

# ANALISIS DEFLEKSI AKIBAT BEBAN ANGIN PADA BEJANA TEKAN VERTIKAL DI KELURAHAN SAGERAT KOTA BITUNG

Farrell S. Kiling<sup>1)</sup>, Stenly Tangkuman<sup>2)</sup>, Hengky Luntungan<sup>3)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi  
Jln. Kampus UNSRAT, Manado

## ABSTRAK

Pada saat ini, dunia industri memegang peranan vital dalam perekonomian, oleh karena itu perancangan *plant industri* yang efisien sangat penting. Terdapat komponen yang berfungsi menangani fluida bertekanan, salah satu komponen yang penting adalah bejana tekan (*pressure vessel*).

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh defleksi maksimum yang terjadi pada bejana tekan vertikal akibat pengaruh beban angin dan mendapatkan tinggi maksimum bejana tekan, berdasarkan batas defleksi ijin.

Objek dari penelitian berada di Kota Bitung, karena Bitung adalah salah satu kota industri yang berada di propinsi Sulawesi Utara. Kecepatan angin di Kota Bitung diperoleh dari BMKG Stasiun Maritim Bitung dan diubah menjadi beban angin. Analisis defleksi bejana tekan diterapkan pada tinggi bejana 25 ft sampai dengan 150 ft.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar ketinggian bejana tekan maka semakin besar defleksi yang terjadi akibat beban angin. Defleksi maksimum dengan tinggi bejana tekan dari 25 ft sampai dengan 150 ft sudah dapat ditentukan. Selanjutnya, berdasarkan batas defleksi ijin, maka batas ketinggian bejana tekan di Kelurahan Sagerat, Kota Bitung adalah 147,44 ft.

*Kata Kunci* : *Beban Angin, Bejana Tekan, Defleksi, Bitung.*

## ABSTRACT

Nowdays, the industry plays a vital role in the economy; therefore design of an efficient plant industry is very important. There is a component for handling a pressurized fluid, such as a pressure vessel.

The purpose of this study was to determine the maximum deflection occurs at a vertical pressure vessel due to wind loads, and obtains maximum height of pressure vessels based on the allowable deflection.

The object of this research is in Bitung. Bitung is one of the industrial cities located in the Province of North Sulawesi. Wind velocity was obtained from BMKG Bitung Maritime Station. Analysis of deflection applied to pressure vessel which has height of 25 ft to 150 ft.

The results showed that the higher the pressure vessel, the higher the deflection. The maximum deflections for height of 25 ft to 150 ft have been determined. Furthermore, based on allowable deflection, the allowable height of the pressure vessel in Sagerat Village-Bitung City is 147.44 ft.

*Keywords* : *Wind Load, Pressure Vessel, Deflection, Bitung*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemilihan model rancangan bejana tekan tergantung sepenuhnya kepada perancang namun diikuti konsekuensi yang harus dihadapi karena model yang dipilihnya, misalnya bejana tekan vertikal terkena beban angin sehingga mengakibatkan momen. Bejana tekan yang semakin tinggi akan mendapat gaya angin yang lebih besar sehingga memungkinkan bejana tekan menjadi miring (mengalami defleksi). Oleh karena itu dalam merancang bejana tekan perlu diperhatikan defleksi yang akan terjadi akibat gaya angin yang menghasilkan momen

Kota Bitung adalah salah satu daerah industri yang berada di Propinsi Sulawesi Utara. Mengalami perkembangan signifikan karena basisnya dunia industri dan juga letak geografis yang tidak terdapat di daerah lain, yaitu berada tepat di bibir Asia Pasifik. Hal ini menjadikan Kota Bitung daerah yang diperhitungkan oleh pelaku usaha dan industr.

Dengan pertimbangan hal-hal di atas, diambil objek penelitian berada di Kota Bitung. Makalah ini membahas penentuan defleksi maksimum yang terjadi pada bejana

tekan di Kelurahan Sagerat, Kota Bitung akibat beban angin.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana nilai defleksi pada bejana tekan akibat beban angin.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah mendapatkan defleksi maksimum yang terjadi pada bejana tekan vertikal akibat pengaruh beban angin, dan mendapatkan tinggi maksimum bejana tekan, berdasarkan batas defleksi ijin.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian skripsi ini lebih terarah dan jelas, maka bidang bahasan akan dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Hanya menghitung defleksi akibat beban angin
2. Objek penelitian berada di Kota Bitung
3. Getaran akibat beban angin tidak diperhitungkan
4. Bahan bejana tekan adalah steel
5. Diameter bejana adalah 7,8 ft
6. Fluida dalam bejana tidak dibahas

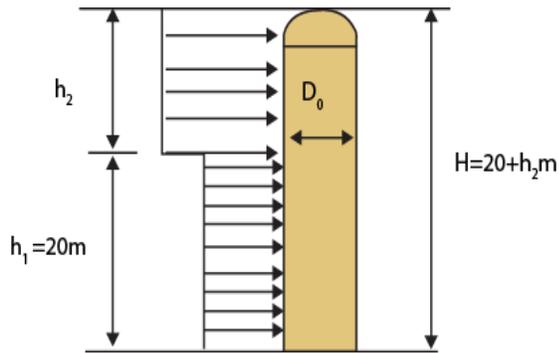
### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini agar setiap perancangan bejana tekan di kota Bitung dapat memakai nilai defleksi dari hasil penelitian ini.

## II. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Beban Angin

Angin yang dimaksud adalah angin dengan aliran yang turbulen dipermukaan bumi dengan kecepatan yang bervariasi.



Gambar 1 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan rumus sebagai berikut menurut (Bednar, 1986).

$$w = B \times D_e \times p_z \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan simbol dari persamaan 1 sebagai berikut :

$w$  = Beban angin (lb/ft)

$B$  = Faktor bentuk bejana = 0.6 (ASA Specification A58.1-1955)

$D_e = k_d \times od$

$k_d$  = koefisien distribusi= 1,20

$od$  = outer diameter = 7,8 ft

$p_z$  = Tekanan angin (lb/ft<sup>2</sup>)

Bentuk profil kecepatan di atas tanah tergantung pada karakteristik kekasaran dari medan, seperti dataran yang terbuka, dataran diantara bukit dan pepohonan, atau pusat kota besar. Hubungan itu dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini (Bednar, 1986).

$$v \propto z^n \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana nilai  $n$  tergantung pada daerah dan  $z$  adalah ketinggian di atas permukaan tanah.

Kecepatan angin diukur berdasarkan ketinggian standar 30 ft. Tekanan angin dirumuskan sebagai berikut menurut (Holmes, 2012).

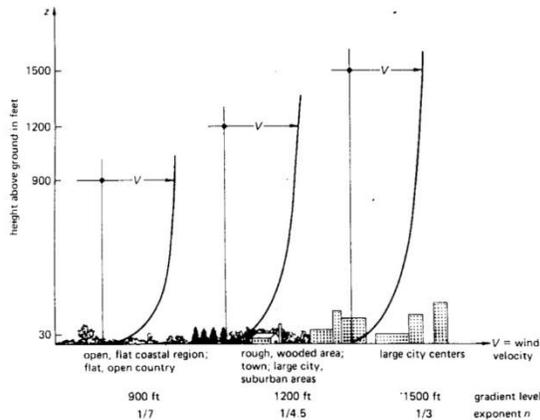
$$p_z = (0,5\rho_{udara})(V_{angin})^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan simbol dari persamaan 3 sebagai berikut :

$p_z$  = Tekanan angin ( $N/m^2$ )

$\rho_{udara}$  = Massa jenis udara yaitu 1,20 kg/m<sup>3</sup>

$V_{angin}$  = Kecepatan angin (m/s)



Gambar 2 Profil Kecepatan Angin di Atas Kekasaran Karakteristik Medan. (Bednar, H.H. 1991)

Dari gambar 2 dan berdasarkan persamaan 2, maka kecepatan angin variasi dengan standar ketinggian 30 ft didapatkan menggunakan persamaan berikut menurut (Bednar, 1986)

$$v_{H_1} = v_{30} \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^n \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan simbol dari persamaan 4 sebagai berikut :

$v_{H_1}$  = Kecepatan angin pada ketinggian tertentu

$v_{30}$  = Kecepatan angin pada ketinggian standar 30 ft

$H_1$  = Ketinggian tertentu

$H_2$  = Ketinggian standar

$N$  = nilai eksponen tergaantung daerah (gambar 3)

## 2.2 Defleksi Bejana Tekan

Sebagian besar insinyur menggunakan standar defleksi maksimum yaitu 6 in per 100 ft untuk tinggi bejana tekan.

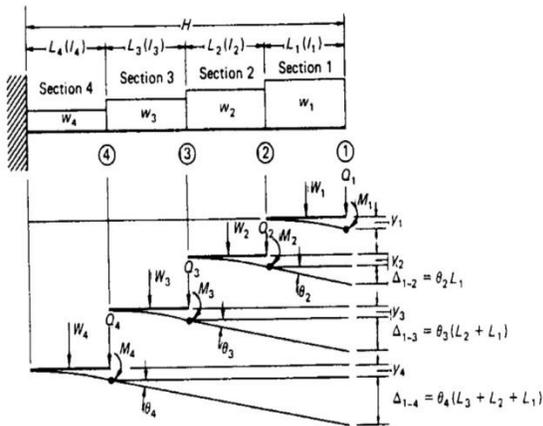
Enam formula dasar yang digunakan dalam analisis ditunjukkan pada Tabel 1. Dengan W adalah beban angin, Q adalah gaya geser yang terjadi, M adalah momen, L adalah tinggi bejana, E adalah modulus elastisitas dari material, dan I adalah inersia.

Tabel 1 Cantiliver Beam Formulas

TYPE OF LOAD	END ANGLE $\theta$ AT FREE END	END DEFLECTION $y$
	$\frac{WL^2}{6EI}$	$\frac{WL^3}{8EI}$
	$\frac{QL^2}{2EI}$	$\frac{QL^3}{3EI}$
	$\frac{WL}{EI}$	$\frac{ML^2}{2EI}$

Defleksi yang terjadi dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut. Gambar 3 secara skemaik menjelaskan penentuan defleksi menggunakan metode superposisi.

$$\begin{aligned}
y_1 &= \frac{L_1^2}{EI_1} \left[ \frac{W_1 L_1}{8} + \frac{Q_1 L_1}{3} + \frac{M_1}{2} \right] \\
y_2 &= \frac{L_2^2}{EI_2} \left[ \frac{W_2 L_2}{8} + \frac{Q_2 L_2}{3} + \frac{M_2}{2} \right] \\
\Delta_{1-2} &= \frac{L_1 L_2}{EI_2} \left[ \frac{W_2 L_2}{6} + \frac{Q_2 L_2}{2} + M_2 \right] \\
y_3 &= \frac{L_3^2}{EI_3} \left[ \frac{W_3 L_3}{8} + \frac{Q_3 L_3}{3} + \frac{M_3}{2} \right] \\
\Delta_{1-3} &= \frac{(L_1 + L_2) L_3}{EI_3} \left[ \frac{W_3 L_3}{6} + \frac{Q_3 L_3}{2} + M_3 \right] \\
y_4 &= \frac{L_4^2}{EI_4} \left[ \frac{W_4 L_4}{8} + \frac{Q_4 L_4}{3} + \frac{M_4}{2} \right] \\
\Delta_{1-4} &= \frac{(L_1 + L_2 + L_3) L_4}{EI_4} \left[ \frac{W_4 L_4}{6} + \frac{Q_4 L_4}{2} + M_4 \right] \\
y_i &= \frac{L_i^2}{EI_i} \left[ \frac{W_i L_i}{8} + \frac{Q_i L_i}{3} + \frac{M_i}{2} \right] \\
\Delta_{1-i} &= \frac{(L_1 + L_2 + \dots + L_{i-1}) L_i}{EI_i} \left[ \frac{W_i L_i}{6} + \frac{Q_i L_i}{2} + M_i \right] \dots \dots \dots (5)
\end{aligned}$$



Gambar 3 Diagram Skematik Defleksi Menggunakan Metode Superposisi

Keterangan simbol dari persamaan 6 sebagai berikut :

$W_i$  = beban angin total

$Q_i$  = Gaya geser pada titik  $i$

$M_i$  = Momen akhir pada titik  $i$

$y_i$  = Defleksi pada bagian  $i$

$\Delta_{1-2}, \Delta_{1-3}, \dots$  = Defleksi pada titik I karena sudut  $\theta_2, \theta_3$

Total defleksi pada bagian atas Bejana Tekan adalah

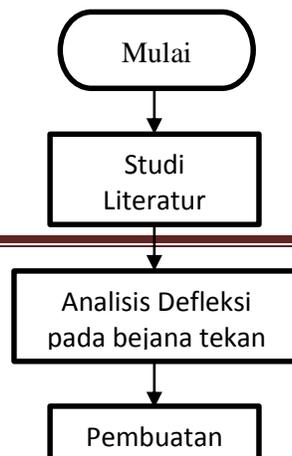
Tekan adalah

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_i + \Delta_{1-2} + \Delta_{1-3} + \Delta_{1-4} + \dots + \Delta_{1-i} \dots \dots \dots (2.7)$$

Jika defleksi  $y$  didasarkan pada modulus elastisitas  $E$  pada suhu desain,  $y$  defleksi pada suhu operasi lain (dengan  $E'$ ) adalah sama dengan  $y$  dikalikan dengan  $E/E'$ .

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa prosedur, dilihat pada Gambar 3.1 prosedur dilakukan dalam tiga tahap. Yaitu, studi literatur, Analisis defleksi pada bejana tekan, dan pembuatan laporan.





Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

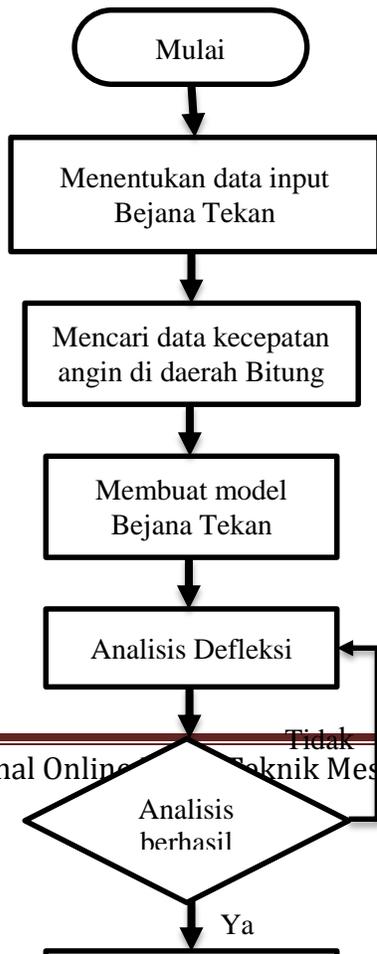


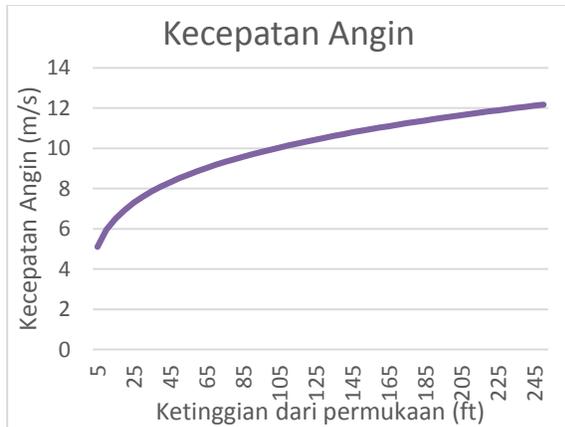
Gambar 5 Diagram Alir Analisis

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Kecepatan Angin

Dari data kecepatan angin yang didapat yaitu kecepatan angin standar pada ketinggian 30 ft, maka kecepatan angin dengan variasi ketinggian yang berbeda dapat ditemukan menggunakan persamaan (4). Kecepatan angin pada ketinggian yang berbeda dapat dilihat pada grafik berikut





Gambar 6 Grafik Kecepatan Angin

#### 4.2 Beban Angin

Kecepatan angin diubah menjadi tekanan angin ( $p_z$ ), lalu dengan persamaan yang ada didapat beban angin / *wind load*. Berikut adalah grafik beban angin pada ketinggian yang berbeda



Gambar 7 Grafik Beban Angin Berdasarkan Tinggi Bejana Tekan

Grafik di atas memperlihatkan bahwa semakin tinggi bejana dari permukaan tanah,

maka semakin besar juga beban angin yang diterima.

Tabel 2 Koefisien Distribusi (Bednar, 1991)

Diameter luar bejana tekan mencakup penyekatan	Koefisien distribusi
Kurang dari 36 in	1,50
36 – 60 in	1,40
60 – 84 in	1,30
84 – 108 in	1,20
Di atas 108 in	1,18

#### 4.3 Perhitungan Defleksi

Menghitung kecepatan angin

$$V = 17 \text{ mph} \left(\frac{25}{30}\right)^{\frac{1}{4,5}} = 16,32 \text{ mph} \\ = 7,29 \text{ m/s}$$

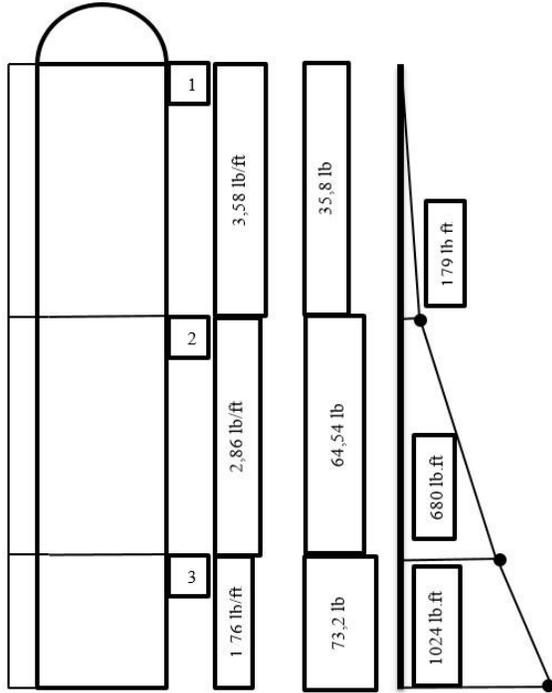
Menghitung tekanan angin

$$p_z = (0,5 \times 1,20)(7,29)^2 \\ = 31,95 \text{ N/m}^2 \\ = 0,63 \text{ lb/ft}^2$$

Menghitung beban angin

$$w = 0,6 \times 9,3 \times 0,63 \\ = 3,58 \text{ lb/ft}$$

Beban-belan yang terjadi dapat dilihat pada gambar diagram di bawah ini.



Gambar 8 Diagram Beban Angin, Gaya Geser, dan Momen Bejana 25 ft

Tabel 3 Hasil Perhitungan Beban Angin, Gaya Geser, dan Momen pada Bejana Tekan ketinggian 25 ft

Bag.	W (lb)	Q (lb)	M (Lb.ft)	I (ft <sup>4</sup> )	EI (Lb.ft <sup>2</sup> )
1	35,8	35,8	179	2,4	1,03 x 10 <sup>10</sup>
2	28,6	64,4	680	2,4	1,03 x 10 <sup>10</sup>
3	8,8	73,2	1024	2,4	1,03 x 10 <sup>10</sup>

Menghitung Defleksi

$$y_1 = \frac{10^2}{1,03 \times 10^{10}} \left[ \frac{35,8 \times 10}{8} + \frac{35,8 \times 10}{3} + \frac{179}{2} \right] = 2,4 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

$$y_2 = \frac{10^2}{1,03 \times 10^{10}} \left[ \frac{28,6 \times 10}{8} + \frac{64,4 \times 10}{3} + \frac{680}{2} \right] = 5,6 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

$$\Delta_{1-2} = \frac{10 \times 10}{1,03 \times 10^{10}} \left[ \frac{28,6 \times 10}{6} + \frac{64,4 \times 10}{2} + 680 \right] = 1,0 \times 10^{-5} \text{ ft}$$

$$y_3 = \frac{5^2}{1,03 \times 10^{10}} \left[ \frac{8,8 \times 5}{8} + \frac{73,2 \times 5}{3} + \frac{1024}{2} \right] = 1,1 \times 10^{-5} \text{ ft}$$

$$\Delta_{1-3} = \frac{(10+10)5}{1,03 \times 10^{10}} \left[ \frac{8,8 \times 5}{6} + \frac{73,2 \times 5}{2} + 1024 \right] = 1,7 \times 10^{-5} \text{ ft}$$

Total Defleksi

Menghitung Inersia dan Modulus Elastisitas

$$I = \pi \times R^3 \times t = 2,4 \text{ ft}^4$$

$$E = 30 \times 10^6 \times 144 \text{ psf} = 4,3 \times 10^9$$

$$EI = (4,3 \times 10^9) \times 2,4 = 1,03 \times 10^{10} \text{ lb. ft}^2$$

$$y = y_1 + y_2 + y_3$$

$$= 3,1 \times 10^{-5} \text{ ft} = 3,7 \times 10^{-4} \text{ in}$$

125	7,5
150	9

Hasil perhitungan defleksi untuk tinggi bejana tekan 25 ft sampai dengan 150 ft dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Defleksi

Ketinggian (ft)	Total Defleksi (in)
25	$3,7 \times 10^{-4}$
50	$8,2 \times 10^{-3}$
75	0,0499
100	0,3209
125	2,2914
150	10,119

Untuk hasil perhitungan defleksi ijin dengan tinggi bejana tekan 25 ft s/d 150 ft dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Hasil Perhitungan Defleksi Ijin

Ketinggian (ft)	Defleksi ijin (in)
25	1,5
50	3
75	4,5
100	6

Defleksi yang terjadi dibandingkan dengan defleksi ijin, disajikan pada gambar 9.



Gambar 9 Grafik Defleksi Pada Bejana Tekan

Pada Gambar 9 dapat dilihat semakin besar ketinggian bejana tekan maka semakin besar pula defleksi yang terjadi, dan pada ketinggian 150 ft sudah melewati batas defleksi ijin.



Gambar 10 Grafik Batas Ijin Defleksi

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa titik batas ketinggian bejana tekan adalah 147,44 ft dimana defleksi total yang terjadi yaitu 8,84 in dan batas defleksi ijin 8,84 in. Oleh karena itu di Kota Bitung ketinggian bejana tekan harus berada di bawah 147,44 ft agar bejana tekan tidak mengalami kegagalan.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis defleksi akibat beban angin pada bejana tekan vertikal maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Defleksi maksimum dengan tinggi bejana tekan dari 25 ft sampai dengan 150 ft adalah 8,84 in.

- b. Berdasarkan batas defleksi ijin, maka batas ketinggian bejana tekan di Kelurahan Sagerat, Kota Bitung adalah 147,44 ft.

### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya, dapat dilakukan dengan simulasi menggunakan *software*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO No. 8 Seventh Edition*. World Meteorological Organization. Geneva.
- Basselo, D., 2014. Optimasi Diameter Poros Terhadap Variasi Diameter Sproket Pada Roda Belakang Sepeda Motor, Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Bednar, H.H. 1986. *Pressure Vessel Design Handbook*. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida

Bhandari, N.M., Khrisna, P., Kumar, K., and Gupta, A. *Wind Loads on Buildings and Structures*. Departement of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur.

Effendi, M. K., Subagio, T., 2006. Pengaruh Beban Angin terhadap Struktur *Roof Top Tower* Telepon Seluler, Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

Erinofiardi, Hendra, 2012. Analisa Defleksi Struktur Tower Transmisi menggunakan Metode Elemen Hingga, Skripsi Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Bengkulu.

Holmes, J.D., Kwok, K.C.S., and Ginger, J.D. 2012. *Wind Loading Handbook for Australia and New Zealand*. University Publishing Service. Sydney

Mott, R. L., 2009, *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*, terjemahan Rines, Santoso, A. U., Kusbandono, W., Puja, I. G. K., Siswantoro, A. T., Yogyakarta: Andi.

Tangkuman, S. *Mekanika Kekuatan Material*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi. Manado

Wikipedia, Kota Bitung,

[https://id.wikipedia.org/wiki/Kota\\_Bitung#Perekonomian](https://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Bitung#Perekonomian)

15 September 2016

Zubaidi, A. B., 2012. Analisis Perancangan Bejana Tekan (*Shell Thickness, Nozzle Neck*) Pada *Shell and Tube Heat Exchanger* Tipe BEM, Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Jember.