

MEMPERSIAPKAN TENAGA ANALISIS TEGANGAN SISTEM PEMIPAAN UNTUK MENYONGSONG PEMBANGUNAN PLTN

ACHMAD CHAMSUDI, BUDI SANTOSO

*Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir -Batan
Kawasan Puspipetek, Serpong
Tangerang 15310, Telp. 021-7560896, Fax. 021-7560921*

Abstrak

MEMPERSIAPKAN TENAGA ANALISIS TEGANGAN SISTEM PEMIPAAN UNTUK MENYONGSONG PEMBANGUNAN PLTN. Tenaga analisis tegangan pemipaan adalah sangat dibutuhkan dalam dunia engineering baik di dalam negeri maupun di luar negeri, karena kemampuan seorang stress engineer dapat menjamin bahwa tegangan dan beban-beban pada sistem pemipaan adalah aman (safe) berdasarkan Code dan Standar Internasional. Dengan mempersiapkan tenaga tersebut berarti membantu salah satu program pemerintah dalam meningkatkan kemampuan sumber daya manusia (SDM) dibidang engineering, terutama untuk menyongsong pembangunan PLTN di Indonesia. Untuk mewujudkan itu dapat dilakukan pemanfaatan tenaga ahli dari Batan atau kerjasama dan partisipasi desain dengan lembaga profesional dalam bidang Engineering terkait.

Kata kunci : Stress Engineer, Code dan Standard

Abstract

PREPARATION OF PIPING SYSTEM STRESS ANALYSIS FOR THE NUCLEAR POWER PLANT CONSTRUCTION. Piping stress analysis engineers are widely required in engineering field abroad and in the country, because their ability and skill to ensure the actual stress and loads on piping system according to code and international safety standard are credible. By preparing such ability and skill in the country, it will help one of government programs on stimulation of human resources development (HRD) in engineering, especially for Nuclear Power Plant construction (PLTN). To achieve such the goal of the program, it can be started by taking benefit of the ability and skill of BATAN's experts or making collaboration by joining in design participation by professional institution of related engineering field.

Keyword: Stress Engineer, Code dan Standard

PENDAHULUAN

Tenaga ahli dalam bidang engineering terutama untuk stress analisis sangat dirasa kurang memadai bila dibandingkan dengan jumlah pembangunan dalam bidang industri power plant baik itu Geothermal, PLTU, PLTG, PLTA dan apalagi akan dibangunnya Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia[1]. Sebagaimana yang bisa kita amati bahwa kebanyakan dari engineer yang baru lulus dari perguruan tinggi adalah belum siap pakai dalam kegiatan engineering baik sekala nasional

maupun internasional, sehingga setiap ada kesempatan akan kebutuhan engineer dalam bidang engineering mereka selalu tersisihkan oleh engineer-engineer dari luar negeri yang sudah dipersiapkan secara profesional.

Agar kita mempunyai peran penting dalam pembangunan nasional yang langsung bisa dirasakan oleh masyarakat luas[2] dan sekaligus membantu program pemerintah dalam peningkatan SDM terutama tenaga analisis tegangan pemipaan, maka seyogyanya kita membuka diri dan melakukan kerja sama dengan lembaga profesional dalam bidang

Engineering baik di dalam negeri maupun luar negeri. Kerjasama dapat dilakukan dalam bentuk in house training, seminar, presentasi, partisipasi desain, kerja praktek dan tugas akhir mahasiswa di lembaga tersebut. Dari hasil kerjasama ini diharapkan lahir tenaga-tenaga ahli siap pakai dan bernilai tinggi. [3]

Karena engineering merupakan kegiatan profesional di mana pekerjaan atau kegiatannya sudah diatur oleh Code, standar internasional dan regulasi-regulasi yang berlaku di tempat dimana kegiatan tersebut akan dibangun di sana, oleh karenanya diwajibkan bagi semua engineer (stress engineer) untuk memahami dan dapat mengimplentasikan code dan Standard serta regulasi tersebut dalam kegiatan engineering sehingga apa yang telah dilakukannya dapat di konstruksi dengan benar dan aman[4]. Dalam sistem pemipaan bertekanan kita kenal Code ASME B31. yang terdiri dari ASME B31.1, Power Piping ; ASME B31.3, Process piping ; SME B31.4, Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols ; ASME B31.5, Refrigeration Piping ; ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping System; ASME B31.9, Building Services Piping; ASME B31.11, Slurry Trnsportation Piping System; dan lain-lain. Standard yang digunakan dalam analisis sistem pemipaan berkaitan dengan konektisitas antara pipa dengan equipment (peralatan) yang digunakannya. Standard yang digunakan antara lain API-610, centrifugal pump; API-617, centrifugal compressor; API-661, air cooled heat exchangers; HEIS (Heat Exchanger Institute Standard), closed feedwater heaters; API-560, fire heater for general refenery service; WRC-107, vessel stresses dan NEMA SM-23, steam Turbine.[5]

Tujuan dari kegiatan analisis tegangan pipa (atau pipe stress analysis) adalah :

1. Memastikan bahwa tegangan yang terjadi pada system pemipaan adalah aman dalam batasan yang telah ditentukan oleh *Code* yang akan digunakan dalam analisis,
2. Memastikan beban-beban pada *nozzle* equipment (peralatan *nozzle*) secara actual yang terjadi pada system pemipaan adalah dalam batasan yang telah ditetapkan oleh

standard internasional pada alat yang digunakan.

3. Memberikan informasi beban-beban penyangga (support) untuk kebutuhan civil engineer dalam mengkontruksi pondasi dan menentukan ukuran struktur yang akan dikenakan beban-beban tersebut.
4. Memberikan informasi tipe penyangga dan posisi dimana penyangga akan dipasang sebagaimana hasil analisis yang dilakukan kepada piping *designer* (perancang jalur pemipaan).
5. Memberikan draf gambar perubahan jalur yang dimungkinkan bila dari hasil analisis sangat diperlukan kepada *piping designer*.
6. Memastikan bahwa tegangan dan frekuensi yang terjadi akibat beban *occasional* tidak menyebabkan kerusakan pada sitem pemipaan.

ANALISIS TEGANGAN PIPA

Analisis tegangan pipa adalah menentukan tegangan dan beban nozzle secara aktual pada sistem pemipaan terhadap pengaruh operasi (temperatur, tekanan), angin, gempa bumi, vibrasi akibat aliran fluida dua fase (two phase flow), vibrasi akibat popping relief valve dan vibrasi dari mesin rotasi[4] . Tegangan dan beban tersebut kemudian dibandingkan dengan batasan-batasan minimum yang sudah ditetapkan dalam Code dan standard Internasional, apabila tegangan dan beban aktual yang terjadi melebihi batasan minimumnya maka sistem pemipaan dinyatakan fail (bermasalah), maka seorang engineer harus mampu melakukan analisis yang tepat agar sistem pemipaan menjadi safe (aman). Tingkat keamanan sistem pemipaan tergantung pada fleksibilitas routing pipa dan pemilihan serta peletakkan support (penyangga) yang tepat dan benar.

Pada prinsipnya analisis sistem pemipaan adalah sama antara PLTN dan analisis yang dilakukan untuk pembangunan plant yang lainnya, yaitu menjadikan sistem pemipaan dalam batasan aman sebagaimana yang telah ditetapkan oleh Code, dan Standard Internasional, karena dalam pembangunan PLTN diperlukan persyaratan yang sangat tinggi terutama pada material dan Code yang digunakan, maka lembaga Nuklir Internasional seperti IAEA telah membuat regulasi yang

harus diikuti oleh setiap engineer untuk mengimplementasikan dalam pekerjaan analisis maupun engineering secara lengkap. Demikian pula SDM yang akan dilibatkan dipersyaratkan harus mempunyai pengalaman yang cukup, mempunyai kemampuan dan bisa bekerja secara team. Persiapan dan tahapan analisis tegangan pipa dari suatu proyek dapat dilakukan sebagai berikut.

Persiapan

1. Mempersiapkan P&ID (Piping and Instrumentasi Diagram), yang sudah dibuat oleh process engineer sebelum piping engineering dirancang dalam gambar.
2. Mempersiapkan gambar *lay out* (gambar lengkap system pemipaan), yang sudah dibuat oleh *piping designer*.
3. Mempersiapkan gambar isometric jalur yang akan dianalisis (gambar tiga dimensi) yang diambil (*extract*) dari piping *lay out*.
4. mempersiapkan Material Spesifikasi yang digunakan dalam proyek, dibuat oleh piping engineer.
5. Mempersiapkan *line list condition* (kondisi temperature, tekanan, densiti fluida, densiti insulasi, ukuran pipa, nama jalur pipa, dan koneksititas peralatan) dalam bentuk tabel, dibuat oleh *process engineer*.

Tahapan

1. Membuat node number (titik-titik penomoran pada setiap sekmen) pada gambar isometrik
2. Memastikan *code* dan standard yang digunakan adalah benar atau sesuai dengan analisis yang akan dilakukan dalam input software.
3. Membuat model dan menginputkan ke dalam *software* (Caesar, atau AutoPipe, atau ME101, atau PS+Caepipe atau yang lainnya) untuk semua data yang diperlukan (tekanan, temperature, material pipa, densiti, insulasi, ukuran dan dimensi sekmen pipa)
4. Melakukan analisa tegangan pipa pada kasus *sustain* (beban yang terjadi akibat berat sistem pemipaan secara keseleruhan), yang mana besar tegangan tersebut tidak boleh melebihi tegangan ($\delta \leq S_h$) yang diijinkan oleh *Code* yang digunakan.
5. Melakukan analisa tegangan pipa pada kasus termal ekspansi (beban yang terjadi akibat

penjalaran panas pada sistem pemipaan secara keseleruhan), yang mana besar tegangan tersebut tidak boleh melebihi tegangan ($\delta \leq S_a$) yang diijinkan oleh *Code* yang digunakan.

6. Melakukan analisis beban pada tiap *nozzle* peralatan dengan mempertimbangkan pada kasus *sustain* (beban yang terjadi akibat berat sistem pemipaan secara keseleruhan) dan kasus operasi (beban yang terjadi ketika sistem dioperasikan), yang mana besar beban-beban tersebut tidak boleh melebihi dari beban yang diijinkan oleh standard yang digunakan.
7. Melakukan analisis tegangan dan frekuensi pada sistem pemipaan akibat beban *occasional* ($\delta \leq 1.3S_h$), yaitu vibrasi oleh adanya *rotating equipment* (*Turbine, Compressor, Pumps*, aliran dua fasa), gelombang laut bila sistem pemipaan dipasang di lepas pantai, angin, dan gempa bumi.
8. Mempertimbangkan beban-beban pada setiap *support* (penyangga), jenis dan lokasinya.
9. Memberikan informasi pada disiplin lain terutama kepada *piping Designer*, bila ada perubahan *routing* (jalur pipa), penggunaan *tipe support*, dan lokasi *support*; kepada *Mechanical Engineer*, bila diperlukan perubahan tebal *equipment* (peralatan) atau penambahan tebal *pad* pada *nozzle equipment* (peralatan *nozzle*); kepada *Civil Engineer*, untuk semua beban *support* yang terjadi agar *Civil Engineer* dapat mempertimbangkan lebar dan kedalaman pondasi, dan juga ukuran struktur yang dimungkinkan.
10. Membuat *data sheet* dan *item quantity* (jumlah yang diperlukan) untuk pembelian *Spring Support* atau *Expansion Joint* bila dalam hasil analisis keduanya digunakan, *data sheet* ini diperlukan oleh *vendor* atau *manufacture* sebagai dasar pembuatannya.

KODE DAN STANDARD

Code adalah dokumen yang mengatur persyaratan-persyaratan minimal dari suatu desain, material, fabrikasi, instalasi, pengelasan, inspeksi dalam system pemipaan. Setiap pekerjaan engineering terutama dalam analisis tegangan pipa selalu diwajibkan menggunakan *Code* dengan tujuan bahwa setiap hasil yang

diperoleh dijamin akan kebenaran dan keselamatan sistem, penggunaan Code disesuaikan dengan tingkat resiko dan area dari kondisi sistem pemipaan yang hendak dikonstruksi.

Standard adalah dokumen yang mengandung peraturan desain dan konstruksi dan persyaratan individu dari komponen pemipaan seperti pipa, elbow, fitting, flange, valve, gasket, beban-beban nozzle dari setiap equipment (peralatan) dan lain sebagainya. Di dalam standard telah diatur segala sesuatu yang berkaitan dengan keselamatan setiap komponen dan persyaratan-persyaratan yang harus diikuti oleh fabrikator, kontraktor maupun pengguna (user) yang lain seperti material, temperature, tekanan, test (pengujian) oleh fabrikator, batasan beban nozzle untuk setiap equipment (peralatan) yang tidak boleh dilanggar oleh semua pengguna (user), oleh karena itu setiap penggunaan standard yang telah ditetapkan oleh Code maupun oleh regulasi yang lain selalu dijamin akan keselamatan dan menghindari resiko yang tidak diinginkan pada sistem pemipaan.

Code dalam **sistem** pemipaan

Dalam sistem pemipaan untuk keperluan pembangkit listrik maupun sistem pemipaan untuk keperluan pembangunan pabrik yang lainnya dimana pengoperasiannya bekerja dalam kondisi bertekanan, sehingga sistem harus diatur dalam code yang sesuai sebagaimana yang dipersyaratkan oleh regulasi atau client requirement sebagai pemilik perusahaan atau pemilik pembangkit baik swasta atau pemerintah. Code yang digunakan dalam sistem pipa bertekanan dikenal dengan ASME B31, dan ASME Section III untuk Nuclear Plant Piping. Code ASME B31. ini terdiri dari beberapa serial antara lain.

ASME B31.1, Power Piping

ASME B31.1 banyak digunakan untuk sistem pemipaan yang berkaitan dengan pembangkit tenaga, di dalam code ini juga mengatur persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi dari sistem pemipaan pembangkit tenaga dan perangkat pendukungnya untuk stasiun pembangkit listrik, industri, plant pemanas, dan lain sebagainya.

ASME B31.3, Process Piping

ASME B31.3 banyak digunakan untuk sistem pemipaan yang berkaitan dengan proses area, di dalam code tersebut juga mengatur persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi dari seluruh system pemipaan dalam pemrosesan dan handling dari zat kimia, petroleum dan sejenisnya. Persyaratan ASME B31.3 berlaku pada semua fluida termasuk bahan baku kimia; produk petroleum, gas, uap, udara dan air; refrigeran, dan lain-lain.

ASME B31.4, Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols.

ASME B31.4 banyak digunakan untuk sistem pemipaan yang berkaitan dengan transportasi fluida cair yang menghubungkan dari sistem pengolahan hingga stasiun penerima, Code ini juga mengatur persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi dari system pemipaan untuk transportasi fluida cair seperti minyak mentah (crude oil), natural gasoline, natural gas liquids, liquefied petroleum gas, liquid alcohol, liquid anhydrous ammonia, dan lain sebagainya.

ASME B31.5, Refrigeration Piping

ASME B31.5 ini telah banyak digunakan pada sistem pemipaan yang menyangkut persyaratan-persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi dari system pemipaan untuk refrigerant dan pendingin sekunder sampai temperatur – 320oF.

ASME B31.7, Nuclear Power Plant Piping

ASME B31.7 dan ASME Section III adalah Code yang digunakan untuk merancang dan analisis sistem pemipaan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) untuk area kelas satu (reactor island dan turbine island), sedangkan untuk kelas dua dan kelas tiga, yaitu area di luar reactor dan turbine island dan area utility digunakan ASME Code B31.1 dan B31.3

ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping System

ASME B31.8 adalah code yang banyak digunakan dalam sistem pemipaan untuk pipeline atau jalur pipa gas dari stasiun pengolahan hingga stasiun penerima, dan memiliki persyaratan-persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi dan efek keselamatan dari pengeoperasian dan perawatan system pemipaan transmisi dan distribusi gas, termasuk pipeline gas, stasiun kompresor gas, stasiun pengatur dan pengukur gas, dan lain sebagainya.

ASME B31.9, Building Services Piping

ASME B31.9 adalah code yang banyak diaplikasikan untuk keperluan sistem pemipaan dalam gedung, antara lain :

1. Air untuk pemanas dan pendingin
2. Air kondensasi
3. Uap dan kondensat yang lain
4. Vakum
5. Udara bertekanan dan gas yang tidak berbahaya dan tidak mudah terbakar

ASME B31.11, Slurry Transportation Piping System

ASME B31.11 adalah *code* yang digunakan khusus untuk jalur pemipaan yang mengangkut fluida tidak berbahaya, *code* ini menspesifikasi persyaratan-persyaratan minimal untuk desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan dan inspeksi, pengoperasian dan perawatan dari pemipaan untuk transportasi fluida berlumpur (*slurry*) dan material tidak berbahaya seperti oli, bijih meneral, konsentrat antara plant atau terminal pemrosesan sampai dengan *plant* atau terminal penerima.

Standard dalam system pemipaan

Selain ASME *Code*, Standard Internasional juga diwajibkan untuk digunakan dalam melakukan *engineering* dan konstruksi pada sistem pemipaan baik *power plant* atau pembangunan pabrik, standard merupakan batasan-batasan makismal yang harus diikuti oleh fabrikator maupun *user* (pengguna) dalam merancang *equipment* (peralatan) dan system pemipaan. Standard internasional yang

digunakan untuk melakukan *engineering* pada system pemipaan antara lain :

- 1 ANSI (American National Standard Institute)
- 2 API (American Petroleum Institute)
- 3 ASTM (American Society for Testing and Material)
- 4 AWS (American Welding Society)
- 5 EJMA (Expansion Joint Manufactures Association)
- 6 MSS (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry)
- 7 NFPA (National Fire Protection Association)
- 8 Dan lain-lain.

PENYIAPAN TENAGA ANALISIS TEGANGAN PIPA

Jika diperhatikan secara seksama bahwa keahlian dalam bidang ketenagaan analisis tegangan pipa khususnya di lingkungan BATAN sangat kurang mencukupi bila pembangunan PLTN di Indonesia benar-benar dilaksanakan, dan lebih kurang lagi bila dipersiapkan untuk membantu mewujudkan program pembangunan nasional dalam skala yang lebih luas, yaitu pembangunan pembangkit yang lain seperti *Geothermal*, PLTU, PLTG dan pembangunan sistem pemipaan lepas pantai (*Off shore, On shore*) dan lain sebagainya. Untuk menciptakan tenaga-tenaga ahli dalam bidang engineering maupun ahli dalam bidang analisis tegangan sistem pemipaan, sangat perlu sekali bila STTN atau BATAN menyediakan wadah khusus untuk mempersiapkan atau melahirkan tenaga tersebut dengan cara mengadakan *in house training* atau melakukan kerjasama dengan lembaga-lembaga yang bergerak dalam bidang engineering. Untuk mewujudkan hal tersebut sebenarnya dapat juga memanfaatkan tenaga yang sudah berpengalaman dari Batan sebagaimana mereka yang terlibat dalam partisipasi disain AP-600 Westinghouse, General Electric (GE), atau tenaga yang berpengalaman dari pihak luar Batan.

KESIMPULAN

Dari uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa tenaga ahli dalam bidang *piping stress analysis* (analisis tegangan pemipaan) sangat dibutuhkan dalam menyongsong pembangunan PLTN di

Indonesia^[2] dan sekaligus membantu program pemerintah dalam meningkatkan sumber daya manusia (SDM).

DAFTAR PUSTAKA

1. N. HAIDY A. PASAY, "Peranan PLTN dalam Pembangunan Ekonomi" . *Seminar Teknologi dan Keselamatan PLTN seerta Fasilitas Nuklir*", PPTA Serpong, 9-10 Pebruari 1993.
2. F.P. SAGALA, "Kebijaksanaan Batan Dalam Pembangunan PLTN", Diklat Pemandu Pameran Tingkat II, 11 Desember 1997.
3. TRIHARJANTO, ACHMAD CHAMSUDI, "Menyiapkan SDM Engineering Untuk Menyongsong Pembangunan PLTN", Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta, 25-26 Agustus 2008.
4. ADIWARDYOYO, "Pembinaan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Nasional Bidang Perekayasaan dalam Menyongsong Pembangunan PLTN di Indonesia", Prosiding Batan-JEPIC Seminar on Pre-service and In-service Inspection for Nuclear Power Components, ISBN: 979-8500-23-7, Jakarta, 3 Desember 1998.
5. ACHMAD CHAMSUDI, "Diktat Piping Stress Analysis" Kursus Analisis Tegangan Pipa, Pusdiklat-Batan, Jakarta, 30 November 2006.
6. SANDA, ACHMAD CHAMSUDI, "Analisis Vibrasi Sistem Pemipaan Dengan Metode Matching Mode Shape", Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Rekayasa Perangkat Nuklir, serpong, 20 Nopember 2007.