

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem perpipaan merupakan bagian yang selalu ada dalam industri masa kini, misalnya industri gas dan pengilangan minyak, industri air minum, pabrik yang memproduksi bahan kimia serta obat-obatan, dan juga digunakan dalam penyediaan energi listrik bagi manusia melalui pembangkit. Dalam aplikasinya di dunia industri, pipa lazim digunakan untuk menyalurkan fluida yang memiliki tekanan, temperatur, serta sifat fisik dan kimia yang dapat mengakibatkan efek negatif serius pada kesehatan dan lingkungan jika sampai terlepas ke udara bebas.

Kegagalan dalam sistem perpipaan dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti penghentian operasi pabrik untuk perbaikan yang tidak terjadwal, atau bahkan kerusakan lingkungan dan hilangnya nyawa manusia. Oleh sebab itu, pengetahuan mengenai perancangan sistem perpipaan merupakan hal yang sangat penting, dan kesempurnaan desainnya dapat dicapai melalui pemahaman yang menyeluruh tentang perilaku komponen pipa, serta sistem perpipaan dengan berbagai jenis pembebanan.

Dalam aplikasi kesehariannya, ada banyak sekali bentuk dan model pipa, seperti pipa bentuk *elbow*, *mitter*, *tee*, *reducer*, *cross*, dan lainnya. Bentuk serta model yang beraneka ragam tersebut sangat membantu dalam desain

layout sistem perpipaan di dunia industri. Pada saat operasi, bentuk dan model pipa yang bermacam-macam tersebut akan memiliki karakteristik tegangan yang berbeda-beda sebagai akibat dari pembebanan yang diterimanya. Akumulasi dari berat pipa itu sendiri dan tekanan fluida yang mengalir didalamnya, akan menyebabkan tegangan pada pipa yang dikenal sebagai beban statik. Namun efek dari pembebanan seperti ini dapat diminimalisasi dengan memilih jenis penyangga (*support*) yang sesuai, dan menggunakan penyangga tersebut dalam jumlah yang cukup. Secara umum, beban dinamik dan beban termal pada pipa merupakan dua hal yang lebih penting, dan lebih sulit untuk ditangani. Pembebanan dinamik terjadi pada pipa yang berhubungan langsung dengan peralatan bergetar seperti pompa atau kompresor. Beban dinamik juga terjadi pada pipa yang mengalami beban termal, sehingga beberapa bagian pipa berekspansi dan menimbulkan tegangan pada pipa. Oleh sebab itu, perlu digunakan beberapa alat atau mekanisme yang didesain untuk memperkecil tegangan pada sistem perpipaan tersebut, agar kelebihan beban yang bisa mengakibatkan kegagalan pada bagian pipa, atau kerusakan pada alat yang terhubung dengannya dapat dihindari.

Salah satu komponen penyambungan dalam sistem perpipaan adalah *pipe bend* (pipa lengkung) atau *elbow*. *Pipe bend* berfungsi untuk membelokkan arah aliran fluida didalam pipa. Namun *pipe bend* lebih sulit untuk dianalisa karena permukaannya menjadi oval dibawah pembebanan momen bending. Hal ini menyebabkan *pipe bend* memiliki fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan pipa lurus yang sama ukuran dan jenis materialnya.

Lebihnya fleksibilitas ini menjadikan *pipe bend* berfungsi sebagai penyerap ekspansi thermal. Dengan berbagai karakteristik tersebut, *pipe bend* menjadi komponen yang sangat penting di dalam sistem perpipaan dan memerlukan berbagai macam pertimbangan dalam proses perancangannya. Seperti yang dikatakan Mourad dalam tesisnya yang berjudul *elastic-plastic behavior and limit load analysis of pipe bends under out-of plane moment loading and internal pressure*, bahwa *pipe bend* yang diberi pembebanan bending merupakan bagian paling kritis dalam sebuah sistem perpipaan.

Perancangan awal (*preliminary design*) merupakan salah satu tahap analisis dalam proses perancangan mesin atau struktur yang berguna untuk mengetahui atau memprediksi unjuk kerja maupun kegagalan dari sistem yang akan dirancang, dalam hal ini ialah pipa. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan metode elemen hingga (*Finite Elemen Analysis, FEA*). FEA adalah sebuah prosedur perhitungan yang dapat digunakan untuk memperoleh solusi pada permasalahan *steady, transient*, linear atau nonlinear dalam *stress analysis, heat transfer, electromagnetism* dan *fluid flow*.^[9]

Penulis mengangkat masalah limit momen pada pipa *elbow* akibat pembebanan *bending* secara *in-plane* sebab besar nilai dan efek dari beban tersebut ekuivalen terhadap beban yang diakibatkan oleh adanya beban *thermal*, dengan harapan dapat dilakukan antisipasi kegagalan pada struktur melalui perencanaan yang optimal.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui nilai limit momen pada pipa elbow akibat pembebanan *bending* secara *in-plane* dengan variasi *in-plane closing bending* dan *in-plane opening bending*.

C. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang lebih terarah, maka pada penelitian ini diberi batasan masalah, sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (*finite element method*).
2. Material diasumsikan memiliki sifat *elastic-perfectly plastic*, dan isotropis.
3. Data untuk dimensi material model diambil berdasarkan ASME B16.9-1993 tentang *typical commercial 90° long radius butt welding elbows*, dan data properti yang digunakan adalah data *titanium alloy* (Ti-6Al-4V) sesuai ASTM B265.
4. Dimensi model dibuat berdasarkan data ASME B16.9 untuk *pipe bend* dengan ketebalan yang dianggap seragam di seluruh bagiannya.
5. Tipe elemen yang digunakan dalam penelitian ini adalah SHELL181 dan BEAM 4.

D. Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan, terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka, berisi tentang teori dan parameter-parameter yang berhubungan dengan penelitian. Bab III Metode Penelitian, berisikan tentang pemodelan dan tata kerja analisis elemen hingga. Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisikan data-data yang didapat dari hasil penelitian dan pembahasannya. Bab V Simpulan dan Saran, berisikan tentang simpulan yang dapat ditarik serta saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian.