

## RANCANGAN PENYANGGA PADA BENGKOKAN PIPA

Tukiman, Budi Santoso  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

*RANCANGAN PENYANGGA PADA BENGKOKAN PIPA. Dalam suatu Plant, pipa merupakan salah satu bagian terpenting yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Sistem perpipaan yang terpasang harus memenuhi code dan standard yang ditetapkan sehingga beban yang terjadi pada waktu operasi ataupun kondisi mati baik beban statik maupun dinamik tidak melebihi batasan dari code dan standard tersebut. Pemasangan penyangga pada bengkokan pipa adalah hal yang sangat penting agar pengaruh pembebanan selama operasi sistem perpipaan tidak mengalami kegagalan atau kerusakan. Penyangga dummy adalah salah satu jenis penyangga yang banyak digunakan dalam sistem perpipaan. Penyangga harus mampu menahan gaya aksial, lateral maupun gabungan gaya aksial dan lateral. Pada perhitungan ini digunakan ukuran pipa utama 6 inch, pipa penyangga 4 inch, tebal pipa penyangga 6.33 mm, OD=114.3 mm, ID=101.64 mm, material pipa dari bahan karbon steel dan gaya aksial 2600 kg. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pipa penyangga tersebut masih mampu menahan gaya aksial sebesar 2600 kg.*

*Kata kunci: penyangga, bengkokan, pipa*

### ABSTRACT

*SUPPORT DESIGN TO PIPE BEND. In a Plant, a piping system is one of the most important part is used to drain fluid. The installed piping system must comply with codes and standards defined so that the burden of what happened at the time of surgery or death situation either static or dynamic load does not exceed the limits of such codes and standards. Installation of a dummy support in the pipe bends is very important that the influence of loading during the operation of piping systems is not a failure or damage. Dummy support is one type of support that is widely used in piping systems. The support must be able to withstand the axial force, lateral or combined axial and lateral forces. In this calculation used the size of main pipe 6 inch, 4-inch pipe supports, pipe a thick buffer 6:33 mm, OD = 114.3 mm, ID = 101.64 mm, the pipe material from carbon steel material and 2600 kg axial force. The calculations show that the dummy support is still able to withstand the axial force of 2600 kg.*

*Keyword: support, bend, pipe*

### PENDAHULUAN

Sistem pemipaan dalam fasilitas nuklir didesain dengan persyaratan keandalan dan keselamatan yang tinggi berdasarkan standar ASME III untuk daerah nuklir dan standar B.31.1 untuk daerah non nuklir. Kegagalan pada system perpipaan dapat mengganggu proses operasi khususnya pipa yang berisikan fluida dengan kandungan zat radio aktif. Salah satu penyebab kegagalan system perpipaan adalah ketidak mampuan penyangga pipa menahan beban yang diterima. Dalam

system perpipaan ini banyak sekali ditemukan penyangga yang ditempatkan pada belokan pipa.

Untuk menjamin keselamatan dan keandalan sistem dilakukan analisis tegangan pada sistem pemipaan menggunakan program komersial.

Dalam program ini setiap pipa lurus ataupun elemen pemipaan seperti *bend*, siku, *Tee*, ataupun katup dianggap merupakan satu atau dua titik dengan tegangan yang sama dan

merata. Analisis dilakukan untuk memperkirakan pemberian kelenturan (fleksibilitas) yang cukup dalam sistem perpipaan untuk menjamin bahwa ekspansi karena panas dan ontraksi dari pipa tidak akan menghasilkan tegangan siklus atau pemanjangan yang akan mengakibatkan gagal lelah. Disamping itu dari hasil analisis tegangan digunakan untuk menentukan letak dan jenis penyangga pipa juga untuk merancang kekuatan penyang pipa.

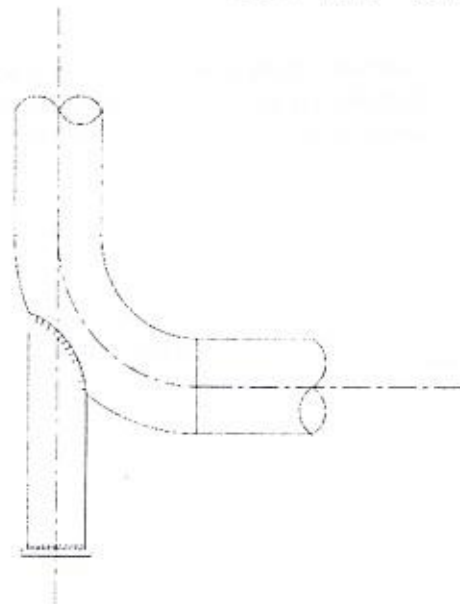
Makalah ini menguraikan perhitungan kekuatan penyangga pada bengkokan pipa. Untuk perhitungan

digunakan data simulasi dengan beban vertikal.

## 2. DASAR TEORI

Perhitungan dalam analisis tegangan pipa dengan program CAESAR dilakukan dengan menganggap tiap elemen pemipaan sebagai batang dan besarnya tegangan pada setiap komponen ditentukan oleh besarnya beban, faktor geometri dan material yang digunakan. Tegangan pipa dan batas tegangan maksimum yang diizinkan dianalisis berdasarkan rumusan untuk berbagai pembebanan tergantung dari kondisi sistem. Salah satu hasil luaran analisa tegangan pipa adalah gaya-gaya pada penyangga. Gaya-gaya ini dapat berupa gaya aksial, lateral maupun gabungan gaya aksial dan lateral.

Penyangga *dummy* adalah salah satu jenis penyangga yang banyak digunakan dalam sistem perpipaan. Penyangga ini harus mampu menahan gaya aksial, lateral maupun gabungan gaya aksial dan lateral. Gaya-gaya inilah yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan kekuatan penyangga. Dalam makalah ini hanya dibatasi untuk beban aksial saja.



Gambar 1. Penyangga *Dummy*

Gaya aksial yang diterima penyangga akan menyebabkan tegangan mengalami kompresi yang dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{f_c}{P_c} + \frac{f_{bc}}{P_{bc}} < 1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $f_c$  = Tegangan kompresi
- $P_c$  = Tegangan kompresi maksimum yang diijinkan
- $f_{bc}$  = Tegangan bengkok
- $P_{bc}$  = Tegangan bengkok maksimum yang diijinkan

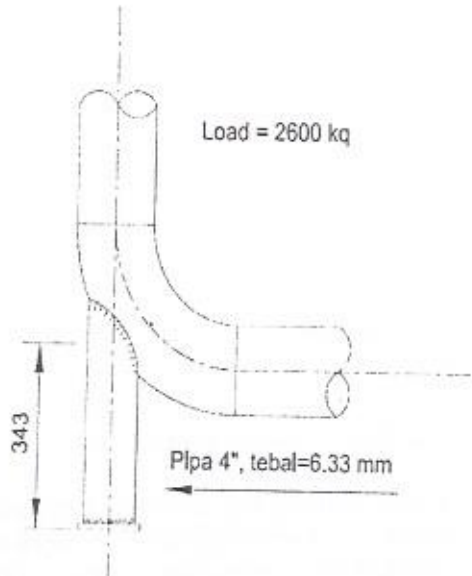
## 3. PERHITUNGAN KEKUATAN PENYANGGA

Berikut perhitungan kekuatan penyangga pipa dengan data sebagai berikut :

- Ukuran pipa utama : 6"
- Pipa penyangga : 4 in
- Tebal pipa penyangga : 6.33 mm
- Diameter luar (D) : 114.3 mm



Diameter dalam (d) : 101.64 mm  
Material pipa : Karbon Steel  
Gaya aksial : 2600 kg



Gambar 2. Gambar rancangan penyangga dummy

Kekuatan penyangga dihitung dengan menggunakan rumus (1)

Luas permukaan pipa :

$$\begin{aligned} Luas &= \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \\ &= 0.7854 (114.3^2 - 101.64^2) \text{ mm}^2 \\ &= 2147.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen inersia :

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \\ &= 0.0491 (11.43^4 - 10.164^4) \\ &= 314.0 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Radius girasi (r) :

$$r = \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{4}}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{11.43^2 + 10.164^2}{4}} \\ &= \frac{15.295}{4} \\ &= 3.82 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tegangan kompresi  $f_c$  dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \\ &= \frac{2600 \times 9.81}{2147} \text{ N/mm}^2 \\ &= 11.90 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan kompresi maksimum  $p_c$  yang diijinkan dihitung berdasarkan Tabel 17a BS 449: Part 2. Untuk mengetahui besarnya  $p_c$  harus dihitung terlebih dahulu *ratio slenderness*  $Kl/r$ . Dari tabel 1. dapat diketahui bahwa untuk kondisi penyangga *fixed* terhadap pipa dan bebas pada ujungnya maka nilai K adalah 2.

$$\begin{aligned} Kl/r &= (2 \times 300)/3.82 \\ &= 15.7 \end{aligned}$$

Tabel 1. Nilai Faktor Panjang Efektif K

Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						

Dari Tabel 17a BS 449: Part 2 didapat

$$p_c = 148 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tekuk dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$f_{bc} = \frac{WLy}{I} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$f_{bc}$  = Tegangan bengkok maksimum yang diijinkan

- W = Gaya
- L = Panjang penyangga
- I = Momen inersia
- y = distance from neutral axis to extreme fibres of section

Dari persamaan (2) diatas didapat :

$$f_{bc} = \frac{2600 \times 9.81 \times 300 \times 57.15}{314 \times 10^4} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bc} = 139.26 \text{ N/mm}^2$$

Tabel 2. Tegangan ijin  $p_{bc}$

Form	Grade	Thickness of material	$p_{bc}$ or $p_{bt}$
Sections, bars, plates, wide flats and hot rolled hollow sections. Compound beams composed of rolled sections plated, with thickness of plate. Double channel sections forming a symmetrical I-section which acts as an integral unit.	43	$\leq 40$	180
		$> 40$ but $\leq 100$	165
	50	$\leq 63$	230
		$> 63$ but $\leq 100$	215
	55	$\leq 25$	280
Plate girders with single or multiple webs	43	$\leq 40$	170
		$> 40$ but $\leq 100$	155
	50	$\leq 63$	215
		$> 63$ but $\leq 100$	200
	55	$\leq 25$	265
Slab bases		All steels	185

Dengan mengacu pada tabel 2. diatas tegangan bengkok maksimum  $p_{bc}$  yang diijinkan adalah sebesar 165 N/mm<sup>2</sup>.

Dari persamaan (1) diatas :

$$\frac{f_c}{P_c} + \frac{f_{bc}}{P_{bc}} < 1$$

$$\frac{11.9}{148} + \frac{139.26}{165} < 1$$

$$0.9244 < 1$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan pipa dan batas tegangan maksimum yang diijinkan dianalisis

berdasarkan rumusan untuk berbagai pembebanan tergantung dari kondisi sistem. Salah satunya adalah analisa tegangan pipa dan gaya-gaya pada support/penyangga yang berupa gaya aksial, lateral dan gabungan antara gaya aksial dan lateral.

Penyangga dummy adalah salah satu jenis penyangga yang banyak digunakan dalam sistem perpipaan. Gaya aksial yang diterima

penyangga akan menyebabkan tegangan mengalami kompresi. Penyangga dinyatakan aman bila tegangan kompresi  $f_c$  dibagi dengan tegangan kompresi maksimum yang diijinkan  $P_c$  ditambah dengan tegangan bengkok  $f_{bc}$  dibagi tegangan bengkok maksimum yang diijinkan  $P_{bc}$  hasilnya adalah lebih kecil dari 1. Pada makalah ini dimodelkan ukuran pipa utama pada plant adalah 6 inch, Ukuran pipa penyangga 4 inch, dengan ketebalan pipa penyangga 6,33 mm, dari material karbon steel dengan gaya aksial 2600 kg, didapatkan hasil :

Besarnya momen inersia  $I = 314,0 \text{ cm}^4$ , Radius girasi  $r = 3,82 \text{ cm}$ , panjang penyangga  $L = 300$

Tegangan kompresi ( $f_c$ ) = 11,90 N/mm<sup>2</sup>, dan tegangan bengkok maksimum yang diijinkan ( $f_{bc}$ ) adalah 139,26 N/mm<sup>2</sup>, sehingga gaya aksial yang diterima penyangga yang menyebabkan tegangan mengalami kompresi adalah 0,9244, nilai tersebut dibawah batas yang diijinkan, sehingga penyangga dummy masih dinyatakan aman.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan persyaratan menurut code dan standar, penyangga dinyatakan aman, karena dibawah batas yang diijinkan.

Tegangan kompresi  $f_c = 11,90 \text{ N/mm}^2$ .  
Tegangan kompresi maksimum yang diijinkan  $p_c = 148 \text{ N/mm}^2$ .

Tegangan bengkok  $f_{bc} = 139,26 \text{ N/mm}^2$ .

Tegangan bengkok maksimum yang diijinkan  $P_{bc} = 165 \text{ N/mm}^2$ .

$$\frac{f_c}{P_c} + \frac{f_{bc}}{P_{bc}} < 1, \text{ hasilnya adalah } 0,9244$$

Jadi  $0,9244 < 1$ .

## DAFTAR PUSTAKA

1. PAUL R. SMITH, P.E. AND THOMAS J. VAN LAANM P.E. 1987. " Piping and Pipe Support Systems ; Dsign and Engineering". M.C. Graw Hill Publishing Company Limited
2. MOHINDER L. NAYYAR, P.E. "PIPING HANDBOOK". M.C. Graw Hill Publishing Company Limited.
3. SHERWOOD, DAVID R. 1976, "The Piping Guide", Syntex Book Coy, San Fransisco, Engineer.
4. SAM KANNAPAN. PE, 1985. "Introduction to Pipe Stress Analysis", John Wiley & Sons, New York
5. ANONIM, " BBS 449: Part 2, 1969".