

## METODE ANALISIS BEBAN PADA NOZEL POMPA SISTEM PERPIPAAN PEMBANGKIT DAYA

BANDI PARAPAK  
P2PN - BATAN

### ABSTRAK

*METODE ANALISIS BEBAN PADA NOZEL POMPA SISTEM PERPIPAAN PEMBANGKIT DAYA. Kombinasi beban yang terjadi pada sambungan nozel pompa dengan sistem perpipaan pembangkit daya saat sistem beroperasi pada kondisi-kondisi normal, upset emergency dan faulted dapat melampaui batas beban yang diizinkan. Untuk mendapatkan besarnya beban pada sambungan nozel secara akurat dilakukan teknis analisis tegangan sistem perpipaan yang berhubungan langsung dengan sambungan nozel pompa. Hasil analisis dibandingkan dengan batas beban yang diizinkan. Bila hasil analisis lebih besar daripada batas beban yang diizinkan, maka harus dilakukan iterasi ulang dengan metode trial and error yaitu menggeser, menambah, mengurangi atau mengganti penyangga sampai beban nozel pompa dan tegangan pada sistem perpipaan tidak melampaui batas yang diizinkan. Bila masih tidak bisa diatasi, maka harus diusulkan untuk reroute sistem perpipaan atau mengajukan order khusus ke pabrik pompa untuk dibuatkan nozel pompa yang mampu menerima beban cukup besar.*

### ABSTRAC

*LOAD ANALYSIS METHOD AT THE PUMP NOZZLE OF THE POWER PLANT PIPING SYSTEM. Loading combination acts in pump nozzle connecting of power plant system. This condition can exceed allowable load for normal, upset, emergency and faulted. Obtaining load value occurred in nozzle connecting can be done by piping stress system analysis that connecting directly to pump nozzle and piping line. Compared to allowable load value, if the results of analysis greater than allowable value, therefore have to be done reanalysis by trial and error method, such as shifting, decreasing and adding or changing supports up to pump nozzle load and stress in piping system are not to exceed the allowable value. If this condition be not solved, should be proposed to reroute piping system layout or proposed special order to the pump manufacture for the new design.*

### PENDAHULUAN

Pengertian pompa pada umumnya adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi. Dalam perencanaan pompa untuk instalasi-instalasi pembangkit daya maupun instalasi lainnya, penentuan jenis, fungsi dan karakteristik pompa dipilih sesuai dengan kapasitas dan sifat-sifat fluida. Pemilihan pompa pada instalasi pembangkit daya dan instalasi yang lainnya (chemical, petroleum plant) berdasarkan code ASME Section III dan pompa non ASME Section III atau non kelas.

Pada sambungan nozel pompa dengan sistem perpipaan biasanya menggunakan flens, dimana pada sambungan nozel dengan flens akan mengalami kombinasi pembebanan Deadweight, Thermal dan Seismik terus menerus, akibatnya tegangan, gaya dan momen dapat melampaui batas yang diizinkan, sehingga harus dievaluasi pada level-level kondisi pelayanan ASME Section III maupun Non ASME Section III.

Metode analisis beban digunakan program piping stress analysis seperti

PS+CAEPIPE, ADLPIPE & CAESAR II. Tujuannya adalah untuk melindungi dan mempertahankan sistem sesuai umur rancangan.

### POKOK TULISAN

Penulisan ini merupakan tinjauan dari beberapa pustaka, dengan maksud untuk dapat memberikan masukan dalam rancang bangun sistem instalasi perpipaan suatu plant. Prinsip dasar analisis adalah memperhitungkan kemampuan nozel pompa menerima perlakuan kombinasi beban pada kondisi-kondisi operasi normal, upset, emergency maupun faulted menurut ASME Section III dan Non ASME Section III (ANSI B31.1, ANSI B31.3, ANSI B31.4 & B31.8).

### TEORI ANALISIS BEBAN PADA NOZEL POMPA

Berdasarkan code ASME Section III maupun Non ASME Section III, analisis beban pompa dapat dilakukan sebagai berikut :

### 1. Pompa ASME Section III Kelas 1

Pada pompa ASME Section III kelas 1, ada 4 (empat) kondisi pembebanan yang menyebabkan momen dan gaya pada nozel pompa sebagai berikut :

#### Kondisi Disain

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan disain dan berat mati, dengan rumus empiris :

$$B_1 P D_o / (2 t n) + B_2 D_o M D_w / 2 l \dots\dots (1)$$

B1, B2 = index intensitas tegangan

P = tekanan disain, psi

D<sub>o</sub> = diameter luar pipa, in.

tn = tebal nominal dinding pipa, in.

MD<sub>w</sub> = resultan momen karena pergerakan anchor, in-lb

l = momen inersia pipa, in<sup>4</sup>

#### Kondisi Normal Level A

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal normal dan beban sesaat dengan rumus empiris :

$$B_1 P_{Max} D_o / (2 t n) + B_2 D_o (M D_w + M_B) / 2 l \dots\dots (2)$$

P<sub>max</sub> = tekanan puncak, psi

M<sub>B</sub> = resultan momen karena beban sesaat, in-lb

#### Kondisi Upset Level B

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal upset dan beban sesaat upset dengan rumus empiris :

$$B_1 P_{Max} D_o / (2 t n) + B_2 D_o (M D_w + M_B) / 2 l \dots\dots (3)$$

#### Kondisi Faulted Level D

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal range dan beban sesaat dengan rumus empiris :

$$B_1 P_{Max} D_o / (2 t n) + B_2 D_o (M D_w + M_{SSE}) / 2 l \dots\dots (4)$$

M<sub>SSE</sub> = resultan momen karena gempa, in-lb

### 2. Beban Nozel Pompa ASME Section III Kelas 2/3

Beban (momen dan gaya) pada nozel pompa dapat terjadi pada kondisi-

kondisi pembebanan sistem perpipaan sebagai berikut :

#### Kondisi Disain

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan disain, berat mati, termal range dan beban sesaat dengan rumus empiris :

$$B_1 P D_o / (2 t n) + B_2 D_o M D_w / Z \dots\dots (5)$$

Z = modulus elastisitas pipa, in<sup>3</sup>

#### Kondisi Upset level B

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal upset dan beban sesaat upset dengan rumus empiris :

$$B_1 P_{Max} D_o / (2 t n) + B_2 D_o (M D_w + M_B) / Z \dots\dots (6)$$

#### Level D

Pada level ini terjadi kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal range dan beban sesaat dengan rumus empiris :

$$B_1 P_{Max} D_o / (2 t n) + B_2 D_o (M D_w + M_{SSE}) / Z \dots\dots (7)$$

### 3. Beban Nozel Pompa Non ASME Section III

Beban (Momen dan gaya) pada nozel pompa dapat terjadi pada kondisi-kondisi pembebanan sistem perpipaan sebagai berikut :

#### Beban Tetap (Sustained load)

Beban tetap adalah kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati dan termal, dengan rumus empiris :

$$P_{Max} D_o / (4 t n) + 0.75 i M D_w / Z + i M_C / Z \dots\dots (8)$$

i = faktor tegangan, biasanya tidak lebih dari 1.0

M<sub>C</sub> = resultan momen karena ekspansi panas, in-lb

#### Beban sesaat (Occasional Load)

Beban sesaat adalah kombinasi beban tekanan operasi maksimum, berat mati, termal dan beban sesaat, dengan rumus empiris :

$$P_{Max} D_o / (4 t n) + 0.75 i (M D_w + M_B) / Z + i M_C / Z \dots\dots (9)$$

## BATAS BEBAN YANG DIIZINKAN PADA NOZEL POMPA

Pada umumnya pompa yang digunakan pada sistem perpipaan instalasi pembangkit daya adalah pompa sentrifugal yang telah dirancang/dipilih menurut kriteria disain ASME Section III, subsection NB, NC, ND dan non ASME Section III.

### 1. Pompa ASME Section III

Batas beban (momen dan gaya) yang diizinkan pada nozel pompa ASME section III, kelas 1, 2 & 3 terhadap kombinasi beban seperti diuraikan pada rumus empiris (1 s/d 9), dapat dievaluasi dengan persamaan-persamaan empiris momen dan gaya sebagai berikut :

Disain level A

$$P = V \leq 0.015 \cdot sy \cdot A \quad \dots (10)$$

$$Mb = Mt \leq 0.15 \cdot sy \cdot Z \quad \dots (11)$$

Disain level B/C/D

$$P = V \leq K1 \cdot Sy \cdot A \quad \dots (12)$$

$$Mb = Mt \leq K2 \cdot sy \cdot Z \quad \dots (13)$$

P = gaya axial (axial force)

V = gaya geser total (total shear force)

Mb = momen bengkok total (total bending moment)

Mt = momen torsi (torsional moment)

Sy = kekuatan luluh untuk disain temperatur sistem perpipaan (yield strength of piping at design temperature)

A = luas penampang pipa yang disambung dengan nozel pompa (area of attached piping)

Z = seksi modulus pipa yang disambung dengan nozel pompa (section modulus of attached piping at the pump nozzle interface)

K1 = 0.04 (faktor yang telah ditetapkan oleh Westinghouse untuk pengujian pompa)

K2 = 0.4 (faktor yang telah ditetapkan oleh Westinghouse untuk pengujian pompa)

K2 = 0.4 (faktor yang telah ditetapkan oleh Westinghouse untuk pengujian pompa)

K2 = 0.4 (faktor yang telah ditetapkan oleh Westinghouse untuk pengujian pompa)

### 2. Pompa Non ASME Section III (Non Kelas)

Pompa dengan nozzel kurang atau sama dengan diameter 16"

#### Kombinasi Beban Disain Level A

Batas Momen dan gaya yang diizinkan pada nozel pompa terhadap kombinasi beban seperti diuraikan pada rumus (1 s/d 9), dapat dievaluasi dengan beban-beban hasil pengujian API pada Tabel 1. Arah sumbu kordinat sambungan nozel dapat dilihat pada lampiran gambar 1, 2, 3, 4 & 5.

#### Kombinasi Beban Sesaat

Batas Momen dan gaya yang diizinkan pada nozel pompa terhadap kombinasi beban seperti diuraikan pada rumus empiris (1 s/d 9, pada saat pompa dan katup distar), dapat dievaluasi dengan persamaan empiris seperti berikut :

$$P = V \leq K1 \cdot Sy \cdot A \quad \dots (14)$$

$$Mb = Mt \leq K2 \cdot sy \cdot Z \quad \dots (15)$$

Tabel 1 : Beban nozel pompa yang diizinkan Non-ASME Section III dari API 610

NOMINAL SIZE OF NOZZLE FLANGE (INCHES)									
F/MT	2	3	4	6	8	10	12	14	16
EACH	TOP	NOZ.							
FX	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
FY	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
FZ	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
FR	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
EACH	SIDE	NOZ.							
FX	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
FY	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
FZ	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
FR	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
EACH	END	NOZ.							
FX	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
FY	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
FZ	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
FR	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
EACH	NOZ.								
MX	340	700	980	1700	2600	3700	4500	4700	5400
MY	260	530	740	1300	1900	2800	3400	3500	4000
MZ	170	350	500	870	1300	1800	2200	2300	2700
MR	460	950	1330	2310	3500	5000	6100	6300	7200

Catatan :

1. Setiap nilai menunjukkan mulai dari minus (-) 160 sampai dengan plus (+) 160
2. F = gaya (lbs). M = momen (in-lbs). R = resultan

#### ANALISIS BEBAN NOZEL POMPA DENGAN PROGRAM COMPUTER

Dalam menganalisis momen dan gaya yang terjadi pada nozel pompa, dilakukan dengan membuat model struktur analisis sistem perpipaan yang disebut fre format seperti pada program pipestress analysis dengan menggunakan program PS+CAEPIPE, CAESAR dan ADLPIPE dimana posisi titik nozel dapat dimulai dengan titik awal atau titik akhir dengan asumsi bahwa titik tersebut adalah titik penyangga Angkor. Dalam analisis digunakan rumus-rumus empiris (1 s/d 9) yang sudah ada dalam program Pipestress Analysis. Hasil analisis dievaluasi dengan batas beban yang diizinkan seperti formula-formula empiris (10 s/d 15).

#### PEMBAHASAN

Bila ditinjau dari aspek tekno ekonomi, analisis sistem perpipaan dengan menggunakan program pipestress

mempunyai keistimewaan-keistimewaan yang sangat signifikan yaitu dapat memberikan hasil perhitungan tegangan, momen torsi, momen bending dan gaya-gaya secara akurat sepanjang jalur pipa pada setiap titik, termasuk titik sambungan antara pipa dengan nozel pompa sebagai pokok bahasan dalam hal ini. Kemudian dapat lebih mempersingkat jangka waktu rancangan terutama untuk instalasi-instalasi yang sangat rumit bila dibandingkan dengan perhitungan secara konvensional, sehingga lebih cepat memberikan informasi tentang terjadinya overload pada nozel pompa ataupun overstress pipa, yang selanjutnya dilakukan analisis ulang dengan metode trial & error dengan menambah, menggeser atau mengurangi support pada lokasi-lokasi tertentu sampai tidak melampaui batas beban yang diizinkan. Jika masih tetap overload maka diusulkan perubahan layout sistem perpipaan.



