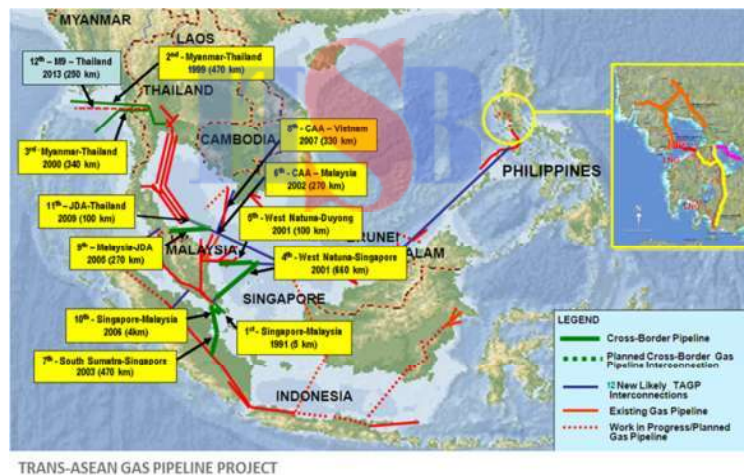


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Industri minyak dan gas hingga saat ini masih menjadi salah satu industri yang memegang peranan penting di Indonesia. Peran penting tersebut dimasa mendatang akan menunjang kesinambungan pembangunan, baik sebagai salah satu andalan utama penghasil devisa dan juga sebagai pemasok kebutuhan energi dalam negeri yang memacu roda perekonomian. Kebutuhan minyak di dunia terus meningkat dari tahun ke tahun. Lebih dari 38 juta rumah dan industri serta berbagai pelayanan penting lainnya bergantung pada minyak dan gas bumi sebagai sumber energi yang dilayani oleh 800.000 mil jaringan transmisi pipa^[1].



Gambar 1.1 *Trans-Asean Pipeline Project*

(Sumber : <http://theenergycollective.com/benisuryadi/261811/news-natuna-now-hope-asean>)

Jaringan pipa penyalur menjadi penting keberadaannya dalam industri minyak dan gas, hal ini dikarenakan pipa penyalur berperan sebagai media dalam proses produksi hingga penyaluran. Jaringan pipa penyalur merupakan komponen penting dari infrastruktur modern yang meningkatkan kualitas hidup dan kekuatan ekonomi. Dengan cadangan minyak dan gas yang tersebar merata di beberapa pulau Indonesia, maka hal tersebut menjadi

tantangan tersendiri dalam proses instalasi pipa jaringan yang melalui lintas darat (*onshore*) dan laut/lepas pantai (*offshore*).

Pipa dengan material baja karbon adalah jenis pipa yang paling banyak digunakan untuk sistem pipa jaringan. Pipa jaringan yang beroperasi di *onshore* biasanya dipendam didalam tanah agar tidak terganggu oleh aktivitas daratan sehingga operasi pipa dapat berjalan dengan lancar. Selain itu, dengan kondisi geografis Indonesia yang beraneka ragam serta banyaknya gunung berapi yang masih aktif yang mengelilingi kawasan negeri ini (*ring of fire*) mengakibatkan pipa jaringan *existing* rentan terhadap kegagalan akibat bencana alam yang mengakibatkan pergeseran tanah. Pergeseran tersebut akan berbahaya apabila besarnya gaya yang terjadi melebihi batas luluh material pipa yang ada didalamnya, sumber utama pembebanan yang memungkinkan terjadinya deformasi plastik adalah *cold bending* yang terjadi selama instalasi dan pergerakan tanah, serta beban termal dan beban lainnya selama operasi^[2]. Hal serupa berpengaruh pula pada pipa jaringan yang beroperasi di *offshore*, hal tersebut terjadi pada saat instalasi dilakukan yakni proses berupa penguluran, penggulangan dan proses pengelasan ditambah lagi dengan adanya tekanan akibat gelombang bawah laut. Hal demikian memungkinkan terjadinya *pre-strain* pada material baja, karena saat diaplikasikan struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar yang dapat menimbulkan tegangan - tegangan sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk, fenomena ini berlangsung seiring dengan berjalannya operasi penyaluran minyak dan gas dalam kondisi temperatur operasi dan lingkungan disekitarnya. Selain itu, pengaruh dari *cold rolling* saat fabrikasi baja dan *bending* saat pengelasan dalam proses pembentukan lembaran menjadi pipa, pergerakan tanah (*land slide/ground moovement*), gempa bumi, *reeling*^[3,4] dapat menyebabkan terjadinya deformasi plastis berupa pra-regangan.

Komponen mekanik atau material yang mendapat beban yang berlebihan atau dalam jangka waktu yang lama akan mengalami kerusakan (patah, retak, dan

lain-lain)^[5]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan mengenai penuaan regang pada material yang biasa digunakan sebagai pipa penyalur dalam industri yaitu API 5L B dan API 5L X65, baja API 5L B lebih rentan terhadap penuaan regang dari pada baja API 5L X65. Hal ini direpresentasikan oleh peningkatan kekuatan luluh sebesar 48% - 59 % pada baja API 5L B dan 17% - 24% pada baja API 5L X65 yang telah mengalami penuaan regang. Selain itu juga terjadi peningkatan kekuatan tarik pada baja API 5L B sebesar 10% - 14% dan baja API 5L X65 sebesar 4% - 9%. Sementara itu terjadi penurunan keuletan pada baja API 5L X65 menjadi 44% - 76% dan baja API 5L B menjadi 57% - 75% dari elongasi pada kondisi *as received* ^[6].

Penelitian lainnya juga telah dilakukan mengenai perilaku penuaan regang terhadap sifat mekanis baja API 5L X65 dan API 5L B dengan variasi waktu *aging* dan temperatur (Rizky Hidayat, 2014), penelitian tersebut menunjukkan perubahan sifat mekanis yang lebih signifikan pada baja API 5L B dibandingkan baja API 5L X65, yaitu peningkatan kekuatan luluh, kekuatan tarik, dan kekerasan, serta penurunan elongasi dan ketangguhan, dimana penuaan regang menyebabkan perubahan terhadap sifat mekanis baja API 5L X65 dan API 5L B, secara berturut-turut yaitu peningkatan kekuatan luluh sebesar 18.12% - 21.6% dan 42.13% - 47.08%, peningkatan kekuatan tarik sebesar 6.5% - 8.95% dan 9.28% - 11.49%, penurunan elongasi 63.98% - 72.68% dan 62.71% - 71.35% dibandingkan kondisi *as received*, serta penurunan ketangguhan menjadi 70.28% - 78.51% dan 70.9% - 78.8% dibandingkan kondisi *as received* ^[7].

Selain terjadi *pre-strain* kemungkinan hadirnya cacat akibat proses fabrikasi, instalasi, maupun akibat korosi pada baja juga perlu dipertimbangkan^[4] sebagai pengaruh atas sifat mekanis yang dimiliki, maka dari itu pada penelitian ini akan menguji pengaruh hadirnya cacat terhadap tegangan maksimum baja API 5L B dan API 5L X65. Hadirnya cacat dan *pre-strain* telah diuji^[3] dengan menggunakan metode CTOD, hasilnya menunjukkan nilai CTOD menurun dengan meningkatnya *pre-strain*, sifat Mekanis baja

API 5L X65 yang di beri *pre-strain* digunakan untuk mempersiapkan *Failure Assessment Diagram* (FAD) untuk memastikan integritas struktural dan memprediksi umur sisa secara akurat^[8].

Atas dasar itu, diperlukan pengujian yang merepresentasikan kondisi hadirnya cacat sebagai upaya untuk mengetahui sifat mekanis material pipa API 5L B dan API 5L X65. Pengujian telah dilakukan secara eksperimental untuk melihat perbedaan sifat mekanis dari kedua material (API 5L B dan API 5L X65) kemudian nilai tegangan maksimum hasil eksperimental dijadikan nilai *input* pembebanan dengan simulasi yang bertujuan untuk melihat tegangan maksimum yang terjadi pada ujung takikan (*notch*) menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*), pembebanan yang dilakukan berupa pembebanan tarik pada model spesimen *gauge length*) yang telah diberi pra-regangan (*pre-strain*) dengan penambahan variasi hadirnya cacat berupa takikan (*notch*) yang kedalamannya berbeda – beda, sifat mekanis material yang telah di pra-regang tanpa cacat dimasukkan sebagai parameter bahan dalam *software*.

Pengaruh tegangan di ujung retak dinilai penting karena berpengaruh besar terhadap ketangguhan retak^[4]. Tegangan maksimum yang terjadi pada suatu material akan menimbulkan konsentrasi tegangan terbesar disekitar daerah tersebut dan material yang mendapat konsentrasi tegangan sering terjadi kerusakan (bengkok atau patah)^[5]. Simulasi yang dilakukan menggunakan *Finite element Method* adalah untuk membandingkan nilai tegangan maksimum di ujung takikan (*notch*) dengan nilai tegangan maksimum menggunakan pendekatan analitik, serta untuk memberikan informasi tentang tegangan *failure* yang berpengaruh pada material pipa API 5L B dan API 5L X65 akibat pembebanan proses fabrikasi, instalasi dan bahaya yang bersumber dari bencana alam.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan antara lain :

- a. Mempelajari dan menganalisis pengaruh cacat pada material pipa API 5L B dan API 5L X65 yang mengalami pra-regangan.
- b. Melakukan simulasi pembebanan untuk melihat konsentrasi tegangan pada material API 5L B dan API 5L X65 yang mengalami pra-regangan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (*finite Element Method*).
- c. Membandingkan hasil konsentrasi tegangan antara pendekatan analitik dengan *finite element method (FEM)* dan menghitung zona plastis menggunakan pendekatan analitik.

1.3 Rumusan Masalah

Bagaimanakah pengaruh cacat terhadap konsentrasi tegangan material pipa API 5L B dan API 5L X65 yang mengalami pra-regangan dan nilai konsentrasi tegangan melalui permodelan menggunakan *Finite Element Method*.

1.4 Ruang Lingkup

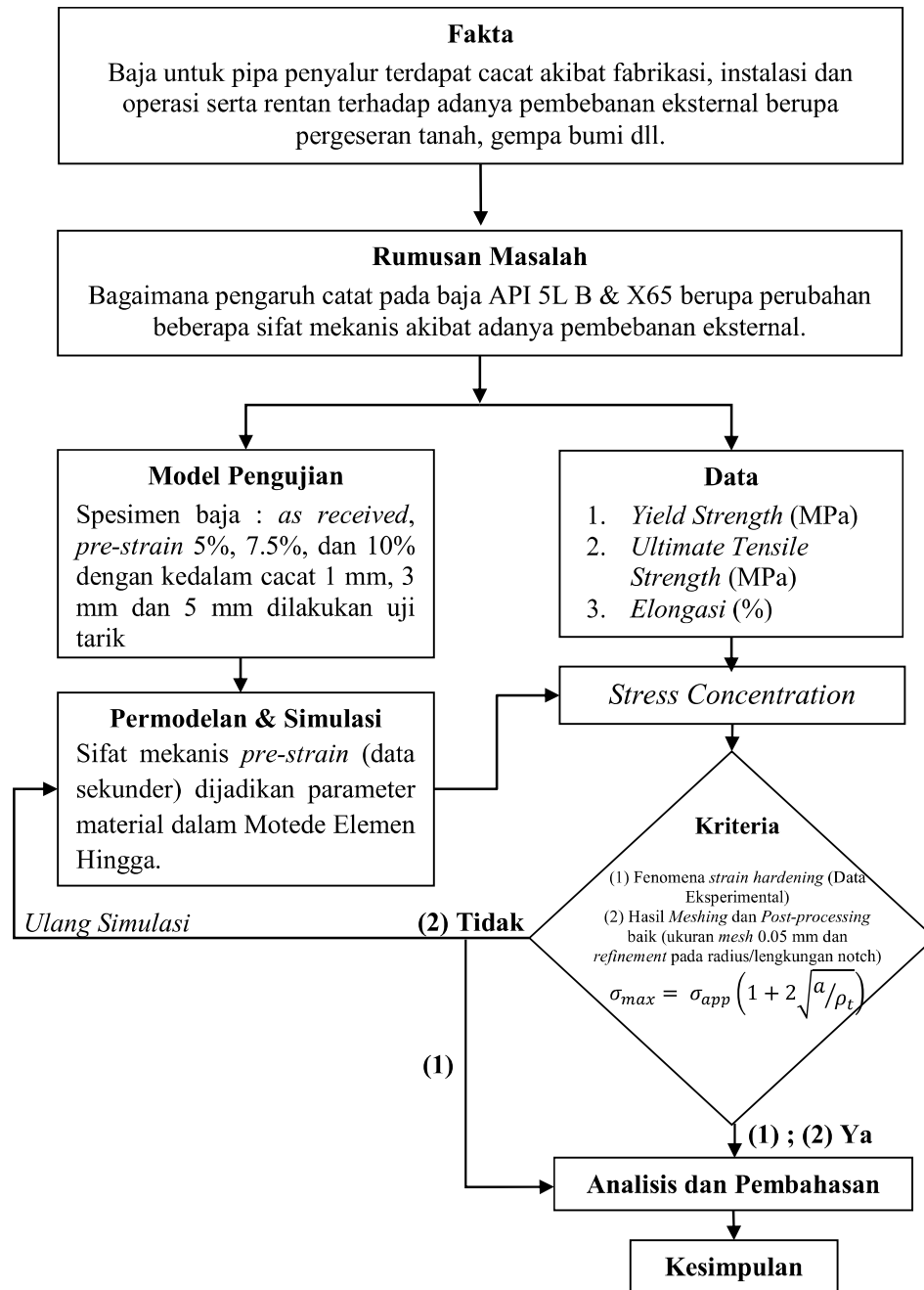
Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian yang telah dilakukan adalah pengujian tarik secara eksperimental dan pemodelan menggunakan *Finite Element Method*.
- b. Variabel pengujian adalah perlakuan pra-regangan (*pre-strain*) dan kedalaman cacat pada dua jenis material yaitu API 5L B dan API 5L X65.

1.5 Metodologi Penelitian

Pada subbab ini dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang merupakan kerangka berpikir dalam penelitian tugas akhir. Kerangka berpikir tersebut ditunjukkan secara skematik pada gambar 1.2, dalam skematik tersebut berisi mengenai fakta berupa rentannya baja terhadap beban eksternal apabila

terdapat cacat akibat proses fabrikasi, instalasi serta operasi. Dari fakta dirumuskan bahwa cacat adalah salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku material terhadap pembebanan dan kondisi lain yang berhubungan dengan keamanan suatu struktur atau komponen yang beroperasi.



Gambar 1.2 Skematik Metodologi Penelitian

Untuk mempelajari pengaruh cacat tersebut, maka dilakukan pengujian berupa uji tarik terhadap material API 5L B dan API 5L X65 yang diberikan perlakuan *pre-strain* dengan dan tanpa cacat berupa takikan. Pengujian tersebut menghasilkan data material yang telah mengalami *pre-strain* tanpa cacat yang selanjutnya digunakan untuk *input* data dalam *software*, sedangkan material yang mengalami *pre-strain* dengan cacat berupa takikan menghasilkan data sifat mekanis berupa *yield strength*, *ultimate tensile strength*, dan elongasi. Data *ultimate tensile strength* digunakan untuk menghubungkan pengaruhnya terhadap konsentrasi tegangan. Hasil dari pemodelan dan simulasi berupa konsentrasi tegangan (*stress concentration*) di ujung takik, data pengujian eksperimental berupa *ultimate tensile strength* dan *stress concentration* akan diolah menggunakan kriteria *strain hardening* untuk data eksperimental dan hasil *meshing* untuk hasil simulasi dengan pendekatan rumus Inglis dalam penentuan tegangan maksimum. Kriteria tersebut digunakan agar diketahui hubungan antar keduanya. data *ultimate tensile strength* langsung diproses ke tahap analisis dan pembahasan, sedangkan untuk pemodelan hasilnya harus diulangi apabila *meshing* kurang baik, apabila sudah baik maka dapat dilanjutkan untuk di analisis dan dilakukan pembahasan sehingga ditarik kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dibuat agar konsep penulisan tersusun secara berurutan sehingga didapatkan kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematika tersebut digambarkan dalam bentuk bab – bab yang saling berkaitan satu sama lain, dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan ini terdiri dari beberapa sub bab yang terdiri dari:

1. Latar belakang

Berisi tentang alasan yang melatarbelakangi topik/permasalahan yang akan diselesaikan.

2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berisi tentang tujuan yang akan dicapai dari penulisan tugas akhir ini.

3. Rumusan Masalah

Berisi mengenai apa yang akan dikerjakan dalam penelitian Tugas akhir yang menjadi pembahasan dalam penulisan laporan ini.

4. Ruang Lingkup

Berisi mengenai ruang lingkup pembahasan dalam tugas akhir ini.

5. Metodologi Penelitian

Berisi alur penelitian untuk mendapatkan data yang akan diolah.

6. Sistematika Penulisan

Berisi penjelasan singkat isi laporan yang dijelaskan apa yang dibahas tiap bab secara umum.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori–teori yang berkaitan serta menunjang penelitian/penulisan untuk memecahkan permasalahan, sehingga dapat diperoleh pengertian dan pengetahuan yang menunjang analisa permasalahan dalam penelitian ini.

BAB III DATA, PEMODELAN DAN HASIL SIMULASI

Menjelaskan data yang didapat untuk dilakukan analisa dan sebagai masukkan dalam *software*, serta menjelaskan langkah – langkah pemodelan yang dilakukan hingga mendapatkan data yang dibutuhkan dan selanjutnya diolah agar menjadi informasi yang dapat dibaca dan dianalisis.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi mengenai hasil pengolahan data beserta analisisnya.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini terdiri dari simpulan dan saran:

a. Simpulan

Menjelaskan inti jawaban dari masalah yang menjadi tujuan penelitian berdasarkan hasil percobaan dan pembahasan.

b. Saran

Menjelaskan saran – saran pada beberapa hal yang belum dapat diatasi dalam penelitian ini, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.