

ANALISIS SENSITIVITAS PADA PIPA BESI COR DENGAN RETAKAN KEARAH MELINGKAR PIPA

Gunawan⁽¹⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang – Prabumulih km 32, Inderalaya
Telp. (0711) 580272, gunmesinunsri@gmail.com

Ringkasan

Efek tekanan dalam pipa pada laju kebocoran dari dalam pipa yang merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kebocoran masih belum dipahami secara memadai. Pada penelitian ini dilakukan pada kasus tegangan uni-axial dan bi-axial dengan metode elemen hingga pada pipa dengan arah retak melingkar. Laju aliran retakan dihitung dengan persamaan torricolli. Komponen eksponensial retakan untuk tegangan uni-axial akan menurun jika panjang retakan meningkat. Sedangkan pada tekanan bi-axial, terjadi sebaliknya. Sehingga retakan akan cenderung membuka jika panjang retakan bertambah dan retakan arah melingkar yang panjang akan memiliki luas permukaan yang lebih untuk membuka retakan.

Abstract

Effect of pressure in the pipe at the rate of leakage from the pipe which is one of the main factors affecting the leak still not adequately understood. In this study conducted in the case of uni-axial stress and bi-axial with finite element method to pipe with a circumferential cracks. Flow rate of crack calculated by the equation torricolli. Exponential component crack for uni-axial tension will decrease if the crack length increases. While the bi-axial pressure, the opposite occurred. So that cracks will tend to open when the crack length increases and the crack length direction of the circular will have more surface area to open the cracks.

Keywords : pipe, circumferential, crack

1. PENDAHULUAN

Efek tekanan dalam pipa pada laju kebocoran dari dalam pipa yang merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kebocoran masih belum dipahami secara memadai. Hal ini karena kompleksitas penyebab kebocoran pada pipa. Beberapa factor yang mempengaruhi awal kebocoran adalah adanya peningkatan tekanan, efek dari kondisi tanah di sekitar pipa, dan kondisi aliran laminar melalui bukaan bocor sangat kecil, yang akan mempengaruhi tingkat kebocoran.

UKWIR (2005), menunjukkan laju kegagalan rata-rata tiap tahun pada berbagai macam pipa tiap 100 km. Pada penelitian ini menunjukkan pipa yang terbuat dari besi cor memiliki laju kebocoran yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lainnya.

Salah satu jenis kebocoran yang sering terjadi adalah kebocoran karena retak melingkar (circumferential) pada pipa yang dikombinasi dengan korosi seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kombinasi kegagalan melingkar dan korosi

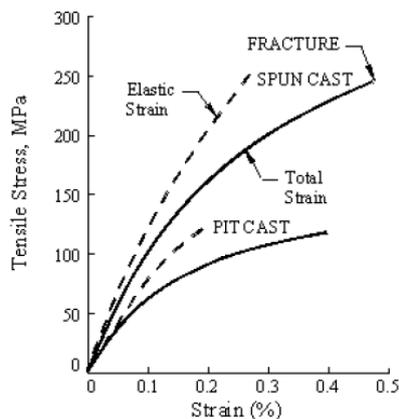
Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari pengaruh panjang retakan terhadap eksponensial laju retakan pada retakan arah melingkar pipa

2. KAJIAN PUSTAKA

Setiap material memiliki batas tegangan yang dapat ditahan material hingga material tersebut akan mengalami deformasi plastis. Perilaku Tegangan-regangan dari besi cor menunjukkan perilaku rapuh tanpa titik luluh dan tiba-tiba patah pada kegagalan. Akibat tegangan yang terjadi, terdapat

perilaku elastic yang tidak sempurna untuk setiap nilai tegangan.

Besi cor mengalami sejumlah regangan plastik akibat pembebanan. Tipikal kurva tegangan-regangan besi cor ditunjukkan pada Gambar 2. Kurangnya perilaku elastis besi cor jelas terlihat dari non-linearitas dari kurva regangan elastis. Perilaku yang rapuh besi cor ini menunjukkan kegagalan terjadi pada regangan aksial dengan nilai yang relatif rendah (Molnar, 2004).



Gambar 2. Diagram Tegangan-Regangan besi cor

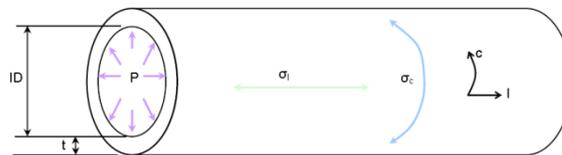
Besi cor (cast iron) adalah paduan dari besi dan carbon dengan carbon lebih dari 2 percent dan beberapa percent silicon dan mangan. Besi karbon memiliki kecenderungan untuk patah getas, kecuali beberapa paduan menunjukkan perilaku yang sebaliknya. Salah satu keuntungan pipa dari besi cor adalah tingkat bahaya kebakaran yang rendah karena tidak mudah terbakar, memiliki kekakuan yang baik untuk mengurangi defleksi pada dinding pipa, memiliki umur yang lama, biaya produksi yang rendah dan memiliki tingkat keausan yang baik serta kekerasan yang tinggi.

Pada saat ini, BSI (2000) adalah salah satu prosedur assessment yang sering digunakan pada rekayasa pipa. Prosedur ini analisis umumnya didasarkan pada respon elastic global dan tidak mempertimbangkan deformasi plastis yang besar yang mungkin terjadi. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pengecualian penggunaannya pada kasus deformasi plastis yang besar.

Selain itu, pada prosedur ini jugatidak dapat memprediksi batas regangan aman untuk kendisi regangan yang tinggi untuk tegangan internal. Pada aplikasi praktis dipercayai metodologi bahwa berdasarkan regangan memiliki potensi untuk meningkatkan prediksi mekanisme kegagalan material. Metodologi prediksi berdasarkan regangan mempercayai bahwa penghitungan peluang regangan yang mungkin terjadi akibat pembebanan akan memberikan informasi dasar terhadap reliabilitas struktur.

Kebocoran pada pipa pada pipa yang menghasilkan kebocoran dan kemudian patah disebabkan oleh

factor tegangan dan korosi yang terjadi pada ipa. Seica (2004) meneliti pengaruh korosi pada pipa yang terbuat dari besi cor yang mengalami korosi pada beberapa variasi pembebanan, pada metode yang digunakan menunjukkan analisis numeris menggunakan perilaku linear elastic tidak dirrekomendasikan karena akan memberikan hasil yang kurang baik pada pemodelan besi cor.



Gambar 3. Tegangan pada pipa

Akibat adanya tekanan dari dalam pipa akan menghasilkan tegangan melingkar dan tegangan longitudinal pada pipa, seperti terlihat pada gambar 3.

Dimana tegangan longitudinal

$$\sigma_l = \frac{PD}{4t} \tag{1}$$

Dan tegangan melingkar (circumferensial)

$$\sigma_c = \frac{PD}{2t} \tag{2}$$

Persamaan diatas valid untuk pipa yang memiliki jarak yang jauh dengan diskontinuitas yang menyebabkan factor konsentrasi regangan. Factor konsentrasi regangan terjadi pada awal dan akhir pada pipa. Tegangan pada suatu titik tidak dapat ditentukan secara terpisah dari persamaan keseimbangannya. Salah satu metode yang paling maju dalam menentukan tegangan ini adalah dengan menggunakan metode elemen hingga.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan metode elemen hingga pada pipa besi cor yang mangalami retakan kearah melingkar pipa. Properties material yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini,

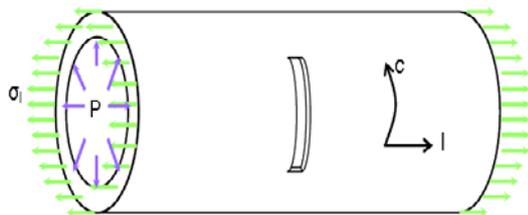
Tabel 1. Material Propertis Besi Cor

No	Propertis	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis	GPa	100
2	Poison Ratio		0.21
3	Yield Strength	MPa	207
4	Allowable Stress	MPa	52

Sumber : Thomas, 2002

Kemudian dilakukan analisis tegangan statis dengan menggunakan perilaku linear dan nonlinear material.

Pembebanan yang diberikan terlihat pada gambar dibawah ini :



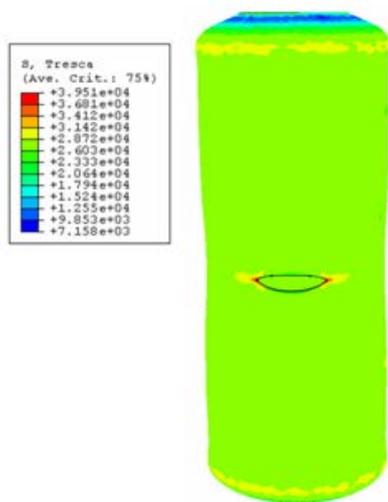
Gambar 4. Pembebanan pada pipa

Pada penelitian ini dilakukan pada kasus tegangan uni-axial dan bi-axial. Laju aliran retakan dihitung dengan persamaan Torricelli sebagai berikut

$$Q = C_d A (2gh)^{0.5} \quad (3)$$

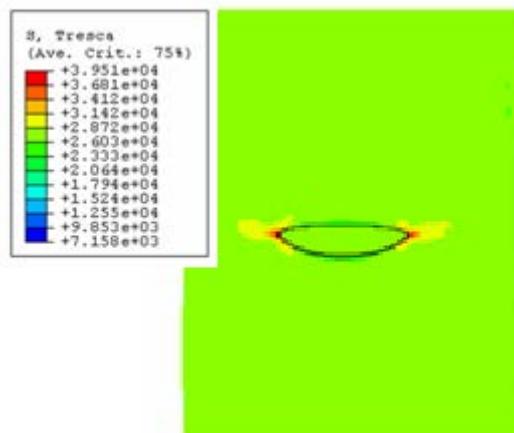
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis FEM akibat beban internal pada pipa yang mengalami retakan kearah melingkar dapat dilihat pada gambar dibawah ini



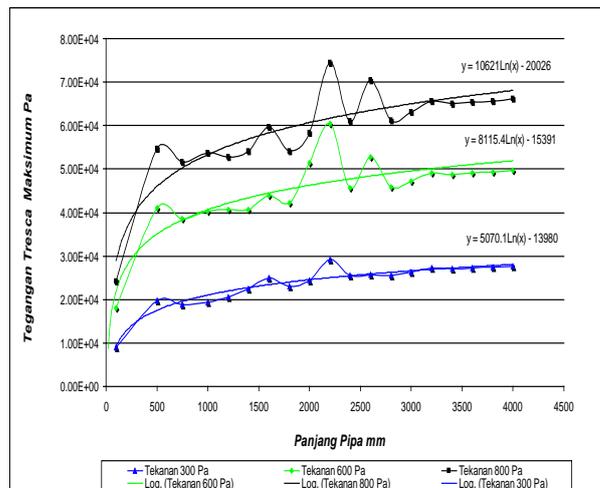
Gambar 5. Distribusi Tegangan pada Model

Distribusi tegangan disekitar retakan dapat dilihat pda gambar 6. berikut ini :



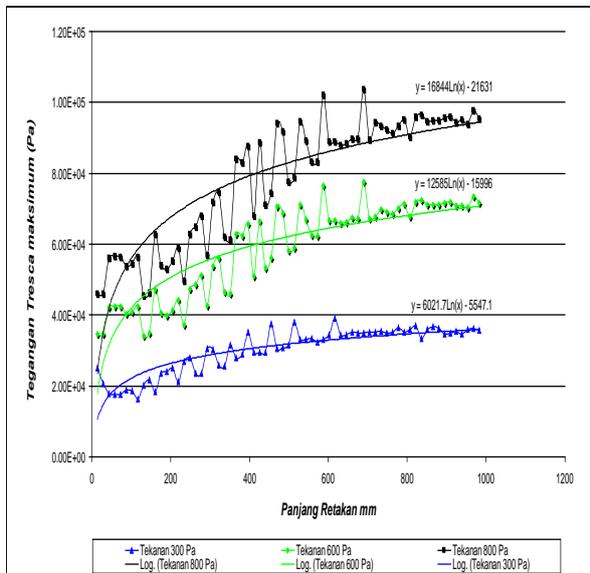
Gambar 6. Distribusi Tegangan disekitar retakan

Kecendrungan tegangan Tresca maksimum pemodelan pipa dengan panjang ukuran pipa yang bervariasi menunjukkan bahwa semakin panjang ukuran dimensi panjang pipa maka tegangan tresca maksimum yang terjadi semakin meningkat hingga sampai ukuran panjang tertentu tegangan yang terjadi cenderung memiliki konvergensi yang relative linear dibandingkan dengan ukuran pipa yang lainnya dan pada ukuran yang lebih kecil nilai tegangan yang terjadi relative sama untuk semua ukuran pipa seperti pada gambar 7.



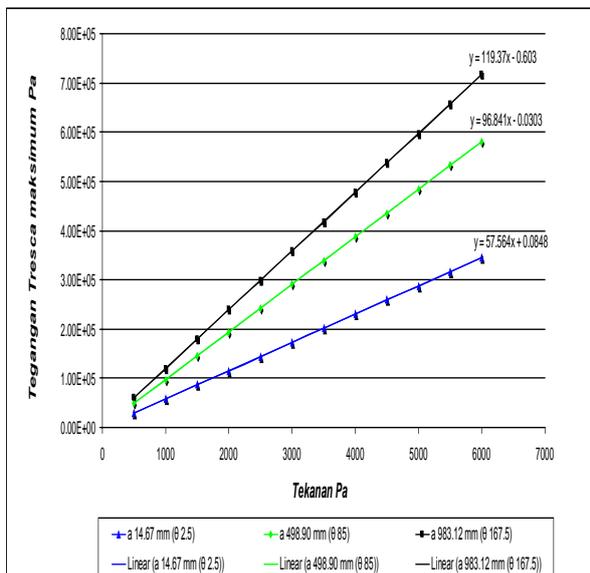
Gambar 7 Grafik konvergensi panjang Pipa

Untuk mempelajari pengaruh panjang retakan terhadap tegangan Tresca yang terjadi pada pipa, maka dilakukan pemodelan dengan memvariasikan ukuran panjang retakan pipa pada tekanan 300, 600, dan 800 Pa. Adapun hasil pengujian seperti yang di tunjukkan pada pada gambar 8 berikut ini,



Gambar 8. Analisis konvergensi tegangan-elemen

Grafik diatas merupakan data hasil Analisis yang memperlihatkan pengaruh Panjang retakan pipa terhadap nilai Tegangan Tresca maksimum yang terjadi, pada sumbu X merupakan Dimensi Panjang retakan Pipa dan sumbu Y nilai tegangan Tresca maksimum, pada pengujian ini dibuat variasi panjang retakan pipa pada tekanan 300, 600, dan 800 Pa. Kecenderungan grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar ukuran dimensi panjang retakan Pipa maka kecenderungan tegangan Tresca yang terjadi akan semakin meningkat



Gambar 9. Grafik efek tekanan terhadap tegangan Tresca maksimum

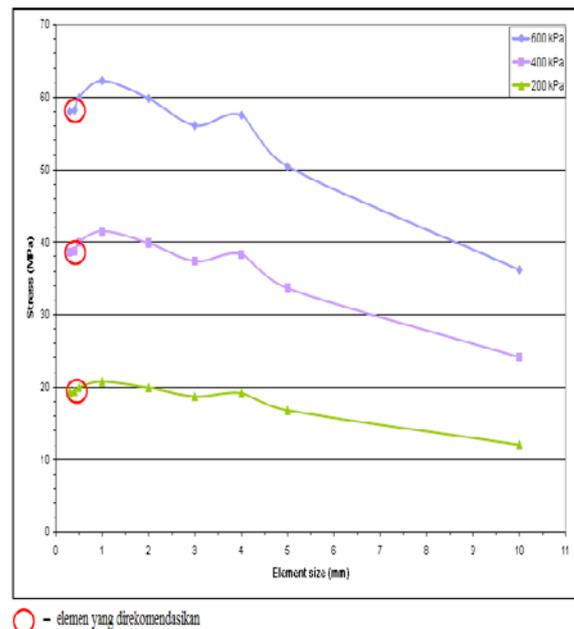
Efek tekanan dalam pipa pada laju kebocoran dari dalam pipa yang merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kebocoran, maka dalam penelitian ini kita akan melakukan analisis efek tekanan didalam pipa terhadap tegangan Tresca maksimum yang terjadi, analisis efek tekanan ini dilakukan pada tiga titik yaitu pada Panjang retakan

Pipa 14,66, 484,21 dan 986,44 mm kemudian pipa diberi tekanan yang bervariasi dari tekanan 500, 1000, hingga 6000 Pa dengan range 500 Pa pada gambar 8.

Menurut teori Kriteria luluh Tresca menyatakan bahwa luluh (*yielding*) di prediksi akan terjadi bila tegangan geser maksimum akibat pembebanan eksternal mencapai sebuah harga kritis, Berdasarkan teori kriteria tresca dan hasil analisis yang dilakukan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Tegangan Tresca maksimum terjadi pada daerah ujung retakan pipa, pada daerah ini terjadinya konsentrasi tegangan yang merupakan awal penyebab terjadinya kerusakan pada pipa karena tegangan tresca pada daerah ini mendekati tegangan yield (σ_y)

Untuk melihat sensitivitas pipa yang mengalami retakan pada arah melingkar akibat perbedaan temperature dengan panjang retakan 30 mm dapat dilihat pada gambar 10.

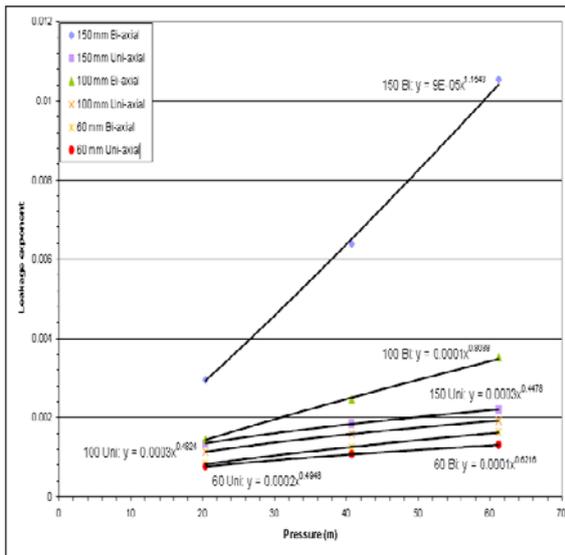
Dari gambar 10 terlihat bahwa terdapat fenomena yang sama untuk ketiga tekanan sehingga, tekanan 600 kpa mampu digunakan untuk mewakili analisis pipa pada tekanan rendah



○ - elemen yang direkomendasikan

Gambar 10. Analisis sensitivitas pada pipa pada beberapa tekanan

Kemudian dengan menggunakan persamaan Torricelli diperoleh laju retakan seperti pada gambar 11. Harga dari kedua jenis pembebanan (uni dan bi – axial) memiliki nilai yang berdekatan untuk retakan yang pendek, tetapi sebaliknya untuk retakan yang panjang. Sehingga pada retakan yang panjang akan cenderung membuka retakan.



Gambar 11. Grafik laju retakan untuk panjang retakan 50 s.d 150 mm

5. KESIMPULAN

Komponen eksponensial retakan untuk tegangan uni-axial akan menurun jika panjang retakan meningkat. Sedangkan pada tekanan bi-axial, terjadi sebaliknya. Sehingga retakan akan cenderung membuka jika panjang retakan bertambah dan retakan arah melingkar yang panjang akan memiliki luas permukaan yang lebih untuk membuka retakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] BSI, (2000), Guide methods for assessing acceptability of flaws in metallic structures, BS 7910, British standards Institution
- [2.] Molnar, K. M., Finno, R. J., Rossow, E. C., (2004), *Analysis of effects of deep braced excavations on adjacent buried utilities*, <http://www.iti.northwestern.edu/publications> (10 October 2009)
- [3.] Seica, M. V., Packer, J. A., (2004), *Finite element evaluation of the remaining mechanical strength of deteriorated cast iron pipes*, Journal of Engineering Materials and Technology **126** 95-102
- [4.] Thomas, A. H. (2002), *Cast Iron Soil Pipe - The Industry Standard*, Cast Iron Soil Pipe Institute, http://www.abifoundry.com/iron_v_plastic.htm (1 December 2009)
- [5.] Timoshenko, S., Goodler, J. N., (1951), *Theory of Elasticity, 2nd ed.*, New York, McGraw-Hill.
- [6.] UKWIR, 2005, *Nationally Agreed Failure Data And Analysis Methodology For Water Mains: Vol II – Protocol For The Capture And Reporting Of Data On Mains Failures*, Report number 03/RG/05/8.