

## ANALISIS PENGARUH GESEKAN TUMPUAN TERHADAP SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR

Oleh :  
Tukiman,<sup>1)</sup>, Budi Santoso<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir  
Kawasan Puspiptek Serpong Gd.71 kode Pos 15310  
tuk\_iman97@yahoo.co.id.

<sup>2)</sup> Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir  
Kawasan Puspiptek Serpong Gd.71 kode Pos 15310

### ABSTRAK

*ANALISIS PENGARUH GESEKAN TUMPUAN TERHADAP SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR. Telah dilakukan analisis terhadap model sistem pompa primer reaktor nuklir dengan software Caesar II. Analisis dilakukan pada tumpuan terhadap gaya gesek yang mendukung pipa pada sistem pompa primer. Analisis gesekan pada tumpuan dalam Sistem perpipaan utamanya pada sistem pompa sangat sulit dilakukan, dikarenakan pada sistem yang berputar harus mengikuti standard dan CODE, API 610. Untuk mengatasi hal tersebut dipasang tumpuan dan analisis model menggunakan friksi pada tumpuan dengan material dari Baja. Dari hasil run program didapatkan hasil sistem perpipaan pompa tidak terjadi stress dan sistem dapat direkomendasikan dalam keadaan aman.*

*Kata kunci :*

*Sistem perpipaan, pompa primer, reaktor Nuklir*

### ABSTRACT

*ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FRICTION SUPPORT ON THE PIPING SYSTEM OF NUCLEAR REACTOR. has done an model analysis of the primary pump system nuclear reactor at with caesar II software. analysis done on the support of the friction force that supports the pipe on the primary pump system. analysis of friction on the support in the main piping system at the pump system is very difficult, due to the rotating system must follow the code and standards of API 610. to overcome this it is necessary to set the support and model analysis using the friction on the support with the material of steel. From the running of the program the pump piping system is obtained stress does not occur and the system can be recommended in a safe condition.*

*Key word : Piping system, primary pump, Nuclear reactor*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam sistem Reaktor pembangkit daya sistem perpipaan sangat penting sebagai media untuk mengalirkan fluida dari suatu sistem komponen ke komponen lainnya. Pada reaktor nuklir air digunakan sebagai pendingin primer untuk teras reaktor yang dialirkan secara paksa oleh pompa. Integritas struktur sistem perpipaan yang ada pada instalasi reaktor pembangkit daya merupakan sistem konstruksi yang besar dan kompleks. Sistem perpipaan ini harus mampu menahan semua beban yang bekerja, baik beban static maupun dinamik. Kemampuan sistem perpipaan untuk menahan beban yang bekerja sehingga tidak menimbulkan kegagalan atau yang disebut dengan fleksibilitas sistem perpipaan.

Analisis fleksibilitas dan stress analisis merupakan analisa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa sistem perpipaan harus mempunyai fleksibilitas yang cukup sehingga ekspansi thermal dan konstruksi atau pergerakan dari tumpuan dan titik persambungan tidak menyebabkan kegagalan dari pipa atau tumpuan, dari beban berlebih serta adanya getaran yang berasal dari equipment : misal turbin kompresor, pompa dan lain-lain, dengan menerapkan pada standar API dan ANSI. Sistem perpipaan pada pembangkit daya perlu dilakukan analisa fleksibilitas mengingat fluida kerja yang berupa uap, ataupun cairan yang bertekanan dan temperatur tinggi. Analisis fleksibilitas sistem perpipaan yang dilakukan mencakup analisis pembebanan terhadap gaya-gaya reaksi (loading), analisis pergeseran (displacement) analisis tegangan pipa (pipe stress analysis).

Support (tumpuan) mempunyai peranan yang sangat penting untuk mengatasi beban yang terjadi pada titik – titik yang mengalami beban berlebih yang diakibatkan oleh berat pipa dan perangkat lainnya. Gesekan yang terjadi antara permukaan tumpuan dengan beam /pondasinya mempengaruhi dalam analisis dan perhitungan. Untuk mengatasi beban dalam analisis sistem perpipaan, akan dibandingkan pengaruh gesekan

/friction pada tumpuan dari bahan yang berbeda tergantung material yang digunakan, dengan cara memasukkan friksi ke dalam input Caesar II.

## 2. METODOLOGI

Ketika sebuah benda bergerak pada suatu permukaan, pada benda bekerja gaya gesekan kinetik yang melawan arah gerak benda. Besar gaya gesekan kinetik bergantung pada sifat antara dua permukaan benda yang bersentuhan. Untuk dua permukaan benda tertentu, gaya gesekan kinetik sebanding dengan gaya normal. Gaya gesekan tidak bergantung pada luas permukaan yang bersentuhan.

Sifat kasar dan licinnya permukaan dua bidang yang bersentuhan dinyatakan oleh suatu koefisien yang disebut koefisien gesekan. Makin kasar permukaan yang bersentuhan makin besar koefisien gesekan. Nilai koefisien gesekan static  $\mu_s$  dan koefisien gesekan kinetik  $\mu_k$ . Persamaan hubungan gaya gesekan kinetik dengan nilai koefisien gesekan dan gaya normal adalah sebagai berikut :

$$f_k = \mu_k N \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$f_k$  = Gaya gesek kinetik

$\mu_k$  = koefisien gesekan kinetik

$N$  = Gaya normal dalam Newton

Persamaan (1) hanyalah suatu persamaan pendekatan, dan bukan merupakan sebuah hukum. Pada persamaan tersebut,  $f_k$  dan  $N$  bukanlah vector, persamaan tersebut hanya menghubungkan besar gaya gesekan kinetik dan besar gaya normal. Gaya gesekan static mulai dari nol dan membesar sesuai dengan gaya dorong sampai mencapai nilai maksimum, yang dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$f_{sm} = \mu_s N \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$F_{sm}$  = Gaya gesek static maksimum  
 $\mu_s$  = koefisien gesek static  
 $N$  = Gaya normal dalam Newton

Penahan Non Linier<sup>21</sup>.

Dalam sebuah elemen terbatas, gesekan dikendalikan oleh elemen gesekan, dan interaksi langsung elemen tumpuan dan elemen gesekan sering bergabung dalam elemen dimensi antar muka. Dalam perpipaan disebut sebagai penahanan non linier yang didefinisikan sebagai penahanan yang tegak lurus terhadap permukaan licin, penahanan umum dapat didiskripsikan sebagai berikut

1. Menciptakan vector gesekan pada permukaan licin, secara normal ini didefinisikan oleh 2 (dua) buah vector yang saling tegak lurus satu sama lain dan tegak lurus terhadap tumpuan penahanan. Dalam tumpuan penahanan Y, vector gesekan ditentukan oleh vector X dan Z.
2. Jika gaya gesekan potensial cukup untuk menghentikan perpindahan pipa sepanjang permukaan penahanan, pipa akan berhenti. Resultan gaya gesek menciptakan gaya gesek potensial untuk gaya yang diperlukan secara elastis menghentikan pipa dari pergeseran (displacement).
3. Jika gaya gesek potensial tidak cukup besar untuk menghentikan pipa dari perpindahan sepanjang permukaan penahanan. Pipa akan bergerak sebesar resultan gaya gesek dan merupakan hasil dari gaya penahanan normal dari koefisien gesek. Gesekan yang terjadi pada pipa arahnya berlawanan terhadap perpindahan pipa.

Gaya gesek potensial merupakan hasil dari gaya penahanan normal dari koefisien gesek, secara teoritis, koefisien gesek licin dapat mengurangi dan menghentikan gerakan pipa yang bergerak saat sistem diuji coba. Putaran dan hentakan saat sistem diuji coba membuat pipa sulit untuk mengendalikan koefisien statik.

### 3. TATA KERJA

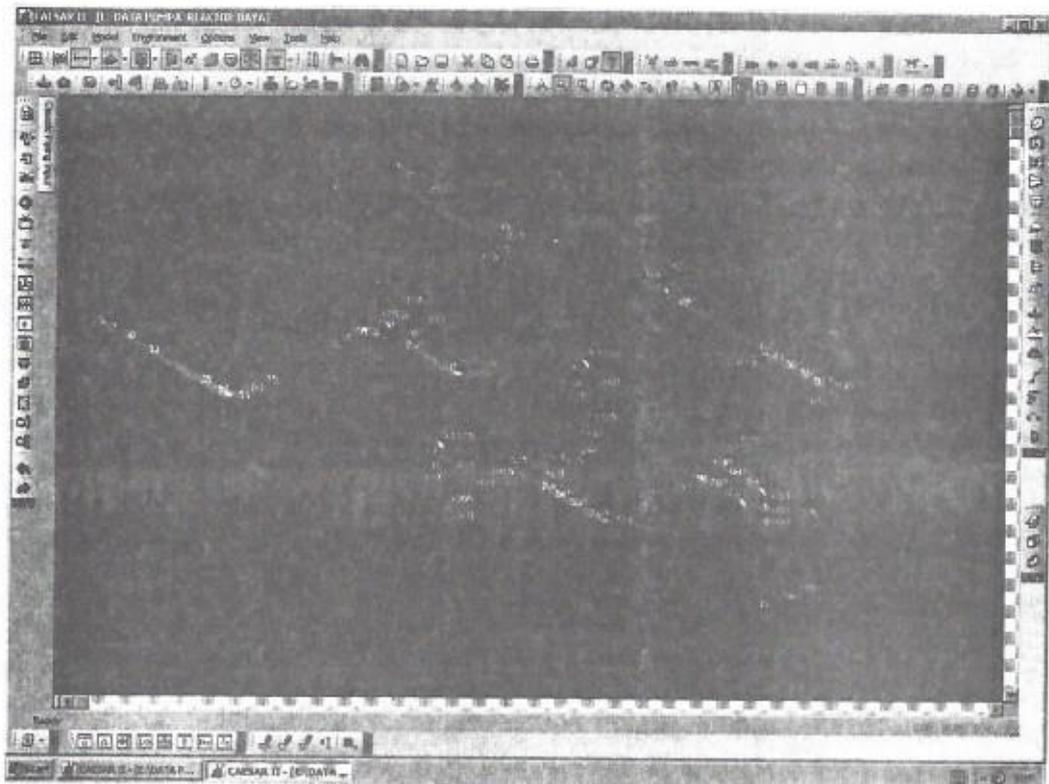
Sebelum dilakukan analisis dengan Software Caesar, perlu dipersiapkan data sistem perpipaan, antara lain : Gambar lay out dari desainer, gambar Isometrik, diameter pipa, material pipa, temperatur operasi, tekanan operasi, jenis fluida, masa jenis fluida dan sistem isolasi.

Selanjutnya pemberian titik (node) secara berurutan, dari data tersebut kemudian di inputkan, sehingga menjadi gambar model 3 (tiga) dimensi dan isometrik yang benar sesuai dengan spesifikasi dari schedule tersebut. Jika gambar sudah benar sesuai dengan spesifikasi, baru di eksekusi dan bisa dilihat hasilnya, sistem tersebut mengalami stress atau tidak.

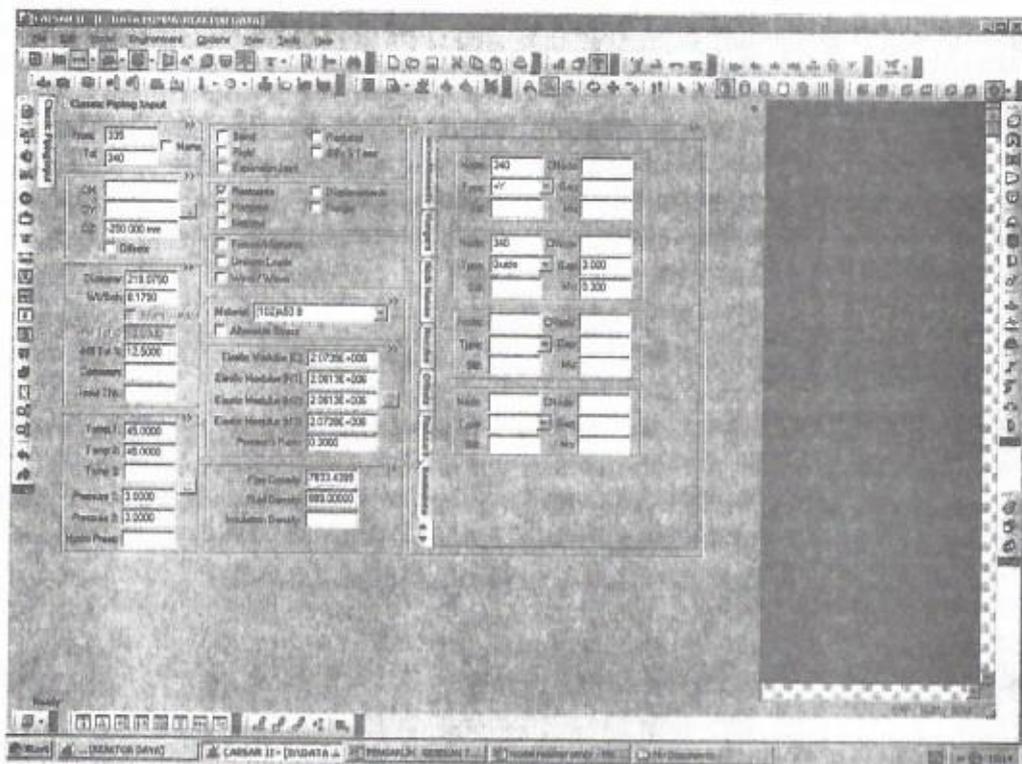
Pemberian tumpuan dilakukan pada titik-titik (node) pada pipa yang mengalami *over stress*, macam dan jenis tumpuan bergantung pada keadaan stress yang terjadi pada sistem tersebut.

Memasukkan nilai gesekan (friction) pada sistem perpipaan pada tumpuan sesuai dengan bahan material dari tumpuan, besarnya nilai friction ( $\mu$ ) biasanya sudah ada pada tabel gaya gesek sesuai dengan bahan yang digunakan.

Langkah berikutnya, lakukan perbaikan sampai sistem tidak mengalami stress pada batas yang telah ditentukan (allowable stress). Berikut adalah gambar model 3 (tiga) dimensi secara isometric dan inputan pada software Caesar pada sistem perpipaan pompa primer di Reaktor Nuklir.



Gambar 1. Model 3 dimensi dan isometrik sistem pompa primer reaktor nuklir



Gambar.2 Inputan pada program Caesar, dengan memasukkan friksi pada tumpuan sistem pompa primer reaktor nuklir.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksekusi program Caesar, didapatkan hasil berupa data berat beban ke arah X, Y dan Z (Fx, Fy, Fz), Titik tata letak gesekan (friction), momen ke arah X, Y dan Z (Mx, My, Mz) dan pergeseran (Displacement) ke arah X, Y dan Z (Dx, Dy, Dz).

Tabel 1. dibawah ini, diperlihatkan pengaruh gesekan (friction) pada tumpuan, dengan memasukkan gesekan (friction) ke dalam sistem tumpuan sesuai

dengan gaya gesek bahan dari material. dan tabel 2 adalah data dari hasil eksekusi yang tidak memasukkan gesekan (friction) ke dalam tumpuan pada inputan program. Sustain adalah suatu beban yang terdiri dari beban pipa, fluida dan tekanan normal.

Tabel.1 Hasil Eksekusi program caesar dengan tidak memasukkan nilai gaya gesek ( $\mu$ ) ke dalam sistem tumpuan

Nod e	Load Case	Fx (lb)	Fy (lb)	Fz (lb)	Mx (ft.lb)	My (ft.lb)	Mz (ft.l b)	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)	Ket.
35	Sustain	0	-326	0	0,0	0,0	0,0	0,1655	-0,0	-0,0309	
75	Sustain	1984	-244	0	0,0	0,0	0,0	0,1181	-0,0	-0,0010	
80	Sustain	0	-710	0	0,0	0,0	0,0	0,0338	-0,0	-0,0010	
200	Sustain	0	-715	0	0,0	0,0	0,0	0,0351	-0,0	-0,0095	
247	Sustain	0	-326	0	0,0	0,0	0,0	0,1645	-0,0	-0,0400	
300	Sustain	10	80	-186	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
340	Sustain	0	-652	0	0,0	0,0	0,0	0,0106	-0,0	0,0036	
345	Sustain	0	-759	0	0,0	0,0	0,0	0,0918	0,0	0,0035	
390	Sustain	0	-150	0	0,0	0,0	0,0	0,1024	-0,0	0,0034	
393	Sustain	0	-241	0	0,0	0,0	0,0	0,1024	-0,0	0,0062	
450	Sustain	0	-762	0	0,0	0,0	0,0	0,9962	-0,0	0,0091	
455	Sustain	0	-881	0	0,0	0,0	0,0	-0,0229	-0,0	0,0239	
550	Sustain	0	-1273	0	0,0	0,0	0,0	-0,0023	-0,0	0,0363	
555	Sustain	0	1594	0	0,0	0,0	0,0	-0,0023	-0,0	0,0502	

Data diambil dari hasil run Caesar : tgl 18 Nov 2010

Tabel.2 Hasil Eksekusi program caesar dengan memasukkan nilai gaya gesek ( $\mu$ ) ke dalam node tumpuan

Nod e	Load Case	Fx (lb)	Fy (lb)	Fz (lb)	Mx (ft.lb)	My (ft.lb)	Mz (ft.l b)	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)	K et
35	Sustain	0	-326	0	0,0	0,0	0,0	0,1655	-0,0	0,0323	
75	Sustain	1967	-245	476	0,0	0,0	0,0	0,1181	-0,0	0,0050	
80	Sustain	0	-708	0	0,0	0,0	0,0	0,0336	-0,0	0,0006	
200	Sustain	0	-716	0	0,0	0,0	0,0	0,0340	-0,0	-0,0050	

247	Sustain	0	-326	0	0,0	0,0	0,0	0,1652	-0,0	- 0,0362
300	Sustain	13	74	-220	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	-0,0
340	Sustain	0	-644	0	0,0	0,0	0,0	0,0126	-0,0	0,0032
345	Sustain	0	-795	0	0,0	0,0	0,0	0,1137	-0,0	0,0030
390	Sustain	0	-106	0	0,0	0,0	0,0	0,1270	-0,0	0,0026
393	Sustain	0	-255	0	0,0	0,0	0,0	0,1270	-0,0	0,0062
450	Sustain	42	-760	13	0,0	0,0	0,0	0,1238	-0,0	0,0104
455	Sustain	0	-890	0	0,0	0,0	0,0	0,0256	-0,0	0,0103
545	Sustain	0	- 1060	0	0,0	0,0	0,0	-0,0026	-0,0	0,0259
550	Sustain	0	- 1307	0	0,0	0,0	0,0	-0,0026	-0,0	0,0389
555	Sustain	0	1623	0	0,0	0,0	0,0	-0,0026	-0,0	0,0531

Data diambil dari hasil run Caesar : tgl 18 Nov 2010

Gaya gesek tumpuan dalam sistem perpipaan dapat menghalangi pipa dari gerakan ke arah X, Y dan Z, sehingga dengan adanya gesekan sistem perpipaan akan mengalami tegangan yang lebih tinggi baik dalam sistem perpipaan maupun peralatan pendukungnya. Pada kejadian khusus gesekan dapat membantu menstabilkan sistem dan mengurangi kerusakan bahkan pada sistem pipa fluida yang panas. Gesekan juga dapat berfungsi untuk pencegahan beban yang besar dari sistem yang dihubungkan dengan pompa dan compressor<sup>21</sup>.

Dari data pada table 1. Hasil Eksekusi program caesar dengan tidak memasukkan nilai gaya gesek ( $\mu$ ) ke dalam sistem tumpuan, jika dibandingkan dengan table.2 dapat dilihat hasilnya:

Fx pada table 1, Node 75 beban sebesar 1984 lb, dan table 2, pada node yang sama beban sebesar 1967 lb. Bila terjadi displacement pada node yang berbeda, tetapi besar displacementnya sama maka untuk mengatasinya adalah dengan menambah gap pada salah satu node nya.

Pada umumnya saat sistem dihubungkan dengan beban dinamik gesekan cenderung mengurangi besarnya tegangan pipa dan beban equipment. Pengaruh gesekan sangat penting dalam beberapa area dalam analisis dan routing saluran pipa yang panjang, itu merupakan jumlah keseimbangan gaya gesek melawan gaya potensial pemuaian.

Area lain yang penting adalah penghubung pipa pada peralatan pemutar (pompa, turbin)dll. Kadang-kadang gesekan pada satu tumpuan dapat secara lengkap mengubah kemampuan menerima sistem pipa, dengan memasukkan gesekan dalam analisis, suatu rancangan akan mendapatkan pengurangan beban, gaya dan menyebarkan gaya tersebut pada sistem dan tumpuan, gesekan juga

sangat diperlukan pada operasi sistem yang halus pada mesin, itu dapat menstabilkan, meredam getaran potensial sistem perpipaan. Selanjutnya dengan memasukkan gesekan kedalam input restraint, sistem perpipaan dapat mengatasi stress yang terjadi dan menghasilkan analisis yang dapat dipertimbangkan dalam operasi dan pemeliharaan sistem perpipaan.

## 5. KESIMPULAN

1. Gesekan pada tumpuan digunakan untuk mengatasi stress yang terjadi, utamanya pada sistem yang dihubungkan pada Pompa, kompresor.
2. Gesekan pada tumpuan menyebabkan , sistem perpipaan mengalami gaya gesek pada permukaan licur, yang didefinisikan oleh 2 vektor yang tegak lurus satu sama lain terhadap tumpuan dalam penahan Y, vector gesekan ditentukan oleh vector X dan Z.
3. Dari analisis yang dilakukan terhadap sistem pompa primer reactor nuklir, sistem direkomendasikan dalam keadaan aman.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. MARTHEN KANGINAN "Fisika kelas 1 Cawu 2" Penerbit Erlangga Jakarta 1998, hal 47 – 52.
2. LIANG CHUAN PENG " Treatment of Support Friction in Pipe Stress Analysis" The American Society of Mechanical Engineers, book no.H00484 - 1989.
3. ACHMAD CHAMSUDI " Diklat Pipe Stress Analisis " PRPN BATAN 2005.