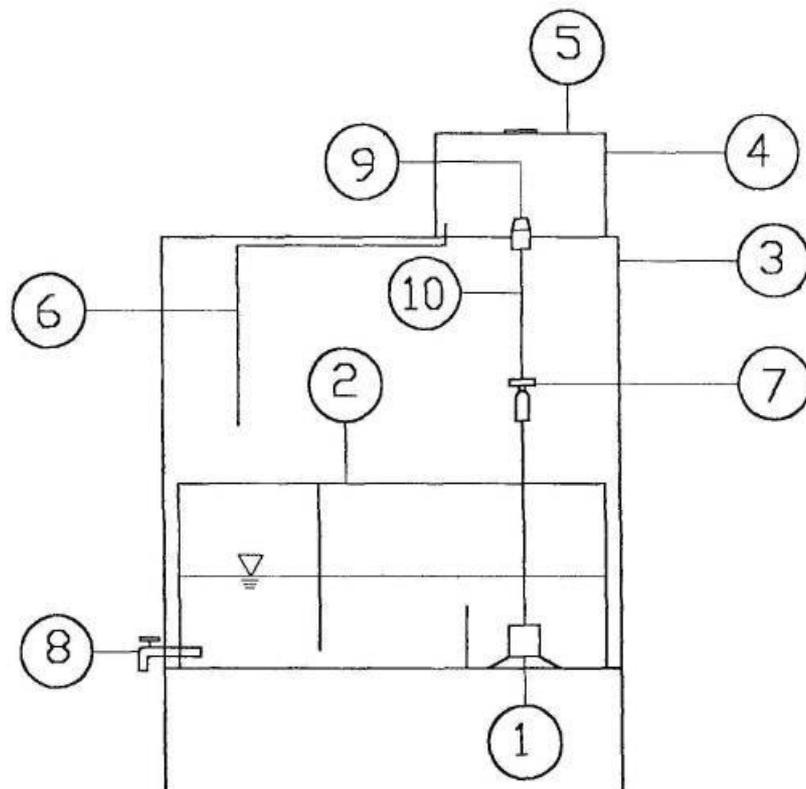


3. CARA KERJA DAN PERHITUNGAN PERENCANAAN PERALATAN PRAKTIKUM *JOMINY TEST*

3.1. Cara Kerja Peralatan Praktikum *Jominy Test*

Peralatan yang direncanakan untuk praktikum *jominy test* pada tugas akhir ini adalah seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Sketsa Peralatan Praktikum *Jominy Test*

Keterangan:

1. Pompa celup (pompa untuk aquarium ikan)
2. Bak penampung air atau bak kaca
3. Rangka atau *frame*
4. Bak pencekam spesimen
5. Pencekam spesimen atau *bar holder*
6. Pipa saluran atas
7. Kran air atau *gate valve 1*
8. Kran air atau *gate valve 2*

9. *Nozzel*

10. Pipa instalasi

Adapun cara kerja dari peralatan ini yaitu:

Air dengan suhu ± 25 °C (air PDAM) dimasukkan kedalam bak kaca (no.2) dengan volume air yang cukup untuk digunakan didalam melakukan pengujian *jominy*. Air didalam bak kaca ini selanjutnya akan dihisap oleh pompa yang dicelup dalam air (no.1), dimana air ini nantinya akan ditekan keatas oleh pompa melalui pipa air PVC (no.10). Air akan keluar melalui *nozzel* (no.9) yang mempunyai diameter dalam 12.5 mm, dengan ketentuan air memancar keluar dengan ketinggian pancaran bebas (*free height of jet*) 63 mm. Apabila air yang keluar dari *nozzel* ini ketinggian pancaran bebasnya melampaui 63 mm (ketinggian yang telah ditetapkan), maka tekanan air dalam pipa dapat dikurangi dengan mengatur bukaan *gate valve* (no.7), sampai akhirnya air yang keluar akan mempunyai ketinggian pancaran sesuai dengan yang diinginkan.

Setelah ketinggian pancaran air bebas setinggi 63 mm, maka dapat dilanjutkan dengan mengeluarkan spesimen dari dapur pemanas, kemudian diletakkan pada pencekam spesimen. Setelah itu air akan memancar mengenai bagian ujung bawah dari spesimen secara kontinyu.

Air yang digunakan untuk menyemprot spesimen, setelah mengenai spesimen pada saat pengujian *jominy*, air ini akan dialirkan keluar melalui saluran yang ada pada bak pencekam spesimen (no.4), saluran ini akan dihubungkan dengan pipa air PVC (no.6) dan akan diteruskan kembali ke bak kaca secara sirkulasi.

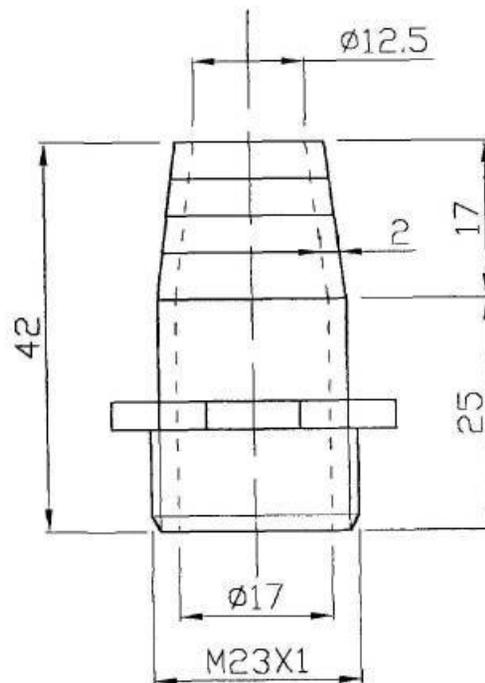
Dimana air setelah mengenai spesimen temperturnya lebih tinggi daripada temperatur air sebelumnya, untuk menjaga atau menghindari agar temperatur air tidak berubah terlalu banyak sewaktu akan dihisap oleh pompa (mencegah ketentuan air yang harus digunakan untuk menyemprot spesimen temperturnya antara 25 sampai 30 °C), dan untuk menghindari kotoran atau kerak dari spesimen terhisap oleh pompa, maka untuk itu pada bak kaca diberi sekat sekat kaca.

Setelah selesai melakukan pengujian *jominy*, maka air yang ada didalam bak kaca ini bisa dikuras melalui *gate valve* yang ada pada bak kaca (no.8).

3.2. Perhitungan

3.2.1. Perhitungan Kecepatan Aliran *Nozzle*

Nozzel yang digunakan untuk peralatan praktikum *jominy* adalah seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Nozzel*, (satuan dalam mm)

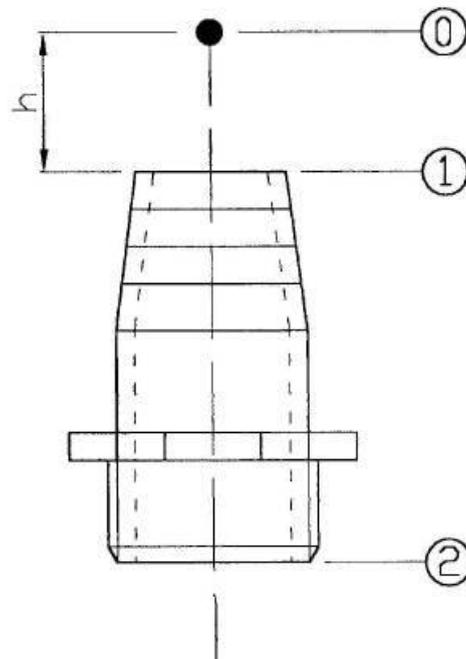
Untuk mendapatkan harga v_1 , maka digunakan persamaan Bernoulli:

$$g \times z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g \times z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} \quad (3.1)$$

Dengan asumsi:

1. Aliran *steady / steady state*.
2. Aliran *fully developed*, artinya profil kecepatan fluida sepanjang sumbu aliran aliran tidak berubah.
3. Aliran *incompressible*, artinya perubahan massa jenis fluida sepanjang aliran dapat diabaikan ($\rho = \text{konstan}$).
4. Tidak ada gaya-gaya dalam yang bekerja.

Sehingga:



Dimana:

$$P_0 = 0 \text{ gauge} = P_{\text{atm}} (1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2)$$

$$v_0 = 0$$

$$P_1 = P_{\text{atm}}$$

$$h = 0.063 \text{ m}$$

Dengan demikian harga v_1 dapat dicari:

$$g \times z_0 + \frac{P_0}{\rho} + \frac{v_0^2}{2} = g \times z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} \quad , (\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3)$$

$$9.81 \times 0.063 + \frac{1.01 \times 10^5}{1000} + \frac{0}{2} = 9.81 \times 0 + \frac{1.01 \times 10^5}{1000} + \frac{v_1^2}{2}$$

$$0.618 + 1.01 = 101 + \frac{v_1^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2}{2} = 1.236$$

$$v_1 = 1.11 \text{ m/dtk}$$

Untuk mendapatkan Q (debit) dan v_2 , maka digunakan persamaan Kontinuitas, dengan mengabaikan perubahan massa jenis fluida sepanjang aliran ($\rho = \text{konstan}$, atau $\rho_1 = \rho_2$).

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 \quad (3.2)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\pi}{4} \times d_1^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times 0.0125^2 \\ &= 1.226 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{\pi}{4} \times d_2^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times 0.017^2 \\ &= 2.268 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} Q_1 &= v_1 \times A_1 \\ &= 1.11 \times (1.226 \times 10^{-4}) \\ &= 0.000136 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= \frac{v_1 \times A_1}{A_2} \\ &= \frac{1.11 \times (1.226 \times 10^{-4})}{2.268 \times 10^{-4}} \\ &= \frac{0.00136}{2.268 \times 10^{-4}} \\ &= 0.6 \text{ m / dtk} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapatkan harga P_2 , dapat juga dicari dengan menggunakan persamaan Bernoulli:

$$g \times z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g \times z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} \quad , \text{(dengan referensi berada dititik 2)}$$

$$9.81 \times 0.042 + \frac{1.01 \times 10^5}{1000} + \frac{1.11^2}{2} = 9.81 \times 0 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{0.6^2}{2}$$

$$0.41202 + 101 + 0.616 = 0 + \frac{P_2}{\rho} + 0.18$$

$$101.84802 = \frac{P_2}{\rho}$$

$$P_2 = 1.018 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

3.2.2. Perhitungan Volume Air Yang Dibutuhkan Untuk Pengujian

Untuk menghitung volume air yang dibutuhkan dalam waktu 10 menit, dapat dicari dengan rumusan:

$$V = Q \times t \quad (3.3)$$

Untuk $t = 10$ menit (600 dtk), maka V_{total} :

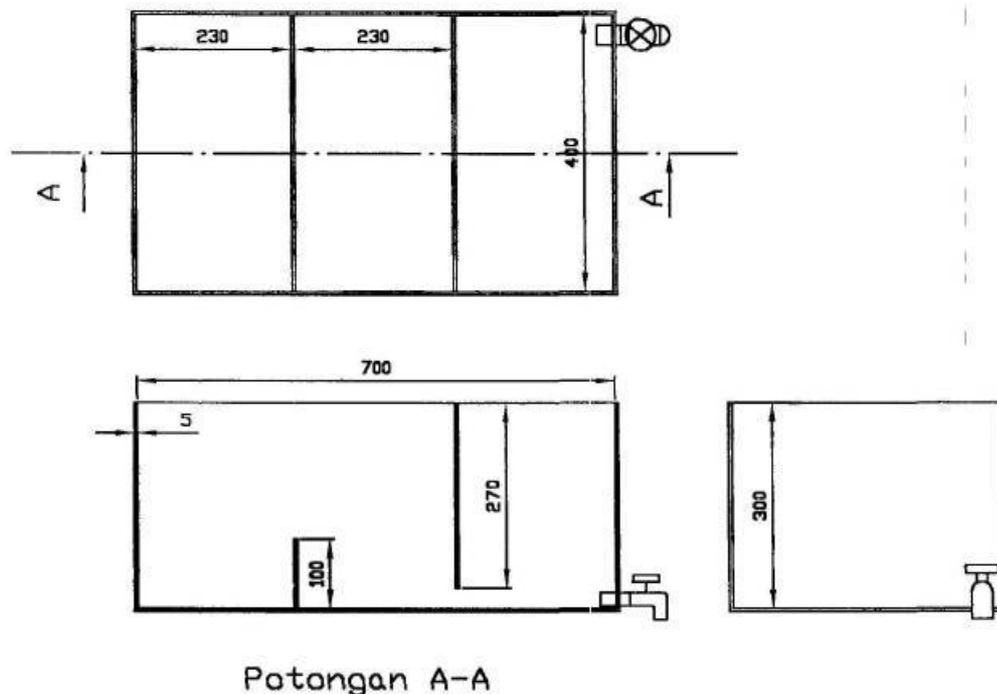
$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= Q \times t \\ &= 0.000136 \times 600 \\ &= 0.0816 \text{ m}^3 \\ &= 81.6 \text{ lt} \end{aligned}$$

Asumsi: jika pada waktu pengujian, air yang disemprotkan melalui *nozzle* dialirkan secara sirkulasi, sehingga hanya dibutuhkan 1 / 2 dari V_{total} , maka volume air yang dibutuhkan untuk pengujian selama 10 menit:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} \times 81.6 \\ &= 40.8 \text{ lt} \end{aligned}$$

Jadi untuk dimensi dari bak air direncanakan: panjang 0.7 m, lebar 0.4 m, tinggi 0.3 m. Dengan ditentukannya dimensi dari bak air, maka volume bak air yang direncanakan dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bak air}} &= P \times l \times t & (3.4) \\
 &= 0.70 \times 0.40 \times 0.30 \\
 &= 0.084 \text{ m}^3 \\
 &= 84 \text{ lt}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.3. Bak air, (satuan dalam mm)

3.2.3. Perhitungan *Head* Efektif Pompa

Head efektif pompa adalah: tinggi kenaikan yang sesungguhnya bisa dihasilkan oleh pompa tersebut, sehingga sebelum kita menentukan atau merencanakan pompa yang akan digunakan, maka harus diperhitungkan terlebih dahulu *head* yang seharusnya disediakan oleh pompa sesuai dengan instalasi yang telah direncanakan (mengingat adanya kerugian-kerugian didalam instalasi perpipaan).

Untuk menghitung *head* efektif ada beberapa langkah, yaitu:

1. Perhitungan aliran rata-rata pada pipa (c), dimana $c = v$

$$c = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{4 \times 0.000136}{3.14 \times (0.017)^2} \\
 &= \frac{0.000544}{0.00090746} \\
 &= 0.6 \text{ m / dtk}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *velocity head* (H_c)

$$H_c = \frac{c^2}{2 \times g} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned}
 H_c &= \frac{0.6^2}{2 \times 9.81} \\
 &= \frac{0.36}{19.62} \\
 &= 0.01835 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *head loss* (ΔH)

Untuk menghitung kerugian mayor (*major losses*), maka harus dicari dahulu harga f (faktor gesekan) dari instalasi pipa yang direncanakan.

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{c^2}{2 \times g} \quad (3.7)$$

Dimana:

H_f = *major losses* (m)

f = faktor gesekan / *friction factor*

c = kecepatan aliran rata-rata pada pipa (m / dtk)

D = diameter dalam pipa (m)

L = panjang pipa (m)

g = percepatan gravitasi (9.81 m / dtk²)

Dalam mencari harga f , harus dicek terlebih dahulu bilangan Reynold - nya, apabila bilangan Reynold < 2300 , maka aliran tersebut adalah aliran laminar dan apabila bilangan Reynold > 2300 , maka aliran tersebut aliran turbulen.

Harga f untuk aliran yang laminar, adalah:

$$f = \frac{64}{NR} \quad (3.8)$$

Harga f untuk aliran yang turbulen, adalah:

$$f = F(\varepsilon/D, NR) \quad (3.9)$$

Sedangkan untuk mencari bilangan Reynold:

$$NR = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad (3.10)$$

atau

$$NR = \frac{D \times v}{\nu} \quad (3.11)$$

Dimana:

ρ = kerapatan (kg / m^3)

v = kecepatan aliran rata-rata didalam pipa (m / dtk)

D = diameter dalam pipa (m)

μ = viskositas ($\text{N.s} / \text{m}^2$)

ν = viskositas kinematik (m^2 / dtk)

ε / D = *relative roughness*

Diketahui:

v = 0.6 m / dtk

D = 0.017 m

ν_{air} = 0.000000897 m^2 / dtk , pada $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ (lihat lampiran 6)

$$\begin{aligned}
 NR &= \frac{D \times v}{\nu} \\
 &= \frac{0.017 \times 0.6}{0.897 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{0.0101932}{0.897 \times 10^{-6}} \\
 &= 11371.24 \\
 &= 1.13724 \times 10^4
 \end{aligned}$$

Karena bilangan Reynold $\gg 2300$, maka aliran ini merupakan aliran yang turbulen dan f -nya dicari dengan menggunakan *Moody Diagram* (lampiran 1), dimana: $f = F(\epsilon / D, NR)$.

Didalam perencanaan pipa yang digunakan adalah pipa PVC (plastik), maka *absolute roughnessnya* (ϵ) adalah *smooth*, sehingga dari diagram *Moody* bisa langsung didapatkan harga f -nya. Dan dari pembacaan diketahui harga $f \approx 0.03$.

Setelah harga f diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan *major losses*.

Major losses pada pipa isap (H_{fs}): 0, karena panjang pipa isap (L_s) = 0.

$$\begin{aligned}
 H_{fs} &= f \times \frac{L_s}{D_s} \times \frac{c^2}{2 \times g} \\
 &= 0.03 \times \frac{0}{0.017} \times \frac{0.6^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Major losses pada pipa tekan (H_{fd}): , (dimana L_d direncanakan = 0.50 m)

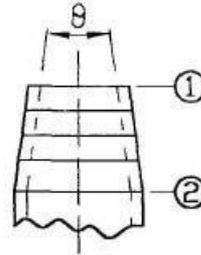
$$\begin{aligned}
 H_{fd} &= f \times \frac{L_d}{D_d} \times \frac{c^2}{2 \times g} \\
 &= 0.03 \times \frac{0.50}{0.017} \times \frac{0.6^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 0.01614 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung kerugian minor (*minor losses*), maka harus dicari dahulu harga k (koefisien tekanan hidroulis) dari setiap aksesoris yang dipakai didalam perencanaan. Dimana dari lampiran 2a diberikan harga k untuk *gate valve* (1/2 closed) = 5.6, untuk *elbow* (90 °) = 0.9, untuk *tee* = 1.8. Dan untuk

mencari harga k untuk *nozzel* yang digunakan didalam perencanaan dapat dicari sesuai dengan yang ada pada lampiran 2b.

Dimana:

$$\begin{aligned} \frac{A_1}{A_2} &= \frac{1.226 \times 10^{-4}}{2.268 \times 10^{-4}} \\ &= 0.54 \end{aligned}$$



Dengan sudut $\theta = 16^\circ$, maka akan didapatkan $k_{nozzle} = 0.05$.

Sehingga dengan harga k yang sudah diketahui dari masing-masing aksesoris bisa dicari harga *minor losses*-nya.

Minor losses pada pipa isap (H_{fms}) = 0, karena panjang pipa isap (L_s) = 0, dan juga tidak terdapat aksesoris (k pada pipa isap = 0).

Minor losses pada pipa tekan (H_{fmd}), (dimana pada pipa tekan terdapat 1 buah *tee*, 1 buah *gate valve*, 1 buah *nozzle*, 1 buah *elbow* 90°):

$$\begin{aligned} H_{fmd} &= k \times \frac{c^2}{2 \times g} \\ &= (k_{elbw} + k_{gtv} + k_{tee} + k_{nzl}) \times \frac{c^2}{2 \times g} \\ &= (0.9 + 5.6 + 1.8 + 0.05) \times 0.01835 \\ &= 0.153 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya harga dari *major losses* dan *minor losses*, maka dapat diketahui pula *head loss* total ($\Sigma \Delta H$):

$$\Sigma \Delta H = H_{fd} + H_{fmd} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta H &= 0.01614 + 0.153 \\ &= 0.1691 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Perhitungan *head* efektif (H_e)

$$H_e = H_z + \Sigma \Delta H + \frac{c^2}{2 \times g} \quad (3.13)$$

Dimana:

H_z = perbedaan ketinggian antara permukaan air yang dihisap dengan *discharge* (m)

H_s = perbedaan ketinggian antara permukaan air yang dihisap dengan poros *inlet* pada pompa (m), (H_s dari instalasi yang direncanakan = 0.12 m)

H_d = perbedaan ketinggian antara poros *outlet* pompa dengan *discharge* (m), (H_d dari instalasi yang direncanakan = 0.493 m)

Dengan melihat instalasi yang direncanakan (sesuai dengan instalasi pada gambar 2.2), maka:

$$H_z = H_d - H_s \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} H_z &= 0.493 - 0.12 \\ &= 0.373 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga dengan diketahuinya H_z dan $\Sigma \Delta H$, maka dapat pula dihitung *head* efektifnya:

$$\begin{aligned} H_e &= H_z + \Sigma \Delta H + \frac{c^2}{2 \times g} \\ &= 0.373 + 0.1691 + 0.01835 \\ &= 0.560 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian *head* efektif dari instalasi yang direncanakan untuk peralatan praktikum *jominy* = 0.560 m. Untuk itu didalam pemilihan pompa yang digunakan didalam peralatan, pompa harus memiliki *head* minimum 0.6 m (dalam hal ini dipilih pompa yang biasanya digunakan didalam aquarium ikan, yang memiliki head 1.5 m).