

## Analisis Struktur Model F.E.M. dalam Merancang dan Mengembangkan *Repair Pipe Clamp* Produksi Dalam Negeri

Danardono AS., Tresna P. Soemardi, Tarwa

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Email : danardon@eng.ui.ac.id

### A b s t r a k

*Masalah penyambungan untuk mengatasi kebocoran pipa menggunakan Collar PVC atau DCI maupun Universal Coupling sering mengalami kendala/hambatan dilapangan. Suatu model clamp (penjepit) pipa bocor telah dirancang untuk mengantisipasi masalah pemasangan tersebut mengikuti tahapan metode yang dikembangkan oleh Kart.T Ulrich. Pendekatan dilakukan dengan model yang dikembangkan berbantuan suatu simulasi FEM (ANSYS Flotran) dalam menganalisis struktur model suatu klem pipa aluminium untuk kemudian dipabrikasi dan diujikan dalam skala laboratorium. Hasil Pengujian ternyata tidak berbeda jauh dengan hasil simulasi tsb.*

Kata kunci : *Klem Pipa, Pemilihan Bahan, Modelisasi FEM*

### Pendahuluan

Produksi air bersih untuk daerah Jakarta sebanyak 60% tergantung dari pasokan air baku waduk Jatiluhur yang dialirkan melalui kali Tarum Barat. Tingkat kehilangan air berdasarkan data pada bulan february 2002 sebesar 47 % yang disebabkan oleh bocornya pipa distribusi serta sambungan ilegal pipa dinas (*housing connection*) serta tindakan antisipasi penanggu-langan kebocoran yang masih sangat lamban. Salah satu alat untuk penanganan kebocoran adalah klem pipa. Alat sederhana yang selama ini sering digunakan dilapangan secara rancang bangun sudah memadai, namun masih kurang praktis dan cukup mahal. Dalam penelitian ini telah dikembangkan suatu model klem yang kemudian dilakukan simulasi analisis struktur untuk menghasilkan rancangan yang lebih murah dan mudah untuk dioperasikan. Hasil simulasi struktur dapat menghasilkan dimensi yang sebenarnya, dimensi tersebut sebagai dasar untuk pembuatan prototipe untuk kemudian dilakukan pengujian secara laborato-rium.

### Pemilihan Bahan Melalui Simulasi

#### 1. Tahap konseptual

Penggunaan metode analisis diarahkan hanya untuk mendapatkan perkiraan mengenai pemecahan problem. Tahapan konseptual ini dilakukan beberapa tinjauan dan pendekatan antara lain : tinjauan standard, tinjauan paten dan pendekatan proses manufaktur .

#### 2. Tahap Mewujudkan (*embodiment*)

Solusi-solusi diatas hanya dapat dikembangkan secara dasar mulai dari bentuk dan geometri yang lebih terarah untuk mendapatkan subset material. Berdasarkan standard material yang disarankan adalah tahan korosi dan mampu menahan tekanan air yang diakibatkan oleh pipa bocor material tersebut adalah silver, titanium, stainlesssteel dan alumunium.

#### 3. Tahap Detail

Pada tahapan detail/rinci akan sangat berhubungan dengan proses detail desain yang akan dilakukan dan nilai ekonomis/harga dari material yang dipakai. Dalam tahapan proses desain, analisis detail tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan elemen hingga dengan mempertimbangkan properties dari masing-masing material.

Berdasarkan *constraint* diatas pengembangan produk repair clamp yaitu tahan korosi dan harga murah oleh karena itu ada beberapa material yang tahan terhadap korosi antara lain : *Silver*,

Titanium, Stainless steel, Alumunium dan baja alloys. Pelat merupakan bagian utama dari konstruksi repair clamp, karena pelat tersebut untuk menahan air yang mempunyai tekanan yang besar yang diakibatkan oleh kebocoran tersebut.

Kriteria pemilihan plat yang diharapkan antara lain: ringan, tahan karat, mudah dibentuk dan sebagainya. Dengan tahapan-tahapan pengujian sebagai berikut :

- Pengujian terhadap *strength and density*
- Pengujian terhadap *strength and relative cost*
- Pengujian terhadap tingkat korosi.

### Dimensi Produk awal

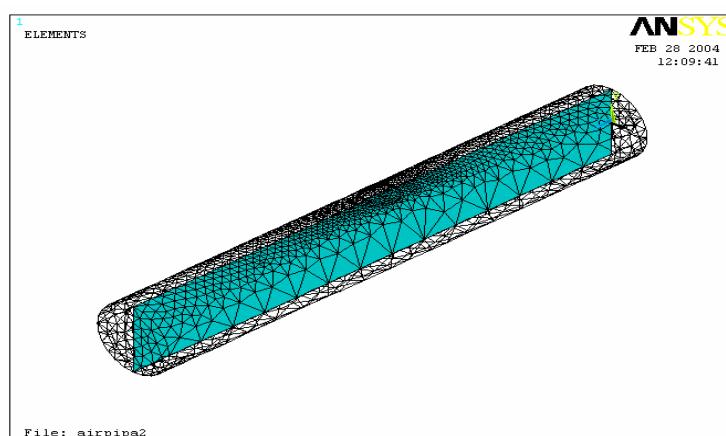
- Panjang plat : 200 mm
- Diameter plat : 60 mm
- Tebal Alternatif plat : 0,5 mm
- Panjang/tebal rib : 70/3 mm
- Panjang/tebal sayap : 200/3 mm
- Material : Alumunium
- tebal karet : 3 mm
- Proses Manufaktur : *Rolling* dan *Welding*

### Analisis aliran fluida pada pipa bocor

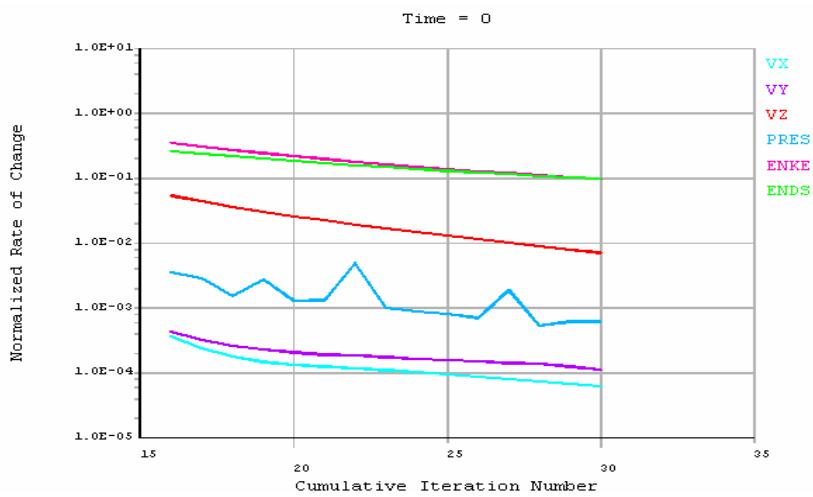
#### 1. Parameter Simulasi

Reynold number	: 59.890 pada tekanan 101 kPa.
Kecepatan Aliran	: 1,02 m/s
Temperatur	: 20 °C
Jenis Aliran	: Turbulen
Kondisi aliran	: Isothermal adiabatik
Densitas air	: 998,2 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas Dinamik	: 1,005 x 10 <sup>-3</sup> N.s/m <sup>2</sup>
Viskositas Kinematik	: 1,007 x 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s

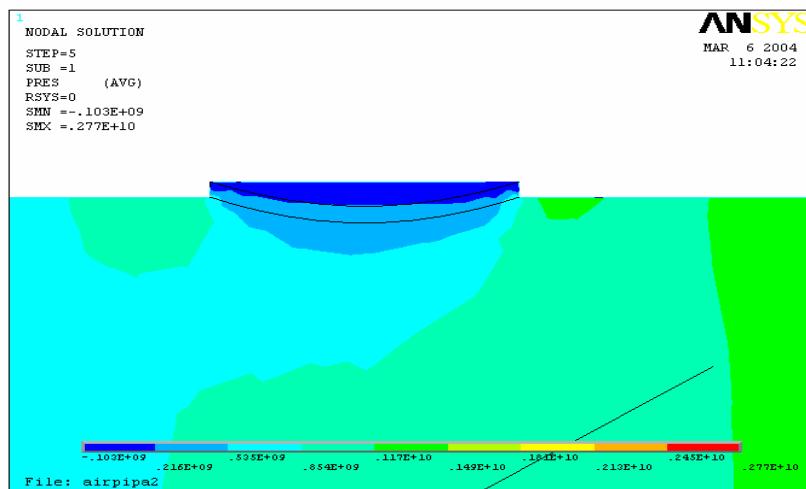
#### 2. Hasil Simulasi pada Daerah Kebocoran



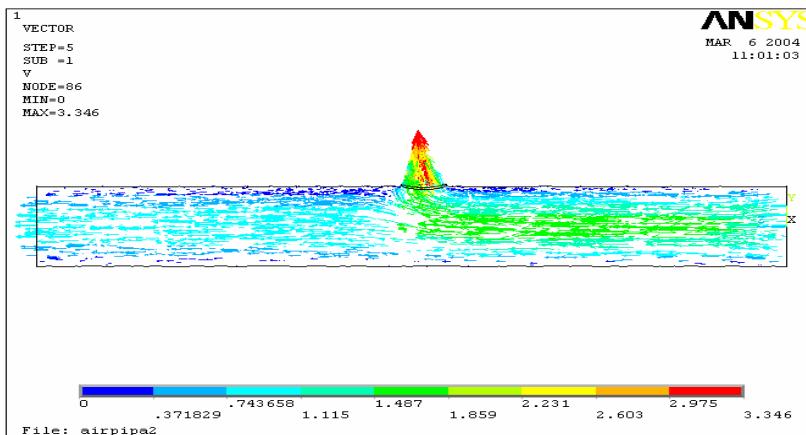
Gambar 1. *Meshing* pada Model Pipa



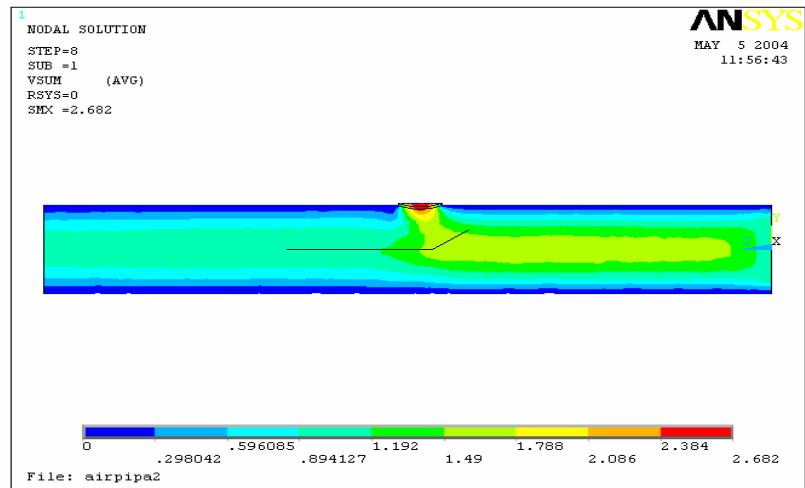
Gambar 2. Iterasi Hasil Perhitungan



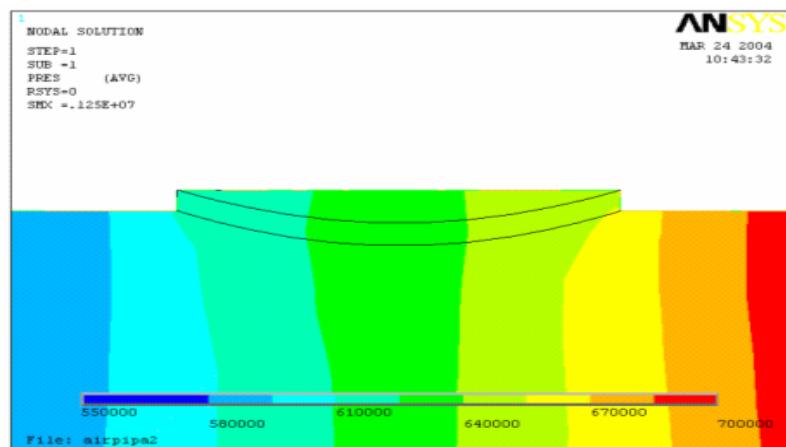
Gambar 3. Pembesaran Kontur Tekanan *slice* di lokasi Kebocoran



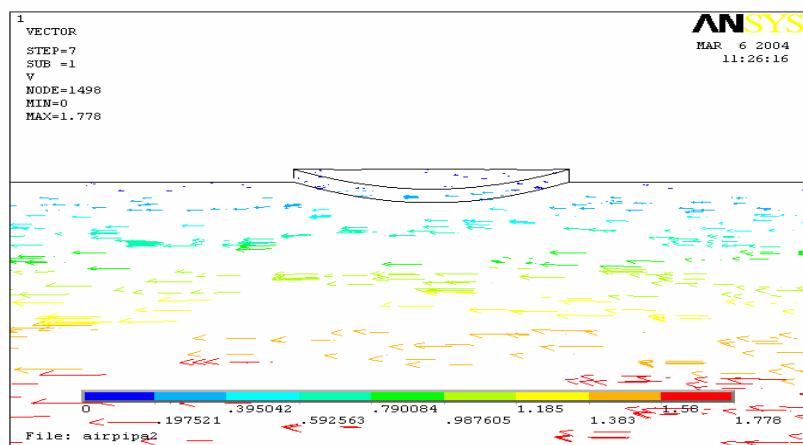
Gambar 4. Vektor Kecepatan *Slice* di lokasi kebocoran sebelum ditutup



Gambar 5. Profil Kecepatan *Slice* dilokasi Kebocoran setelah ditutup



Gambar 6. Kontur Tekanan *Slice* dilokasi kebocoran



Gambar 7. Vektor Kecepatan *Slice* dilokasi ke-bocoran yang telah ditutup

### **Analisis Hasil Simulasi**

- Diperlukan 30 iterasi untuk mencapai konvergenitas dalam perhitungan kecepatan
- Tekanan maksimum yang terjadi didaerah bocor yang telah ditutup dapat mencapai sekitar 670 kPa
- Tekanan maksimum ini akan dipakai pada uji penambalan pipa bocor untuk skala laboratorium.

### **Analisis Sistem Struktur dan Klem Pipa**

#### Parameter Simulasi

##### - Pipa Air Minum

Material	: Poly Vinyl Chloride
Elastic modulus	: $2.4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Poisson's ratio	: 0.35
Shear modulus	: $8.9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Mass density	: $1,200 \text{ kg/m}^3$
Tensile strength	: $5.1702 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Yield strength	: $2.0681 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Thermal exp. coefficient	: $5.2 \times 10^{-5}$ /Kelvin
Thermal conductivity	: 0.21 W/(m.K)
Specific heat	: 1500 J/(kg.K)

##### - Silinder Klem

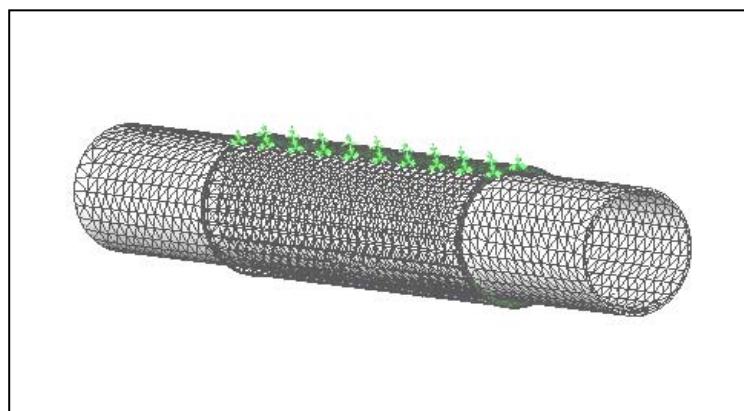
Material	: Aluminium
Elastic modulus	: $6.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Poisson's ratio	: 0.33
Shear modulus	: $2.7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Mass density	: $2,700 \text{ kg/m}^3$
Tensile strength	: $6.8936 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Yield strength	: $2.7574 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Thermal exp coefficient	: $2.4 \times 10^{-5}$ /Kelvin
Thermal conductivity	: 200 W/(m.K)
Specific heat	: 900 J/(kg.K)

##### - Karet Perapat

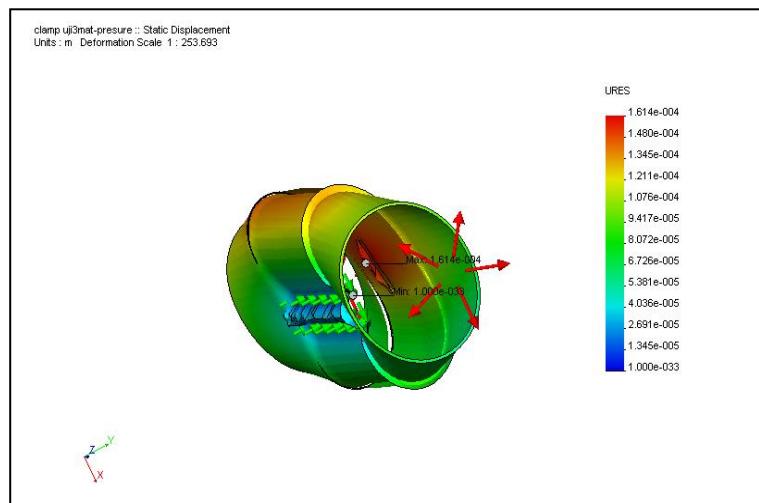
Material	: Rubber
Elastic modulus	: $6.1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Poisson's ratio	: 0.49
Shear modulus	: $2.9 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Mass density	: $1,000 \text{ kg/m}^3$
Tensile strength	: $1.3787 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Yield strength	: $9.2374 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Thermal exp. coefficient	: 0.00067 /Kelvin
Thermal conductivity	: 0.14 W/(m.K)

### **Simulasi Kekuatan Struktur pipa Setelah Pemasangan Klem dan Perapat**

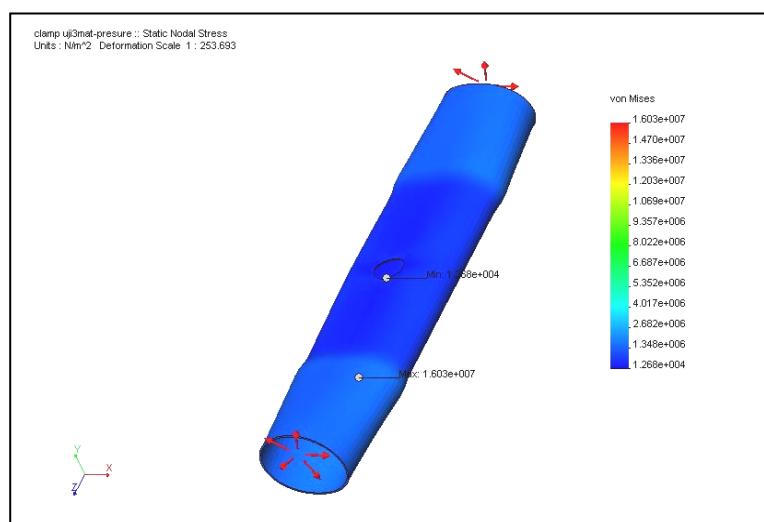
Simulasi model klem saat terpasang pada pipa dengan tiga komponen, yaitu pipa (PVC) Klem (alumunium), dan perapat (karet), dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Meshing Model Repair Clamp



Gambar 9. Static Displacement Klem Pipa akibat Tekanan Dalam Pipa



Gambar 10. Static Nodal Stress

### **Analisa Hasil Simulasi**

Analisis Faktor Keamanan ( *Factor of Safety* ) criteria yang dipilih adalah maksimum *Von Mises* dengan design goal sebagai berikut :

*Silinder clamp*

$$\text{Design Goal} = \frac{\vec{\sigma}_{\text{von.mises}}}{\sigma_{\text{limit}}} \langle 1$$

$$\text{Design goal} = \frac{1.60307 \times 10^7 \text{ N/m}^2}{2.6574 \times 10^7 \text{ N/m}^2} \langle 1 \\ = 0.58$$

Factor keamanan (FOS) = 1/design goal = 1/0.58 = 1.72

### Diskusi

Dari hasil perhitungan factor keamanan untuk silinder alumunium diketahui bahwa lebih besar dari 1 maka silinder tersebut aman untuk tekanan kerja maksimum 670 kPa. Dari analisis diatas diketahui bahwa silinder sudah aman terhadap keadaan yang paling kritis maka dapat diasumsikan bahwa karet hanya berfungsi sebagai perapat (*seal*) dan hanya meneruskan beban tekanan kerja. Sedangkan dari faktor keamanan tebal pelat alumunium masih dapat dibuat lebih tipis lagi sedangkan dari segi manufaktur tidak ekonomis oleh karena itu tebal 0.5 sudah maksimal.

### Kesimpulan

- 1) Klem pipa skala laboratorium diproduksi menggunakan plat alumunium tebal 0.5 mm dan mempunyai bobot sebesar 87,70 gram. Dengan faktor keamanan minimum 1.72 ternyata sudah cukup aman untuk kondisi kerja yang telah ditentukan pada spesifikasi produk sebelumnya.
- 2) Hasil rancangan karet perapat setebal 3 mm sudah cukup mampu untuk menahan laju kebocoran sesuai hasil simulasi dan pengujian laboratorium.

### Daftar Pustaka

- [1]. Agustinus J.N., 2002, "Perancangan dan Pengembangan Rumah Meter Air Linflow F-13 mm", *Tesis Magister Teknik PTTPP, FTUI, Depok*.
- [2]. Ashby M.F., 1988, "Material Selection in Mechanical Design", Eng. Dept., Cambridge, UK.
- [3]. Pahl G. and Beitz, 1984, "Engineering Design", The Design Council, London, and Springer, Berlin.
- [4]. Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, 1995, "Product Design and Development", The Mc Graw-Hill Internasional Edition.
- [5]. Lawrence H Van Vlack, 1985, "Elements of Materials Science and Engineering", 5<sup>th</sup> Edition, Addison Wesley Publishing Company, Reading, Mass, USA.
- [6]. American Water Works Association, 1996, "Water Transmission and Distribution", Second ed.