

MODIFIKASI ALAT PENGETES *BALL VALVE* 4"- 6" KELAS 150 – 600 DI PT. WASKITA NIAGA PRIMA

Bustami Ibrahim, Irsan Nurdin

Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur

Jl. Kanayakan no 21, 022-2500241, bustami@polman-bandung.ac.id

ABSTRAK

Ball valve (katup bola) merupakan suatu alat untuk mengatur, mengalirkan, memblokir aliran, tekanan, atau temperatur dari proses cairan atau gas. Dilihat dari fungsinya, maka *ball valve* tersebut harus dites untuk memastikan bahwa fungsinya dapat berjalan dengan baik. Untuk pengetesan *ball valve* tersebut menggunakan suatu alat yang disebut alat pengetes. Alat pengetes ini dirancang untuk *leak test* (tes kebocoran) dan *shell test* (tes bodi). *Leak test* yaitu pengetesan kebocoran terhadap bidang kontak antara *seat* (dudukan katup) dengan *ball* (bola). *Shell test* adalah pengetesan kebocoran pada bodi *valve*.

Pada saat pengetesan *ball valve* sistem untuk pengetesan dan pengekaman tidak dapat digunakan tanpa pengekam *ball valve*. Karena pengekam didesain agar dapat mengalirkan tekanan dari cairan atau gas yang digunakan untuk pengetesan dan dapat mengekam *ball valve* dengan baik dengan dibantu sistem pengekaman. Melihat kaitan yang cukup penting antara sistem pengetesan dan sistem pengekaman dengan pengekam *ball valve*, maka keduanya harus saling melengkapi sehingga pengetesan dapat dilakukan.

Dengan modifikasi pada sistem pengekamannya, maka akan memberikan keuntungan diantaranya sumber daya manusia maupun waktu proses yang dibutuhkan relatif lebih kecil dibandingkan kondisi sebelumnya. Langkah kerja pengoperasian menjadi berkurang terutama pada saat proses pemasangan flens pada *ball valve* yang akan dites.

Kata Kunci : Modifikasi, alat pengetes, *leak test*, *shell test*, *ball valve*

1. PENDAHULUAN

Terdapat sebuah alat pengetes di bengkel PT Waskita Niagaprima. Selama ini alat pengetes tersebut tidak dapat dioperasikan, karena kondisi dari alat pengetes tersebut sangat memerlukan adanya suatu perbaikan, baik dari segi mekanis maupun dari sistem operasinya. Selain itu diperlukan suatu modifikasi pada alat pengetes tersebut, hal ini dikarenakan beberapa hal, yaitu :

- Kondisi dari sistem pengekaman pada alat pengetes yang tidak mungkin lagi dikembalikan pada kondisi semula. Hal ini dikarenakan komponen-komponen sistem banyak yang rusak dan hilang, tidak adanya dokumen-dokumen mengenai sistem tersebut.
- Tidak adanya sistem injeksi tekanan untuk melakukan tes tekanan tinggi pada *ball valve*. Pada kondisi sebelumnya untuk melakukan tes tekanan tinggi pada *ball valve*, diperlukan suatu instrumen yang dapat menginjeksi, sehingga pada saat proses pengetesan sebuah *ball valve* terdapat dua buah instrumen. Dan tentunya hal ini kurang efektif dan efisien.

Dengan adanya modifikasi ini yang dimana akan dilengkapinya alat pengetes tersebut dengan sistem injeksi tekanan maka alat pengetes tersebut dapat melakukan pengetesan dasar yang sebelumnya tidak semuanya dapat dilakukan.

- Dari segi mekanis, dapat kita temukan pada proses pengekaman *ball valve* nya. Mekanisasi pengekaman yang kurang keakurasiannya dan sistem mekaniknya yang kurang sempurna dalam mengekam *ball valve* yang terdiri dari beberapa ukuran. Dan hal ini dapat mempengaruhi hasil pengetesan dan keselamatan kerja.

Dikarenakan kondisi lingkungan yang dinamis, maka apabila alat pengetes tersebut dikembalikan pada kondisi awal maka hal tersebut sudah tidak cocok lagi dengan keadaan sekarang baik dari segi kepraktisan, waktu proses, keselamatan kerja, efektifitas, dan efisiensinya.

Dengan demikian dengan adanya modifikasi tersebut maka mengkondisikan alat pengetes sesuai

2012/0625

dengan tuntutan baik perusahaan maupun pelanggan perusahaan. Dengan modifikasi tersebut dapat memperkecil unsur-unsur yang mempengaruhi pengetesan menggunakan alat pengetes ini, baik itu sumber daya manusia maupun waktu prosesnya.

Adapun yang menjadi ruang lingkup permasalahan pada kajian ini adalah hanya pada pembahasan perancangan yaitu konstruksi dan alat bantu pencekam *ball valve*. Sedangkan pembahasan aspek lain seperti proses permesinan dan sistem kerja alat pengetes *ball valve* tidak dibahas dalam karya tulis ini.

Tujuan dari modifikasi ini ialah untuk mengkondisikan alat pengetes tersebut sesuai dengan tuntutan akan kecepatan waktu proses pengetesan *ball valve*, baik dari segi efektifitas dan efisiensi. Sehingga alat pengetes *ball valve* tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

2. TEORI PENDUKUNG

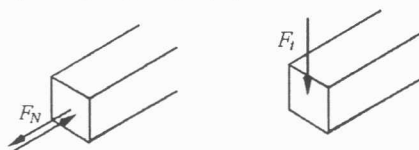
Mekanika Teknik dan Kekuatan Bahan

Menurut *Niemman* (1986), kekuatan bahan diperlukan pada setiap konstruksi pemesinan, karena dengan perhitungan kekuatan bahan dapat diketahui antara lain :

- 1) Bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan yang diijinkan.
- 2) Menentukan elemen konstruksi, agar pada pemakaiannya masih memenuhi persyaratan keamanan serta terhindar dari proses perubahan bentuk dan kerusakan.
- 3) Menentukan beban maksimum yang dapat diterima suatu konstruksi.
- 4) Menentukan bahan yang sesuai untuk menahan beban dengan ukuran yang telah ditentukan.

Gaya Dalam

Gaya dalam didefinisikan sebagai aksi suatu benda terhadap benda lainnya. Pada dasarnya gaya dalam mekanika teknik dapat menjadi dua komponen yaitu gaya yang tegak lurus dengan penampang kerja (F_N) dan gaya yang bekerja sejajar penampang kerja (F_t).



(a) Gaya normal (b) Gaya tangensial

Gambar 1 Komponen gaya

Tegangan

Tegangan adalah besaran gaya dalam yang bekerja pada tiap satuan luas penampang dimana

gaya tersebut bekerja. Berikut ini rumus dasar tegangan :

• Tegangan Tarik

Pembebanan tarik diakibatkan gaya normal yang bekerja menjauhi titik berat benda. Tegangan tarik pada suatu penampang benda dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F_{tarik}}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

di mana :

$$\begin{aligned} F_{tarik} &= \text{gaya normal [N].} \\ A &= \text{luas penampang [mm}^2\text{].} \end{aligned}$$

• Tegangan Tekan

Pembebanan tekan diakibatkan gaya normal yang bekerja mendekati titik berat benda. Tegangan tekan pada suatu penampang dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_d = \frac{F_{tekan}}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

di mana :

$$\begin{aligned} F_{tekan} &= \text{gaya normal [N].} \\ A &= \text{luas penampang [mm}^2\text{].} \end{aligned}$$

• Tegangan Bengkok

Pembebanan bengkok diakibatkan momen bengkok yang bekerja pada suatu penampang. Besar momen bengkok didapat dengan persamaan :

$$M_b = F \times l \text{ [Nmm]}$$

di mana :

$$\begin{aligned} F &= \text{gaya [N].} \\ l &= \text{jarak [mm].} \end{aligned}$$

Sementara itu besar tegangan bengkok dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F \times l}{W_b}$$

[N/mm²]

di mana :

$$W_b = \text{momen tahanan bengkok penampang [mm}^3\text{]}$$

• Tegangan Geser

Pembebanan geser diakibatkan gaya yang bekerja pada suatu penampang. Besar tegangan geser dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

di mana :

$$F = \text{gaya [N].}$$

$A = \text{luas penampang [mm}^2\text{]}.$

• **Tegangan Puntir**

Pembebanan puntir diakibatkan momen puntir yang bekerja pada suatu penampang. Besar momen puntir diperoleh dengan persamaan :

$$M_p = F \times r \quad [\text{Nmm}]$$

di mana :

$r = \text{jarak [mm]}.$

$F = \text{gaya [N]}.$

Sedangkan besar tegangan puntir dapat dihitung dengan persamaan :

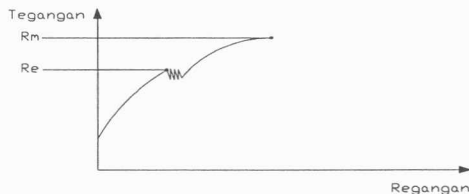
$$\sigma_p = \frac{M_p}{W_p} = \frac{F \times r}{W_p} \quad [\text{N/mm}^2]$$

di mana :

$W_p = \text{momen tahanan puntir penampang [mm}^3\text{]}.$

Tegangan Izin

Tegangan izin adalah batas tegangan yang diperbolehkan dalam suatu konstruksi. Dan harga tegangan izin harus berada dibawah batas kekuatan mulur.



Gambar 2 Diagram tegangan dan regangan untuk baja lunak

Tegangan izin dapat ditentukan secara kasar. Dan biasanya, penentuan besarnya tegangan izin tersebut didasarkan pada suatu hasil pengujian.

- Tegangan izin pada pembebanan statis
Penentuan harga tegangan izin pada pembebanan statis, bisa diambil dari harga kekuatan tarik dari hasil pengujian bahan dengan mempertimbangkan faktor keamanan (*safety factor*).

$$\sigma_{ijin} = \frac{Re}{Sf} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Dimana :

$Re = \text{kekuatan mulur.}$
(Lampiran harga kekuatan mulur).

$Sf = \text{faktor keamanan pembebanan statis.}$

1,2 sampai 2 (perhitungan empiris)

- Tegangan izin pembebanan dinamis
Tegangan izin pembebanan dinamis dapat juga dihitung secara kasar dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_D}{Sf_D} \quad [\text{N/mm}^2]$$

di mana :

$\sigma_D = \text{Harga kekuatan lelah. (Lampiran harga kekuatan lelah).}$

$Sf_D = \text{Faktor keamanan sampai lelah.}$

- Dinamis berulang

$$Sf_{II} = \frac{1.2 \approx 2}{0.8} = 1.5 \approx 2.5$$

(perhitungan empiris)

- Dinamis berganti

$$Sf_{III} = \frac{1.2 \approx 2}{0.5} = 2.4 \approx 4$$

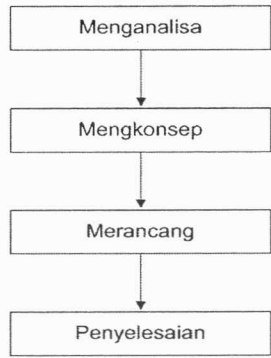
(perhitungan empiris)

3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam kasus ini adalah :

- Studi pustaka, yaitu melakukan pengumpulan data dari buku-buku referensi serta informasi-informasi di internet.
- Studi lapangan, yaitu melakukan pengumpulan data teknis dari hasil pengamatan pada perusahaan tempat magang.
- Studi analisis, yaitu melakukan analisis dari teori dan hasil pengamatan.

Untuk mendapatkan hasil dari proses pemecahan masalah yang optimal diperlukan tahapan kerja yang sistematis, sehingga pekerjaan yang ada dapat dirumuskan dengan benar dan keterkaitan fungsi produk teknik yang dirancang dapat dimengerti dengan mudah. Metoda perancangan yang digunakan mengacu pada *Verein Deutsche Ingenieur (VDI 2222)*, dengan skema metode perancangan sebagai berikut :



Gambar 3 Diagram alir VDI 2222

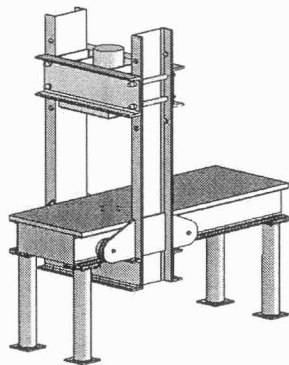
4. MODIFIKASI ALAT PENGETES BALL VALVE 4"- 6" KELAS 150 - 600

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada alat pengetes *ball valve* yang ada memiliki kondisi sebagai berikut :

- Flens untuk mencekam *ball valve* hanya untuk kelas tertentu saja, dan jumlahnya sangat terbatas. Dengan demikian apabila terjadi pengetesan beberapa *ball valve* yang berbeda kelas maka diperlukan penggantian flens sesuai dengan *ball valve* yang akan dites.
- Membutuhkan waktu selama 19.2 menit untuk penggantian flens dan sumber daya manusia yang lebih banyak (minimal 2 orang).

Di bawah ini merupakan gambar dari alat pengetes *ball valve* yang belum dimodifikasi (berupa rangka).



Gambar 4 Konstruksi rangka alat pengetes *ball valve*

Identifikasi masalah pada alat pengetes *ball valve* yang akan dimodifikasi memiliki kondisi sebagai berikut :

- Kondisi dari sistem pencekaman pada alat pengetes yang tidak mungkin lagi dikembalikan pada kondisi semula. Hal ini

dikarenakan komponen-komponen sistem banyak yang rusak dan hilang, tidak adanya dokumen-dokumen mengenai sistem tersebut.

- Tidak adanya sistem injeksi tekanan untuk melakukan tes tekanan tinggi pada *ball valve*. Pada kondisi sebelumnya untuk melakukan tes tekanan tinggi pada *ball valve*, diperlukan suatu instrumen yang dapat menginjeksi, sehingga pada saat proses pengetesan sebuah *ball valve* terdapat dua buah instrumen. Dan tentunya hal ini kurang efektif dan efisien. Dengan adanya modifikasi ini yang dimana akan dilengkapinya alat pengetes tersebut dengan sistem injeksi tekanan maka alat pengetes tersebut dapat melakukan pengetesan dasar yang sebelumnya tidak semuanya dapat dilakukan.
- Dari segi mekanis, dapat kita temukan pada proses pencekaman *ball valve* nya. Mekanisasi pencekaman yang kurang keakurasiannya dan sistem mekaniknya yang kurang sempurna dalam mencekam *ball valve* yang terdiri dari beberapa ukuran. Dan hal ini dapat mempengaruhi hasil pengetesan dan keselamatan kerja.

Dalam mengatasi hal tersebut pihak perusahaan pernah mencari informasi mengenai alat pengetes *ball valve* tetapi tidak ada. Untuk itu perusahaan memberikan pilihan yaitu membuat alat pengetes *ball valve* yang baru atau memodifikasi alat pengetes *ball valve* yang ada. Berikut ini data alat pengetes *ball valve* yang baru.

No	Kriteria	Membuat baru
1	Range kelas <i>valve</i> yang dites	#150 - #2500
2	Range ukuran <i>valve</i> yang dites	2"- 10"
4	Operator	1 orang
6	Portabelitas	mudah dipindah
7	Akurasi pengetesan	Standar alat tes yang ada
9	Biaya	Rp. 50.000.000,-

Tabel 1 Daftar tuntutan alat pengetes baru

Berdasarkan data di atas maka diputuskan untuk memodifikasi alat pengetes *ball valve* yang ada.

Daftar Tuntutan

Dalam proses perancangan suatu alat atau mesin, diperlukan daftar tuntutan yang akan memudahkan dalam proses perancangan, sehingga optimalisasi konstruksi dapat dicapai. Daftar tuntutan tersebut memberikan batasan-batasan yang perlu diperhatikan dan dipenuhi. Daftar tuntutan pada proses perancangan alat pengetes ini dibuat berdasarkan data-data yang diperoleh dari tuntutan

pengguna alat pengetes, tuntutan pada konstruksi, dan literatur-literatur teknik lain yang penulis jadikan dasar teoritis pada proses perancangan.

No	Daftar Tuntutan	Kuantifikasi	Prioritas
1	Tuntutan utama <input type="checkbox"/> Keakurasian pengetesan harus sama dengan alat pengetes yang ada pada saat ini.	Toleransi tekanan : ± 2 psi	•
	<input type="checkbox"/> Waktu proses pengetesan singkat	Waktu : < 92.65 menit / unit	•
2	Tuntutan kedua ♦Biaya	Murah, kurang dari Rp 10.000.000,00	••
	♦Tidak meninggalkan aspek keselamatan kerja	Zero lost time injury	••
	♦Sumber daya manusia	Operator : 1 orang	••
3	Tuntutan ketiga •Ergonomi	Pengoperasian mudah	•••
		Perawatan murah	•••

Tabel 2 Daftar tuntutan
Keterangan :

- : Prioritas 1
- : Prioritas 2
- : Prioritas 3

Tuntutan utama merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh alat pengetes *ball valve*, sedangkan tuntutan tambahan adalah keinginan yang tidak wajib dihadirkan, karenanya tuntutan utama menjadi prioritas dalam proses perancangan.

Fungsi Bagian

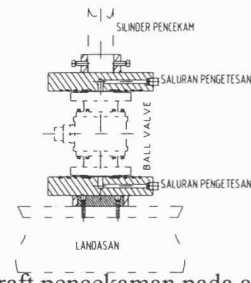
Agar dapat memenuhi tuntutan diatas maka alat pengetes *ball valve* ini memiliki beberapa fungsi bagian, antara lain :

- Rangka (menggunakan yang telah ada).
- Sistem pencekaman.
- Sistem pengetesan.

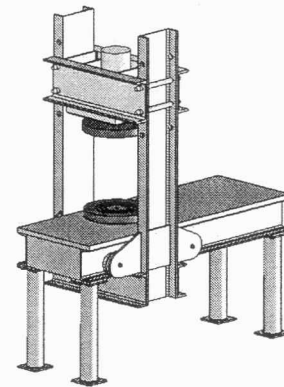
Tahapan Perancangan Pengekam *Ball Valve*

Tujuan dari perancangan ini yaitu mencari sebuah konsep yang dirasa cukup ideal dalam membuat sebuah pengekam *ball valve* yang mampu memenuhi semua tuntutan utama dan tuntutan tambahan seperti disebutkan diatas.

Setelah melalui proses pemilihan akhirnya dipilih satu rancangan pengekam yang dianggap memenuhi syarat dan daftar tuntutan di atas.



Gambar 5 Draft pencekaman pada alat pengetes *ball valve*



Gambar 6 Pemasangan pengekam pada alat pengetes *ball valve*

5. PENGHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

Perhitungan Konstruksi Rangka

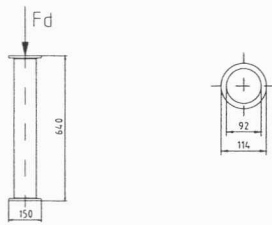
Adapun suatu konstruksi dalam perhitungan konstruksinya dititikberatkan pada bagian yang kritisnya saja, untuk itu dalam perhitungan konstruksi rangka hanya pada bagian tertentu saja.

Kaki Landasan

Kaki landasan merupakan tumpuan dari alat pengetes yang menopang seluruh berat dari landasan, tiang pembawa, kepala pengekam dan silinder pengekam dan pengekam atas.

Diketahui data-data sebagai berikut :

Berat total konstruksi	= 801.54 kg
Berat <i>ball valve</i> maks	= 390 kg
Bahan	= st 37
Kasus pembebanan	= kasus pembebanan II



Gambar 7 Arah pembebanan pada kaki landasan

Gravitasi (g) = 9.8 m/s²
 Diameter luar (dl) = 114 mm
 Diameter dalam (dd) = 92 mm
 Jumlah kaki (L) = 4
 Ditanyakan : Kontrol kekuatan kaki landasan dengan tegangan tekan ijin ?

Jawab

W = berat total x g
 Berat total = berat total konstruksi + berat ball valve (maks)
 = 801.54 kg + 390 kg
 = 1191.54 kg

W = Ftekan
 Ftekan = 1191.54 kg x m/s² = 11677 N

$$F_{tekan} = \frac{11677}{4}$$

$$F_{tekan} = 2919.25 N$$

Kontrol dengan tegangan tekan ijin

$$\sigma_d = \frac{F_{tekan}}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_D}{Sf_D} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{dst37} = 240 \frac{N}{mm^2}$$

$$Sf_{II} = 2$$

$$\sigma_{dijin} = 120 \frac{N}{mm^2}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (dl^2 - d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (114^2 - 92^2)$$

$$A = 2559.4 mm^2$$

$$\sigma_d = \frac{F_{tekan}}{A} \leq \sigma_{dijin}$$

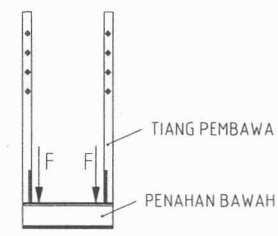
$$\frac{2919.25}{2559.6} \leq 120 \frac{N}{mm^2}$$

$$1.14 \leq 120 \frac{N}{mm^2} \text{ (OK)}$$

Kesimpulan hasil perhitungan :
 Jadi setelah dikontrol dengan tegangan tekan ijinnya ternyata kaki landasan ini masih layak untuk digunakan.

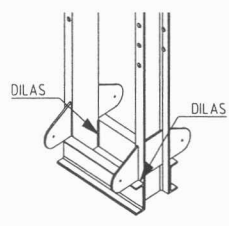
Tiang Pembawa

Tiang pembawa terjadi kondisi kritis pada saat pengetesan yaitu pada bagian penahan bawah yang merupakan hasil pengerjaan pengelasan.



Gambar 9 Arah pembebanan pada tiang pembawa

Diketahui :
 Tiang pembawa = Profil U 260 x 1685 mm
 Penahan bawah = Profil U 200 x 779 mm
 Besar kampuh las sudut cekung = 5 mm
 Gaya silinder maks = 350.5 kN



Gambar 10 posisi pengelasan

Ditanyakan : Kontrol kekuatan kampuh las dengan tegangan geser ijin ?

Jawab

Kontrol kekuatan kampuh las dengan tegangan geser ijin

$$Aw1 = a \times l1 = 5 \times 200 = 1000 mm^2$$

$$Aw2 = a \times l2 = 5 \times 52 = 260 mm^2$$

$$Aw = (Aw1 + Aw2) \times 4$$

$$= 5040 \text{ mm}^2$$

$$\tau_w = \frac{F}{Aw} \leq \tau_{wiz} \quad [\text{N/mm}^2]$$

τ_{wiz} (Lampiran tegangan ijin untuk konstruksi pengelasan).

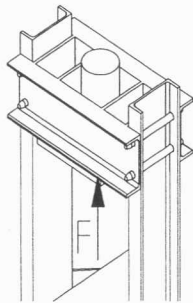
$$\begin{aligned} \tau_w &= \frac{F}{Aw} \leq 75 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \frac{350500}{5040} \leq 75 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 69.5 \leq 75 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kesimpulan perhitungan :

Jadi setelah dikontrol dengan tegangan ijin untuk konstruksi pengelasan, tiang pembawa ini masih layak untuk digunakan.

Pena Penahan

Pada konstruksi pena penahan harus benar dikontrol karena selain menerima beban dari berat kepala pencekam juga dari berat silinder serta beban pada saat pengetesan.

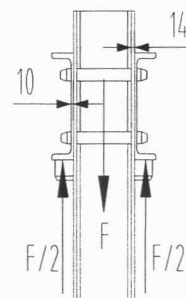


Gambar 11 Arah pembebanan pada pena penahan

Diketahui :

- Pena penahan = $\text{Ø}32 \times 262.5 \text{ mm}$
- Bahan pena penahan = St.50
- Kasus pembebanan = kasus pembebanan II (dinamis berulang)
- Lubang pena = $\text{Ø}33 \text{ mm}$
- Gaya silinder maks = 350.5 kN
- Jumlah pena penahan = 4
- Ditanyakan : Kontrol diameter pena penahan dengan tegangan ijin permukaan ?

Jawab



Gambar 12 Posisi Pena penahan

$P_{ijin} = 140 \text{ N/mm}^2$ (Lampiran tekanan permukaan ijin untuk pena dan pena penyangga).

Kontrol pena penahan bagian tengah dengan tekanan permukaan ijin :

$$F = \frac{350500}{4} = 87625 \text{ N}$$

$$P_1 = \frac{F}{l.d} < P_{ijin}$$

$$P_1 = \frac{87625}{28 \times 32} \leq 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$= 97.79 \leq 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (OK)}$$

Kontrol pena penahan untuk bagian sisi (garpu) dengan tekanan permukaan ijin :

$$P_2 = \frac{F}{2.s.d} < P_{ijin}$$

$$P_2 = \frac{87625}{2 \times 10 \times 32} \leq 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$= 136.9 \leq 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (OK)}$$

Kesimpulan perhitungan :

Jadi setelah dikontrol dengan tekanan permukaan ijin untuk pena penyangga, pena penahan ini masih layak untuk digunakan.

Perhitungan Pencekam Ball valve Flens Atas dan Bawah

Diketahui data flens sebagai berikut :

OD flens = 400 mm

Bahan flens = St.37

Kasus pembebanan = kasus pembebanan II (dinamis berulang)

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Dengan adanya perbaikan dan modifikasi pada alat pengetes *ball valve* maka didapatkan bahwa proses pengetesan dengan menggunakan alat ini menjadi lebih cepat 21.4 menit dalam satu kali proses pengetesan menjadi 71.25 menit atau mengalami kenaikan 23.1 % dari waktu proses pengetesan dengan menggunakan alat pengetes yang biasa digunakan.
- Adapun keakurasian dari alat penguji *ball valve* ini dapat dilihat pada *pressure gauge* yang digunakan, dimana keakurasian pengukuran dari *pressure gauge* yang digunakan memiliki nilai toleransi sebesar 1 – 2 psi. (dapat dilihat pada lampiran).

Saran

- Pada saat pengoperasian alat pengetes *ball valve* hendaklah memakai *Personal Protecting Equipment* (PPE) seperti kacamata, *ear plug*, sepatu *safety*, sarung tangan, dan sebagainya.
- Untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan, hendaklah dibuat suatu sistem *safety* yang dapat menanggulangi permasalahan *safety* yang tercantum pada kesimpulan.
- Agar alat pengetes *ball valve* ini dapat memiliki jangkauan pengetesan *ball valve* yang lebih luas, maka diperlukan penggantian komponen-komponen pada sistem pengekaman *valve* maupun sistem pompa tekanan agar dapat menahan nilai tekanan yang ditanggung oleh *ball valve* yang dites.
- Dokumentasi data dalam modifikasi alat pengetes *ball valve* ini harus dilakukan dengan baik dalam tujuan mengantisipasi kebutuhan yang sama di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Petroleum Institute (API).1994. *Valves. USA*
2. An American National Standard (ANSI).1988. *Valves-Flanged-Threaded,*

and Welding End (ANSI B16.34 - 1988). New York, USA.

3. An American National Standard (ANSI).1988. *Pipe Flanged and Flanged Fittings (ANSI B16.5 - 1988). New York, USA.*
4. Djumhadi, Djuju, Sukartoyo Dono. 1983. *Teknik Pengukuran Besaran Proses.* Bandung : Direktorat Pendidikan dan Menengah.
5. Rohiman, Iman. 2004. *Penambahan Sistem Hidrolik pada Proses Bor Bevel Gear.* Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung.
6. Prastawa, L. Budi. 1978. *Pneumatik Hidrolik.* Bandung : Proyek Politeknik Mekanik Swiss.
7. TPC Training System. 1975. *Basic Hydraulic (Skill Training Program).* Barrington, Illinois.
8. Niemann, G .1999. *Elemen Mesin.* Jakarta : PT. Erlangga.
9. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.1995. *Elemen Mesin 3.* Bandung.
10. Hakim, Rahman. Adies. 2002. *Kekuatan Bahan I* ,Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
11. Mahmudah, Aida.2000.Gambar Teknik Mesin. Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
12. Matek, Wilhem .Muhs, Dieter .Wittel, Herbert dan Becker, Manfred. 1994. *Roloff / Matek Maschinenelemente Tabellen.* Jerman.
13. Verlag, Georg. Westermann.1966.*Westerman Table for the Metal Trade.*Jerman
14. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.2000. *Dasar Manajemen Industri.* Bandung.