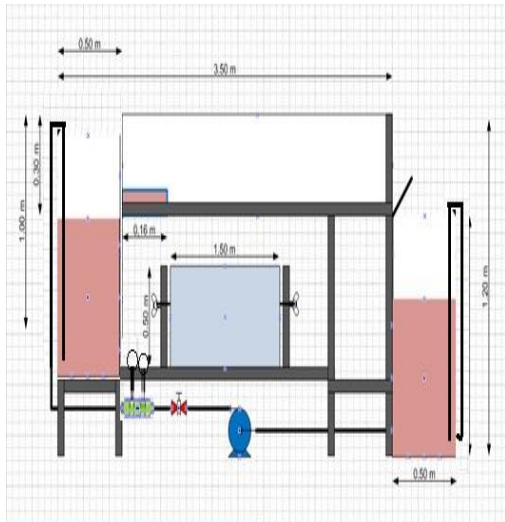
Analisis struktur aliran fluida cair (air) pada saluran terbuka merupakan pengamatan terhadap dampak dari 'hydraulic jumps' (lompatan hidrolik) yang terjadi di dalam atau di luar saluran terbuka. Penelitian mengenai aliran air melalui saluran terbuka telah dilakukan pertama kali oleh Jouguet (1920), dilanjutkan oleh Preiswerk (1940) dan kemudian dikembangkan oleh Black & Mediratta (1951). Penelitian tersebut dilakukan pada suatu peralatan atau instalasi yang disebut sebagai "Analogi Hidrolik" (hydraulic analogy).

Penelitian yang dapat dilakukan melalui instalasi "meja analogi hidrolik", antara lain; meneliti atau mempelajari struktur aliran fluida yang keluar melalui saluran atau aliran di belakang benda.

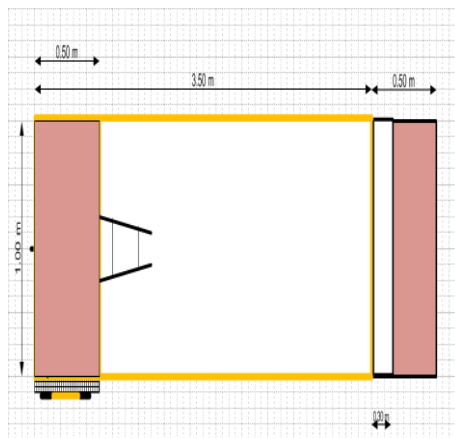
2. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat penelitian direncanakan akan dilaksanakan pada laboratorium Mekanika Fluida Teknik mesin USTJ.

Analisa penelitian terhadap karakteristik fluida untuk saluran terbuka menyempit dengan sudut 4° adalah :



(a). Pandangan Samping



(b). Pandangan Atas

Gambar 1 : Instalasi penelitian meja analogi hidrolik

Keterangan :

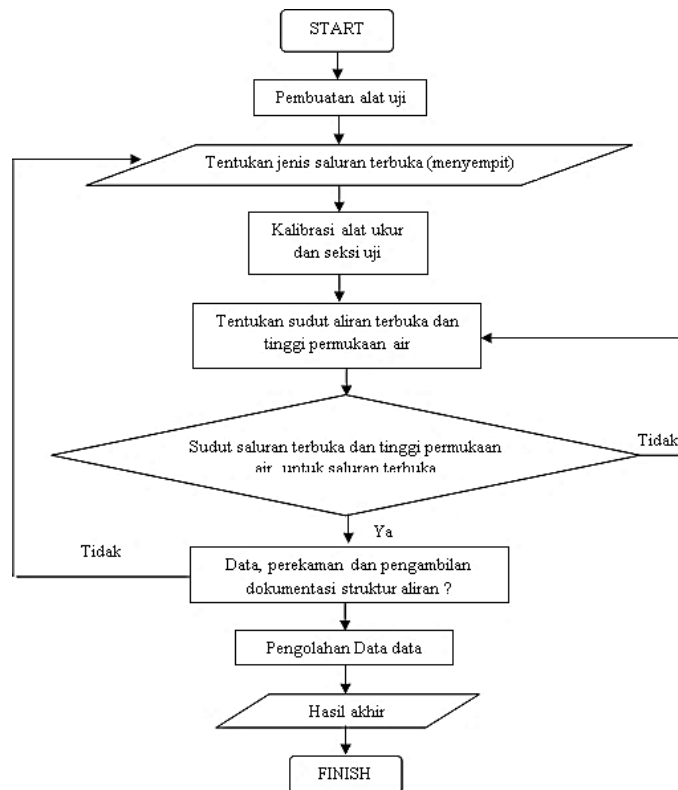
1. Meja Analogi
2. Spesimen Uji (Model Saluran Menyempit)
3. Unit Manometer H_2O .
4. Plat Pengatur Ketinggian Air
5. Orifice Tekanan
6. Kran Pengatur Debit Aliran Fluida
7. Pompa Air
8. Cermin Shadowgrafi
9. Bak Sirkulasi

1. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada saat pengukuran dan pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Menyetel keseimbangan atau kerataan meja analogi hidrolik dan memasang saluran terbuka menyempit yang akan diuji dengan sudut 4° (pertama).
2. Mengisi kedua bak penampung (reservoir atas dan bawah) dengan air bersih.
3. Menjalankan pompa dan menyetel katup hingga sesuai dengan debit yang diinginkan.
4. Menyetel plat pengatur tinggi air permukaan pada meja analogi sesuai yang diinginkan (kurang dari 4°).
5. Mengukur tinggi muka air dengan mistar baja pada : daerah bagian masuk saluran terbuka, bagian tengah saluran terbuka, dan pada bagian keluar saluran terbuka.
6. Mengukur panjang sel kejut (struktur aliran).
7. Merekam gambar (bayangan) buntut struktur aliran dengan kamera photo atau video untuk beberapa kondisi debit aliran.
8. Mengukur fluktuasi tinggi muka air pada meja analogi disekitar (bagian luar) saluran terbuka.
9. Melakukan pengulangan pengukuran untuk beberapa titik data sesuai kebutuhan.

A. Diagram Alir Penelitian.

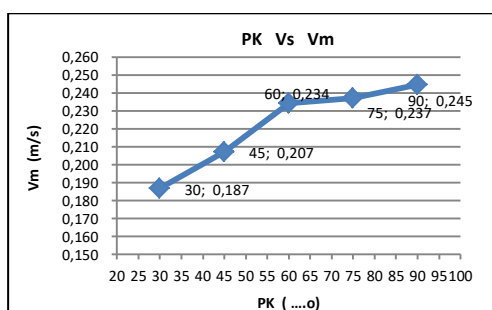


Gambar 2 : Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data pengamatan seperti pada tabel data hasil pengamatan. Dihasilkan analisa grafik.

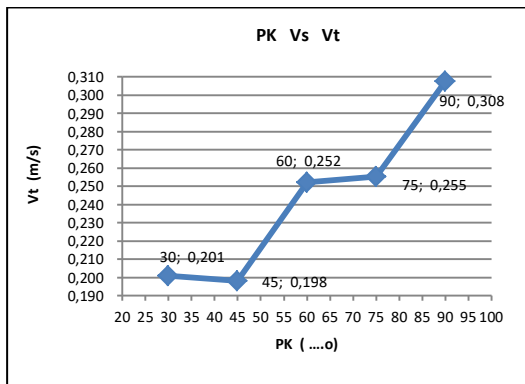
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik masuk saluran menyempit (V_m) dengan sudut 4°



Gambar 3. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik masuk saluran menyempit (V_m)

Terlihat pada gambar 3. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan aliran pada titik masuk saluran menyempit (V_m) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan aliran pada titik masuk saluran menyempit (V_m) berubah dari sub kritis ke superkritis dan berubah kembali menjadi subkritis. Untuk saluran menyempit sudut 4° pada PK = 30° sampai PK = 90° diperoleh perubahan kecepatan aliran menjadi superkritis $V_m = 0.187$ m/s sampai $V_m = 0.245$ m/s.

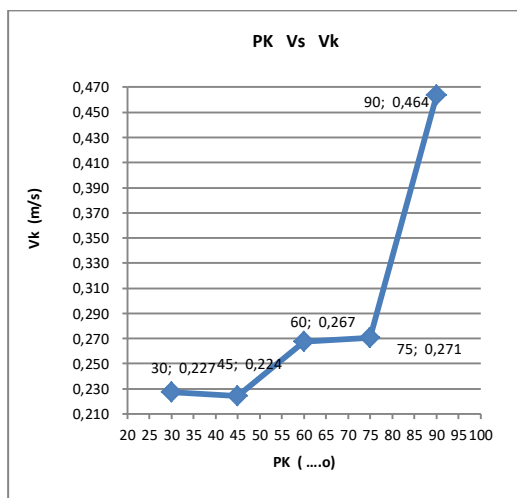
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik tengah saluran menyempit (V_t) dengan sudut 4°



Gambar 4. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik tengah saluran menyempit (V_t)

Dari gambar 4. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan aliran pada titik tengah saluran menyempit (V_t) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan aliran pada titik tengah saluran menyempit (V_t) berubah dari subkritis menjadi superkritis dan dapat berubah kembali menjadi subkritis. Untuk saluran menyempit sudut 4° pada PK = 30° diperoleh $V_t = 0.201$ m/s dan berubah menjadi subkritis pada PK = 45° dengan $V_t = 0.198$ m/s dan kembali berubah menjadi superkritis pada PK = 60° dengan $V_t = 0.252$ m/s sampai PK = 90° dengan $V_t = 0.308$ m/s.

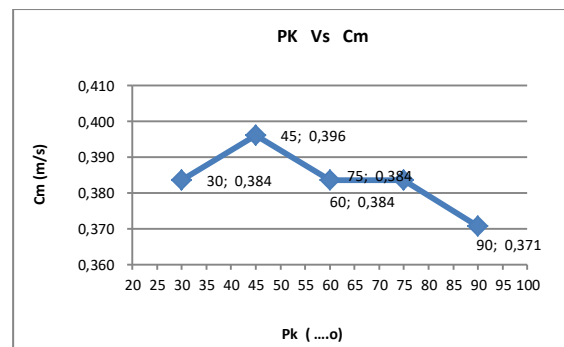
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik keluar saluran menyempit (V_k) dengan sudut 4°



Gambar 5. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan aliran pada titik keluar saluran menyempit (V_k)

Dari gambar 5. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan aliran pada titik keluar saluran menyempit (V_k) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan aliran pada titik keluar saluran menyempit (V_k) akan menjadi superkritis namun dapat berubah menjadi subkritis dan kembali superkritis. Terlihat untuk saluran menyempit sudut 4° pada PK = 30° diperoleh $V_k = 0.277$ m/s dan berubah menjadi subkritis yang merupakan penurunan perubahan kecepatan aliran, pada PK = 45° diperoleh $V_k = 0.224$ m/s dan kembali berubah menjadi super kritis pada PK = 60° sampai PK = 90° dengan $V_k = 0.464$ m/s.

Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik masuk saluran menyempit (c_m) dengan sudut 4°

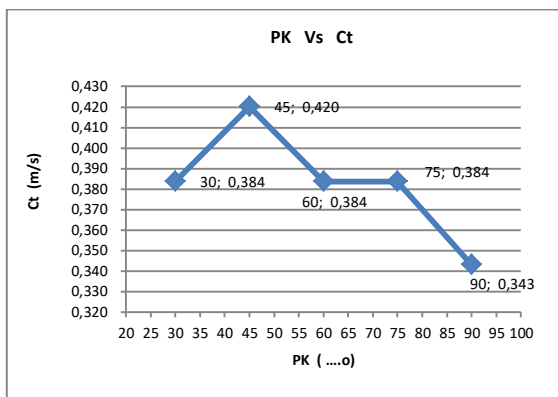


Gambar 6. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik masuk saluran menyempit (C_m)

Dari gambar 6. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan penjalaran gelombang pada titik masuk saluran menyempit (c_m) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan penjalaran gelombang pada titik masuk saluran menyempit (c_m) terjadi perubahan menjadi super kritis dari PK = 30° ke PK = 45° diperoleh nilai $c_m = 0.384$ m/s berubah menjadi 0.396 m/s. Kemudian pada PK = 60° dan 75° tidak mengalami

perubahan dan PK = 75° ke PK = 90° terjadi perubahan kecepatan aliran menjadi subkritis diperoleh nilai $c_m = 0.384$ m/s dan 0.384 m/s berubah menjadi subkritis 0.371 m/s.

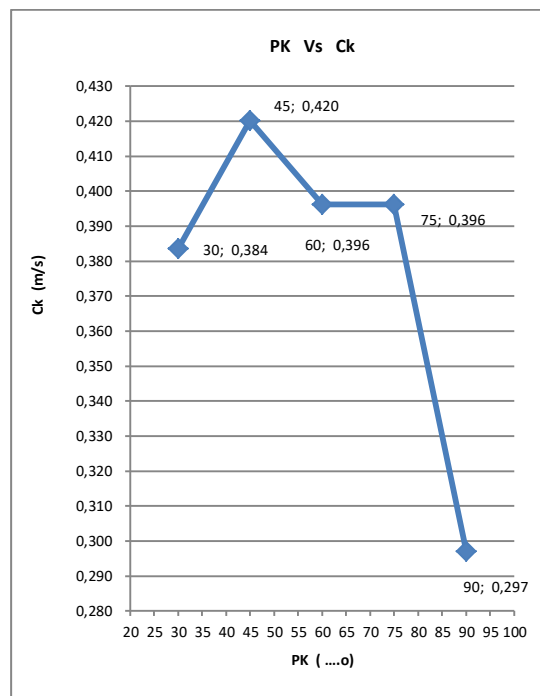
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik tengah saluran menyempit (c_t) dengan sudut 4°



Gambar 7. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik tengah saluran menyempit (C_t).

Dari gambar 7. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan penjalaran gelombang pada titik tengah saluran menyempit (c_t) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan penjalaran gelombang pada titik tengah saluran menyempit (c_t) terjadi perubahan kecepatan penjalaran gelombang menjadi superkritis dari PK = 30° ke PK = 45° diperoleh nilai $c_t = 0.384$ m/s berubah menjadi 0.420 m/s. Kemudian pada PK = 60°, 75° dan 90° terjadi perubahan kecepatan penjalaran gelombang menjadi subkritis, diperoleh nilai $c_t = 0.384$ m/s, 0.384 m/s dan 0.343 m/s.

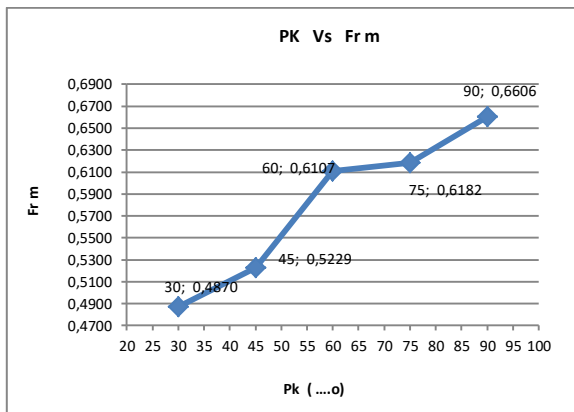
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik keluar saluran menyempit (c_k) dengan sudut 4°



Gambar 8. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan kecepatan penjalaran gelombang pada titik keluar saluran menyempit (C_k)

Dari gambar 8. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan kecepatan penjalaran gelombang pada titik keluar saluran menyempit (c_k) dimana semakin besar pembukaan katup maka kecepatan penjalaran gelombang pada titik keluar saluran menyempit (c_k) menjadi superkritis dari PK = 30°, 45°, 60°, 75° untuk saluran menyempit sudut 4° menghasilkan $c_k = 0.384$ m/s, 0.420 m/s, 0.396 m/s, 0.396 m/s dan berubah menjadi subkritis pada PK = 90° dengan $c_k = 0.297$ m/s.

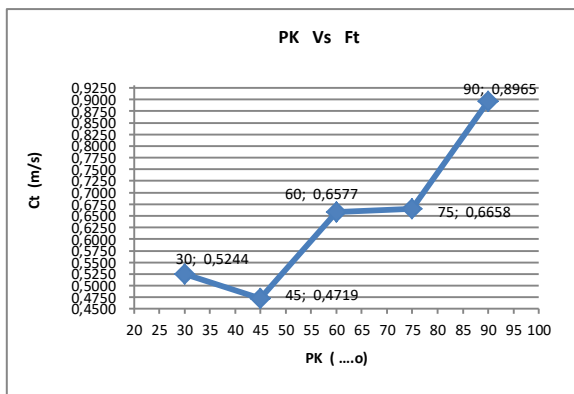
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan bilangan froud pada titik masuk saluran menyempit (F_m) dengan sudut 4°



Gambar 9. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan Bilangan Froud pada titik masuk saluran menyempit (F_m).

Dari gambar 9. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan bilangan froud pada titik masuk saluran menyempit (F_m) dimana semakin besar pembukaan katup (PK) maka bilangan froud pada titik masuk saluran menyempit (F_m) terjadi perubahan dari subkritis ke super kritis dari PK = 30° sampai PK = 90° yaitu di peroleh F_m = 0,4870 m/s, 0.5229 m/s, 0.6107 m/s, 0.6182 m/s dan 0.6606 m/s.

Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan bilangan froud pada titik tengah saluran menyempit (F_t) dengan sudut 4°

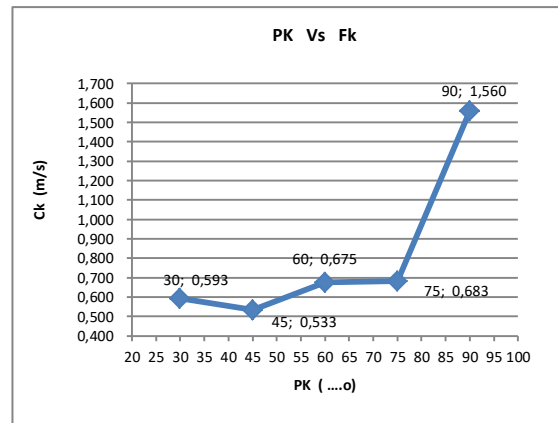


Gambar 10. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan Bilangan Froud pada titik tengah saluran menyempit (F_t).

Dari gambar 10. diatas terlihat semakin besar pembukaan katup (PK) maka bilangan froud

pada PK = 30° dan 45° terjadi perubahan menjadi subkritis dari F_{t1} = 0.5244 m/s mengalami penurunan nilai menjadi 0.4719 m/s dan kemudian berubah kembali menjadi superkritis pada PK = 60°, 75° dan 90° dari F_{t1} = 0.6577 m/s, 0.6658 m/s dan 0.8965 m/s.

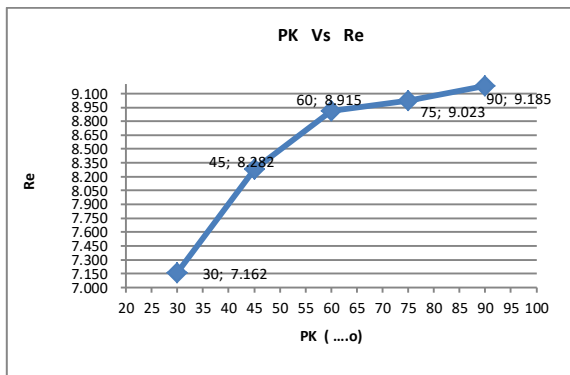
Analisa hubungan pembukaan katup (PK) dengan bilangan froud pada titik keluar saluran menyempit (F_k) dengan sudut 4°



Gambar 11. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan Bilangan Froud pada titik keluar saluran menyempit (F_k).

Dari gambar 11. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan bilangan froud pada titik keluar saluran menyempit (F_k) dimana semakin besar pembukaan katup (PK) maka bilangan froud pada titik keluar saluran menyempit (F_k) berubah menjadi subkritis. Namun terlihat dari PK = 30° sampai 45° untuk saluran menyempit sudut 4° mengalami perubahan menjadi subkritis dari F_k = 0.593 m/s mengalami penurunan nilai menjadi 0.533 m/s dan berubah menjadi superkritis pada bilangan froud saluran menyempit (F_k) yaitu PK = 60°, 75° dan 90° dimana untuk saluran menyempit sudut 4° menghasilkan F_k = 0.675 m/s, 0.683 m/s dan 1.560 m/s.

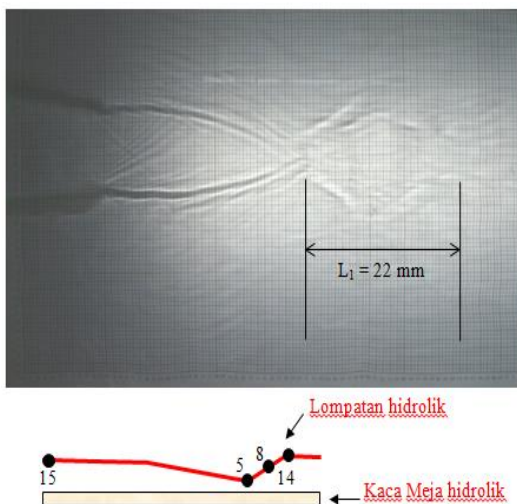
Analisa pembukaan katup (PK) dengan bilangan reynolds (Re) dengan sudut 4°



Gambar 12. Hubungan pembukaan katup (PK) dengan Bilangan Reynold pada titik (Re).

Dari gambar 12. diatas terlihat bahwa pembukaan katup (PK) sangat mempengaruhi pada perubahan bilangan reynolds dimana semakin besar pembukaan katup maka bilangan reynolds (Re) berubah menjadi superkritis dari PK = 30°, 45°, 60°, 75° dan 90° baik untuk saluran menyempit sudut 4° menghasilkan Re = 7.162 m/s, 8.282 m/s, 8.915 m/s, 9.023 m/s dan 9.185 m/s

Pengamatan Pada Daerah Aliran Saat Terbentuknya Sel Kejut dan Terjadinya Lompatan Hidrolik.



Gambar 13. Pengamatan pada Sel Kejut (Shock Wave) dan terjadinya lompatan hidrolik pada Saluran Menyempit Sudut 4° dengan $Q = 0.392 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengamatan, pengambilan data dan perekaman gambar terhadap saluran terbuka menyempit peneliti berkesimpulan bahwa :

- Bentuk struktur sel kejut aliran teramati melalui pengamatan pada daerah aliran pada bagian keluar dari saluran terbuka menyempit sudut 4°
- Pengamatan tingkat fluktuasi ketinggian air yang terjadi di dalam atau di bagian luar saluran terbuka pada meja analogi untuk pengujian dengan debit aliran dan tinggi permukaan air pada meja analogi yang konstan pada saluran terbuka menyempit sudut 4°.
- Perbedaan bentuk karakteristik aliran pada saluran terbuka menyempit sudut 4° :
 - Ketinggian air (h) tidak konstan
 - Ketinggian air pada pitot (hp) tidak konstan
 - Kecepatan aliran (v) dan kecepatan penalaran gelombang (c) aliran seragam (sub kritis $Fr < 1$)
 - Bilangan Froude aliran tidak seragam (aliran deras $Fr > 1$)
 - Aliran pada kedua sudut tersebut Turbulen $Re > 4000$ dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tiak menentu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Darmulia, *Analisis Karakteristik Aliran Melalui Saluran Terbuka Menyempit Dengan Variasi Sudut Pada Meja Analogi Hidrolik ILTEK*, Volume 7, Nomor 13, April 2012.
- Herman Hi. Tjolleng Taba, 2011, *Analisis Karakteristik Aliran Melalui Saluran Terbuka (Menyempit Dan Melebar) Dengan Sudut 14° Kajian Analisis dan Eksperimental Pada Meja Analogi Hidrolik* Jayapura.
- Herman Hi. Tjolleng Taba, 2010, *Analisis Karakteristik Aliran Melalui Saluran Terbuka Dengan Pengamatan Terhadap Daerah Aliran dengan Sudut 6° (Kajian Analisis dan Eksperimental Pada Meja Analogi Hidrolik)*, Jayapura.
- Herman Hi. Tjolleng Taba, Jackson Samberi 2019, *Analisis Di Atas Meja Analogi Hidrolik Untuk Mengamati Karakteristik Aliran Melalui Saluran Terbuka Melebar Akibat Dampak*

- Dari Lompatan Hidrolik Dengan Sudut 4°*. Jurnal Dinamis, Volume 16 Nomor 1 Juni, USTJ Jayapura.
- Frank M. White, *Fluid Mechanic* Fourth Edition, Mc Graw-Hill. Page 663.
- Triatmodjo, Bambang, 2003, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Makhsud Abdul, 2007, *Desain dan Pengujian Nosel Pada Meja Analogi Hidrolik*, Jurnal Teknologi & Industri Faqih, FTI-UMI.
- Lávička David, 2007, *CFD Simulation of Analogy Between Compressible and Free Surface Flow*. France.
- M. Olson Reuben dan J. Wright Steven, 1993, *Dasar-dasar mekanika fluida untuk teknik*, Ed. kelima, PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Rani, S.L. Wooldridge, M.S., 2000, *Quantitative flow visualization using the hydraulic analogy*. Experiment in Fluids 27, Springer-Verlag, 1145-1149.
- Carbonaro. M, and Van der Haegen. V, 2002, *Hydraulic analogy of supersonic flow*, EUROAVIA symposium, Von Karman Institute.