

## **ANALISA TEGANGAN *ELBOW SPIRAL INLET* PADA BEJANA TEKAN SIKLON PEMISAH UAP DAN AIR *GEOTHERMAL* MENGGUNAKAN ANSYS**

**Asbar Razali**

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam - Banda Aceh 23111  
E-mail: asbarrazali@gmail.com

### ***Abstract***

*Separating tool like cyclone is also used as a separator between steam and water in geothermal, which most of its vital components dominated from water and steam, The voltage analysis is necessary as a reference of integrated material when operating and distributing mechanical load received by object structure. This research is aimed to observe the level of safety occurred in inlet spiral elbow by using ANSYS. This research used SA-516 Gr. 70, SA 106 Gr.B, and SA 36 materials which are appropriate based on ASTM standard. The materials modeling used by using Solidworks 2013 software. The analyzing system used in this research is Static Structural by choosing the result of voltage analysis solution using von-mises and Total Deformation. The result showed that in cyclone separator of pressure vessel with pressure given 1.386 MPa gained the maximum voltage, 432,72 N/mm<sup>2</sup> and the distribution of maximum deformation was 5.099 mm.*

**Key words:** *stress analysis, elbow spiral inlet, pressure vessel, cyclone separator, finite element method*

### **PENDAHULUAN**

Ide siklon pertama kali dipatenkan oleh perusahaan *Knickerbocker Jackson*, di Amerika Serikat pada tahun 1886. Komponen digambarkan sebagai corong (kerucut terbalik) dengan penutup bagian atas dan tempat pengumpul di bagian bawah. Bagian atas penutup berbentuk silinder dan berfungsi sebagai *outlet* di bagian tengahnya. Komponen ini memiliki *inlet tangensial* di bagian atas corong. Komponen ini dirancang untuk menyaring serbuk-serbuk kayu dari hasil ekstraksi ketika sedang menggergaji [1].

Peralatan pemisah seperti siklon juga digunakan sebagai pemisah antara uap dengan air dalam bidang seperti pembangkit uap panas bumi (*geothermal*), yang sebagian besar komponen vital peralatannya didominasi oleh zat cair dan uap. Peralatan pemisah siklon memungkinkan antara pemisahan uap kering dan uap basah dari dua fasa uap panas bumi sehingga hanya uap kering yang telah dimurnikan dan tidak terkandung zat-zat lainnya yang digunakan untuk menjalankan turbin dan menghasilkan listrik.

Dalam proses pemisahan, tingkat keamanan komponen bejana tekan harus benar-benar terjamin, termasuk pada bagian proses *inletnya*. Untuk menunjang aspek sistem keselamatan sehingga didapatkan tingkat keamanannya maka digunakan standar ASME bagian VIII tentang bejana tekan sebagai dasar acuan perancangannya.

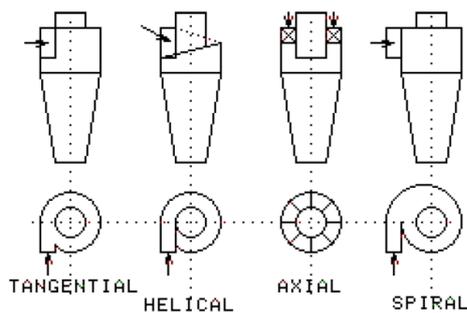
Penelitian ini bertujuan untuk melihat tingkat keamanan yang terjadi pada elbow spiral inlet dengan menggunakan ANSYS.

### **Siklon Separator**

Siklon *separator* adalah salah satu metode pemisahan partikel untuk fluida udara, gas, uap air tanpa menggunakan penyaring, hanya bergantung pada aliran *vortex* dan turbulensi yang terjadi di dalamnya. Dengan menggunakan efek rotasi, gravitasi, dan massa jenis benda untuk memisahkan partikel padat dengan fluidanya. Metode ini juga digunakan untuk memisahkan partikel debu dari udara yang berbentuk uap-uap air dan gas [2].

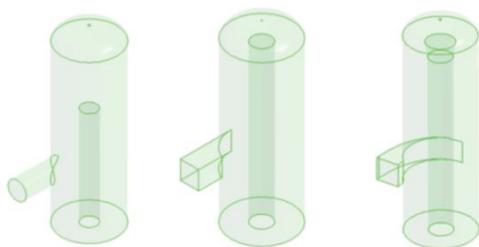
Berdasarkan jenis-jenis karakteristik siklon separator terbagi sebagai berikut:

a. Berdasarkan jenis *inlet*:



Gambar 1. Jenis-jenis *inlet* pada siklon [3].

b. Berdasarkan jenis geometri *inlet*:



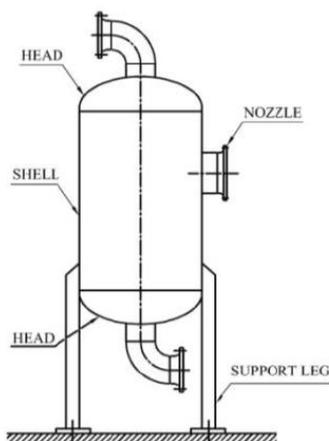
Gambar 2. Geometri separator (kiri), Lazalde-Crabtree (tengah), Spiral *Inlet-Webre* (kanan) [1]

### Bejana Tekan

Bejana tekan (*pressure vessel*) merupakan suatu tempat penampungan fluida cair, uap air, atau gas pada tingkatan tekanan lebih besar dari tekanan atmosfer [1].

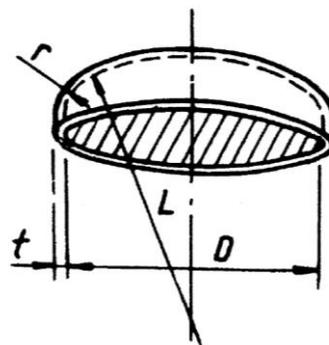
Pada penelitian analisa tegangan *elbow spiral inlet* ini bejana tekan yang digunakan adalah bejana tekan vertikal dengan penggunaan jenis tutup (*head*) ASME *Flanged* dan *Torispherical* berdasarkan buku panduan Perancangan Bejana Tekan ASME Bagian VIII Divisi 1 yang diterbitkan oleh ASME.

a. Bejana tekan:



Gambar 3. Bejana tekan vertikal [4]

b. Berdasarkan jenis tutup (*head*):

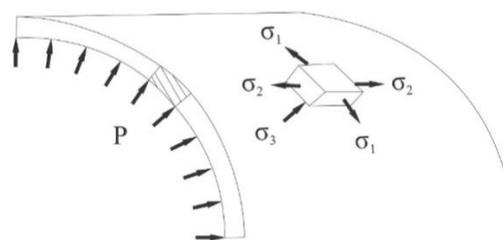


Gambar 4. Tutup jenis ASME *Flange & Torispherical* [5].

dengan  $h$  = tinggi kepala,  $L$  = radius 1,  $r$  adalah radius 2,  $D$  = diameter dalam, dan  $t$  = tebal

Dasar teori pada bejana tekan merupakan pengembangan dari teori tegangan dalam mekanika. Definisi yang digunakan seperti: gaya, momen, tekanan, tegangan dan regangan, sama dengan definisi dalam mekanika, begitu juga hukum-hukum dalam mekanika dapat digunakan dalam perhitungan dan analisis tegangan pada bejana tekan [5].

Bejana silinder yang menerima tekanan akan mengalami tegangan pada dinding yang di idealkan dalam tiga arah triaksial yaitu: arah tangensial, longitudinal, dan radial. Dapat dilihat seperti tampak pada Gambar 5.

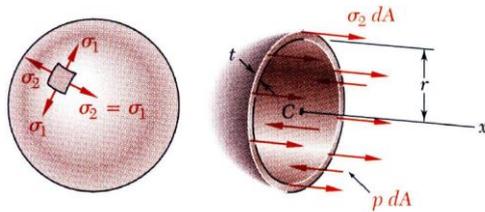


Gambar 5. Tegangan pada dinding bejana silinder

Besar tegangan ini dapat ditentukan dengan melakukan pemotongan pada dinding silinder, dimana beban tekanan akan diimbangi oleh tegangan pada dinding silinder. Pada bejana bola (*sferis*) dan variannya sama dengan kasus silinder tegangan dalam dinding yang diidealkan tiga dimensi (triaksial) [6].

Seperti tampak pada Gambar 7, dengan melakukan pemotongan pada dinding bola maka didalam dinding bejana akan terjadi

tegangan sebagai penyeimbang beban tekanan yang bekerja.



Gambar 6. Tegangan pada bejana bola (*sferis*) akibat tekanan [7]

Tegangan tangensial (*hoop*) memiliki besar yang sama dengan tegangan meridional (*longitudinal*), karena harga tegangan merupakan fungsi dari jari-jari disepanjang ketebalan. Besar tegangan triaksial pada bejana bola (*sferis*) dinding tipis akibat tekanan internal yaitu:

$$\sigma_t = \frac{PD}{4t} \quad (1)$$

$$\sigma_m = \frac{PD}{4t} \quad (2)$$

$$\sigma_r = P \quad (3)$$

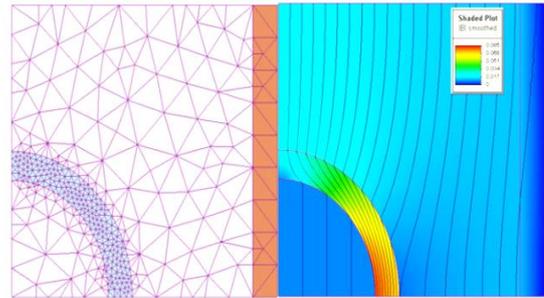
dengan  $\sigma_t$  = tegangan tangensial (Pa),  $\sigma_m$  = tegangan meridional (Pa),  $\sigma_r$  = Tegangan radial (Pa),  $P$  = Tekanan internal (Pa),  $D$  = Diameter bola (*sferis*) (mm),  $t$  = Tebal dinding (mm).

### Metode Elemen Hingga

Simulasi numerikal memainkan peran penting dalam merancang struktur bidang rekayasa teknik. Hal ini dapat dikaitkan kepada tingginya biaya atau tingkatan aplikasi yang berhubungan dengan eksperimen, yang mana dengan kemajuan teknologi komputerisasi yang berkembang secara pesat telah menghasilkan pengurangan biaya dalam mensimulasikan menggunakan komputer.

Kelebihan yang mendasar dari simulasi numerik adalah bahwa simulasi lebih efisien dan mendekati hasil yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Namun demikian, hal ini akan sangat bergantung pada pemodelan matematik dan fisik yang harus ditentukan sang perancang, dan menjadikan perancang tersebut harus menyelesaikan dengan alat simulasi khusus atau yang lebih spesifik seperti metode elemen batas, dengan mengaplikasikan asumsi dan kondisi pembebanan yang terjadi, langkah permulaan dan kondisi batasnya [8].

Metode elemen hingga (FEM) dapat memperlihatkan visualisasi lokasi terjadinya tekukan atau puntiran di dalam struktur, serta dapat mengindikasikan distribusi tegangan dan perpindahan (Gambar 7). Perangkat lunak metode elemen hingga (FEM) menyediakan pilihan simulasi untuk mengendalikan kompleksitas dari pemodelan dan analisis pada sebuah sistem dalam cakupan yang luas.



Gambar 7. Metode elemen hingga

## METODE

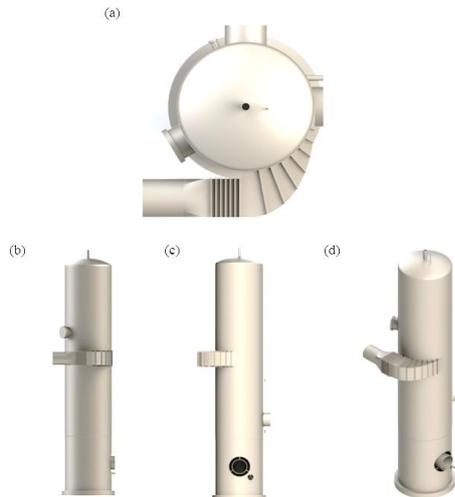
### Peralatan Penelitian.

Dalam Pengujian elemen hingga untuk memprediksi kontur tegangan pada *elbow spiral inlet* menggunakan *software Solidworks Premium 2013* untuk pemodelan 3Dimensidan *ANSYS Workbench Release 14* untuk proses analisa kontur tegangan yang bekerja pada sistem operasi *Windows 7 Home Premium*, dengan spesifikasi sebagai berikut:

### Pemodelan Gambar

Pemodelan benda 3D dalam tugas akhir ini menggunakan aplikasi *Solidworks 2013* dan untuk pengerjaan proses *meshing* serta analisis kontur tegangan menggunakan *ANSYS Workbench* dengan memasukkan kondisi-kondisi batas.

Bejana tekan ini mempunyai ukuran dengan diameter dalam selimut 2520 mm dan tebal 18 mm, pada bagian tutup bejana bagian atas dan bawah menggunakan jenis *ASME Flange* ketinggian tutup sebesar 630 mm dan tebal 16 mm, sedangkan pada bagian *spiral inlet* dan *outlet* menggunakan pipa dengan ukuran diameter dalam sebesar 30 inci.



Gambar 8. Desain alat bejana tekan siklon separator (a) Tampak atas (b) Tampak depan (c) Tampak kanan (d) Tampak isometrik.

**Kondisi Batas**

Kondisi batas (*boundary condition*) meliputi sifat dari material yang digunakan, jenis analisa geometri yang digunakan, dan kontak yang terjadi antara komponen penyusun satu dan lainnya yang semua datanya akan dimasukkan pada opsi *Engineering Data*.

Tabel 1. Sifat bahan

| Sifat (Properties) / Material   | SA 106 Gr.B | SA 36 | SA-516 Gr.70 |
|---------------------------------|-------------|-------|--------------|
| Young's Modulus (GPa)           | 210         | 210   | 210          |
| Poisson's Ratio                 | 0.3         | 0.3   | 0.3          |
| Tensile Yield Strength (MPa)    | 240         | 250   | 485          |
| Tensile Ultimate Strength (MPa) | 415         | 550   | 620          |

Tabel 2. Kondisi batas

| Boundary conditions/zone | Boundary condition/type |
|--------------------------|-------------------------|
| Inlet                    | Pressure                |
| Kontak Elbow             | Wall                    |
| Kontak Bejana            | Wall                    |
| Analisa Geometri         | 3D                      |

**Parameter**

Parameter (*constraints*) dimaksudkan untuk memberikan batasan gerak atau tumpuan pada benda, hal ini dimaksudkan agar benda tidak bergerak bebas dan dapat sesuai dengan kondisi kerja sebenarnya. Pada penelitian ini *constraint* yang digunakan adalah *fixed support* dan *cylindrical support*. Batasan gerak yang

dipilih hanya untuk arah radial dan aksial sedangkan arah tangensial dianggap bebas.



Gambar 9. Pemberian *constraint* dan *load* pada bejana tekan siklon separator (a) Kondisi pembebanan pada model (b) Kondisi *thermal*.

Parameter pemodelan adalah sebagai berikut: *Solution* yang digunakan adalah *Equivalent Stress (von-mises)* dan *Total Deformation*. *Contacts Connections Behavior* adalah *Program Controlled*. Kondisi tekanan yang diberikan sebesar 1,386 Mpa. Temperatur pada pipa dan dinding-dinding bejana yang diberikan sebesar 215°C. Sifat material isotropik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam menganalisa distribusi tegangan pada *elbow spiral inlet* terdapat beberapa faktor-faktor utama yang sangat menentukan hasil dari proses analisa ketika menggunakan perangkat lunak seperti ANSYS seperti sifat dari kekuatan bahan yang digunakan, letak tumpuan, dan arah pembebanan yang diberikan pada bejana tekan siklon. Dengan menganalisa distribusi tegangan yang terjadi pada alat bejana tekan siklon, maka dapat diprediksi lokasi serta

besaran tegangan dan deformasi bahan yang terjadi pada *elbow spiral inlet* alat bejana tekan siklon.

### Metode Elemen Hingga

Dalam mendapatkan hasil simulasi analisa distribusi tegangan, maka tuntutan kondisi-kondisi *Static Structural* yang diberikan oleh perangkat lunak ANSYS terlebih dahulu harus terpenuhi sehingga dapat dilakukan proses analisa, sebagai berikut:

#### a. Sifat Bahan

Penelitian ini menggunakan jenis bahan SA-516 Gr. 70, SA 106 Gr. B, dan SA 36 yang ketiga buah jenis bahan tersebut berdasarkan standar ASTM

#### b. Model Geometri

Pemodelan geometri bejana tekan siklon yang mempunyai ukuran selimut dengan diameter 2520 mm, tebal, 18 mm, dan tinggi 9270 mm sedangkan pada tutup bagian atas dan bawah bejana mempunyai ukuran diameter 2520 mm, tebal 16 mm, dan tinggi tabung 630 mm.

#### c. Mesh

Pemodelan pada penelitian ini menggunakan elemen *trilateral* dan *quadrilateral* yang sesuai dengan kondisi ukuran geometri dan sifat struktur bejana tekan siklon.

#### d. Jenis Elemen

Dalam penelitian ini, pemodelan 3 Dimensi bejana tekan siklon mempunyai jumlah keseluruhan elemen sebanyak 46490 buah, beban normal dan beban pada permukaan yang ditentukan secara otomatis oleh pemrograman ANSYS

#### e. Beban dan Tumpuan

Kondisi tumpuan yang bekerja pada model adalah *fixed support* yang terletak pada dasar alat, dan *cylindrical support* yang terletak pada selimut model dengan kondisi radial dan aksial *fixed* sedangkan tangensial *free*. Tekanan yang diberikan sebesar 1.386 MPa searah dengan Sumbu X.

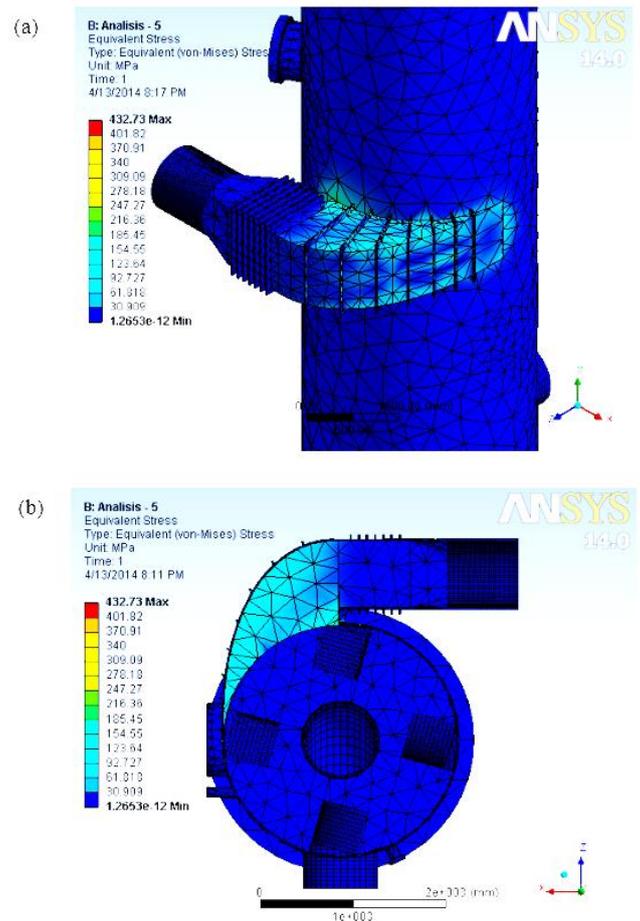
### Analisa Hasil Simulasi

Dengan melihat pada gambar distribusi tegangan dan deformasi, dapat dilihat bahwa nilai yang telah dihasilkan dari proses simulasi

menggunakan ANSYS dapat menjadi bahan pertimbangan baik dari segi tingkat keamanan alat, pemilihan bahan, proses pengerjaan, dan bentuk benda.

#### 1) Distribusi Tegangan

Hasil simulasi pola distribusi tegangan pada alat bejana tekan siklon dapat dilihat pada Gambar 10.



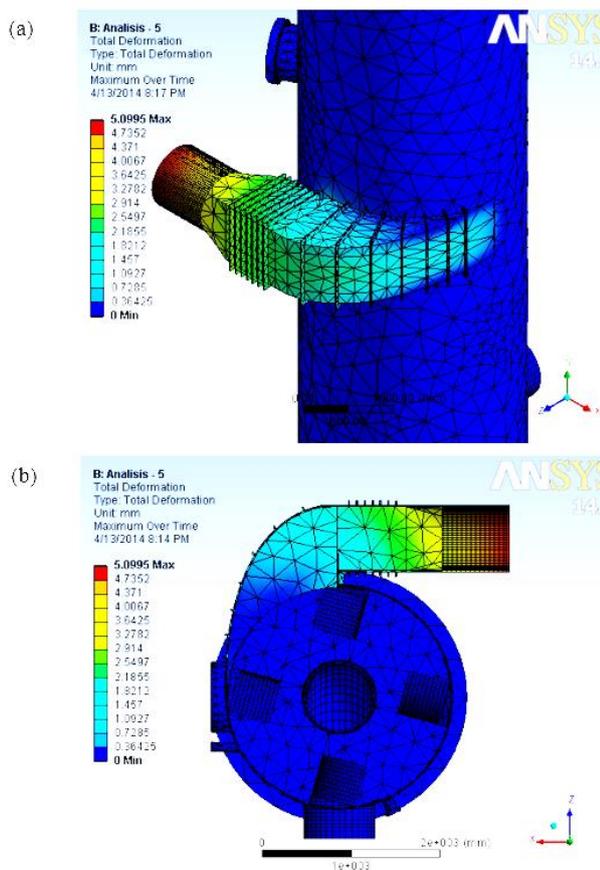
Gambar 10. Pola distribusi tegangan (*von-mises*) (a) Tampak isometri (b) Tampak atas dan dipotong pada bagian tengah *elbow spiral inlet*.

Gambar 10 menunjukkan distribusi tegangan yang terjadi pada bejana tekan siklon separator dengan tekanan yang diberikan sebesar 1,386 MPa yang berbanding lurus dengan sumbu X. Distribusi tegangan yang tampak pada Gambar 10 terjadi pada dinding *elbow spiral inlet* dengan dinding luar bejana tekan siklon, *elbow spiral inlet* dengan pelat penegar (*stiffener plate*), dan pada bagian sisi tepi ujung dari *elbow spiral inlet* dengan nilai tegangan maksimum sebesar 432,73 MPa atau

432,72 N/mm<sup>2</sup> dalam satuan SI dan tegangan minimum sebesar 30,909 MPa atau 30,909 N/mm<sup>2</sup> dalam satuan SI. Tegangan maksimum yang terjadi pada hasil simulasi Gambar 10 terletak pada sambungan pelat penegar (*stiffener plate*) *elbow spiral inlet* dengan dinding luar bejana tekan siklon.

## 2) Deformasi

Hasil simulasi pola distribusi deformasi pada alat bejana tekan siklon dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pola distribusi deformasi total (a) Tampak isometri (b) Tampak atas dan dipotong pada bagian tengah *elbow spiral inlet*

Berdasarkan pada Gambar 11 distribusi deformasi total yang terjadi pada bejana tekan siklon separator dengan tekanan yang diberikan sebesar 1,386 MPa dan searah dengan sumbu X. Distribusi regangan yang tampak pada Gambar 4.2 terjadi pada dinding *elbow spiral inlet* dengan konektor pipa yang menghubungkannya, *elbow spiral inlet* dengan pelat penegar (*stiffener plate*), dan pada bagian sisi dari *elbow spiral inlet* dengan nilai regangan maksimum sebesar 5,099 mm dan regangan minimum sebesar 0.36 mm yang

terjadi disekitar *elbow spiral inlet*. Regangan maksimum yang terjadi pada hasil simulasi Gambar 11 terletak pada bagian potongan pipa penghubung *elbow spiral inlet* bejana tekan siklon.

## KESIMPULAN

Hasil analisa perangkat lunak ANSYS menunjukkan nilai tegangan maksimum pada *elbow spiral inlet* bejana tekan siklon sebesar 423,73 MPa dengan deformasi sebesar 5,09 mm. Berdasarkan standar ASTM pada bahan A 516/A 516M Gr. 70 dengan kekuatan maksimum tegangan bahan 650 MPa, tegangan yang terjadi pada bejana tekan siklon masih dalam batas yang diizinkan sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi bejana tekan siklon dalam kondisi aman untuk digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purnanto, M. H., Zarrouk S. J. & Cater J. E., 2013. *CFD Modelling Of Two-Phase Flow Inside Geothermal Steam-Water Separators*, IPENZ Transactions, Vol. 40, hlm 1-10.
- [2] Wikipedia, 2012. *Cyclonic Separation*, termuat di: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclonic\\_separation](http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclonic_separation), diakses 22 Februari 2014.
- [3] Svarovsky L., 2009. *Gas Cyclone*.
- [4] Ghanbari Ghader, Liaghat M. A., Sadeghian A., Mahootchi A., Heidary I. S. R., Mohammadi M. H., Ansarifard A., and Seraj M., 2011. *Pressure Vessel Design, Guides & Procedures*, First Edition.
- [5] Moss, Dennis R. 2004, *Pressure Vessel Design Manual*, Third Edition, Elsevier, Burlington.
- [6] Popov E. P., Terjemahan Zainul Astamar, 1983. *Mekanika Teknik (Mechanics of Materials)*, Erlangga, Jakarta.
- [7] Kaminski Clemens, 2005. *Stress Analysis and Pressure Vessels*, Cet 1, University Of Cambridge, United Kingdom
- [8] Universität Stuttgart., 2004. *Boundary Element Methods - Introduction*, termuat di: [http://www.iam.uni-stuttgart.de/bem/home\\_bem\\_introduc.html](http://www.iam.uni-stuttgart.de/bem/home_bem_introduc.html), diakses 22 Februari 2014.