

SIMULASI PENGARUH BEBAN ANGIN TERHADAP DISTRIBUSI *DISPLACEMENT* PADA BERBAGAI TINGGI BEJANA TEKAN

Hengky Luntungan, Gerrits D. Soplanit, Farrell S. Kiling, Stenly Tangkuman

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Bejana tekan (*pressure vessel*) merupakan komponen vital dalam industri proses, yang berfungsi menangani fluida bertekanan. Bejana tekan mengalami berbagai beban, salah satunya adalah beban angin. Akibat beban angin adalah bergetarnya bejana dan terjadi *displacement* atau defleksi pada bejana tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh distribusi defleksi bejana tekan vertikal yang diakibatkan oleh beban angin pada berbagai tinggi bejana. Sebagai studi kasus diambil lokasi Kawasan Industri Bitung di Provinsi Sulawesi Utara. Hasil penelitian ini juga akan memberikan nilai tinggi maksimum bejana tekan yang diperbolehkan di Kawasan Industri Bitung.

Penelitian ini dilaksanakan dengan urutan berikut: menganalisis kecepatan angin menjadi beban angin, membuat model dan menganalisis defleksi yang terjadi pada bejana, dan menerapkan analisis ke berbagai tinggi bejana tekan. Beban angin dianalisis dari data kecepatan angin di Kota Bitung yang diperoleh dari BMKG Stasiun Maritim Bitung.

Dari penelitian ini telah diperoleh simulasi *displacement* bejana tekan akibat beban angin menggunakan perangkat lunak. Ditampilkan juga sebaran tegangan yang terjadi disepanjang tinggi bejana tekan.

Kata kunci : *Displacement*, angin, bejana tekan

1. PENDAHULUAN

Bejana tekan (*pressure vessel*) adalah wadah sebagai penampung fluida, baik cair maupun gas. Bejana tekan merupakan salah satu alat proses suatu industri yang penting, khususnya untuk industri kimia, perminyakan dan pembangkit listrik seperti pada pembangkit tenaga nuklir. Pada industri tersebut, bejana tekan yang digunakan biasanya memiliki tekanan tinggi. Bejana tekan memiliki spesifikasi khusus, sebab harus mampu bertahan dari tekanan fluida yang ditampungnya ditambah beban akibat berat bejana itu sendiri dan berbagai beban eksternal lainnya. Tegangan yang timbul akibat beban-beban tadi menjadi sebuah pertimbangan yang penting pada saat merancang bejana tekan. Pemilihan ketebalan dinding misalnya, harus mampu menahan beban tetapi juga harus murah biayanya. Sebab kompleksitas perancangan bejana tekan, badan standarisasi internasional juga mengeluarkan standar-standar yang diharapkan menjadi patokan perancang saat merancang bejana tekan. Bejana tekan pun memiliki bentuk yang beragam, yang umum antara lain bejana tekan tabung horisontal, tabung vertikal dan berbentuk bola. Lain bentuk lain pula beban-beban yang harus dipertimbangkan.

Insinyur perancangan harus menentukan kondisi-kondisi dan semua data yang berkaitan seakurat mungkin. Terdapat tujuh data-data yang berhubungan sebagai beban-beban yang dipertimbangkan dalam perancangan bejana tekan

, yaitu ; Tekanan rancangan (internal atau eksternal), beban mati, beban angin, beban gempa, beban suhu, beban pipa, beban dampak atau beban berulang. Dimungkinkan terjadi beberapa kombinasi dari beban-beban di atas, perancang harus menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling mungkin terjadi untuk memperoleh perancangan yang ekonomis dan aman.

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 akibat angin sehingga mengakibatkan momen. Bejana tekan yang semakin tinggi akan mendapat gaya angin yang lebih besar sehingga memungkinkan bejana tekan menjadi miring. Oleh karena itu dalam merancang bejana tekan perlu diperhatikan defleksi yang akan terjadi akibat gaya angin yang menghasilkan momen.

Berdasarkan uraian di atas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana distribusi *displacement* / defleksi pada bejana tekan vertikal yang diakibatkan oleh beban angin ditinjau dari berbagai tinggi bejana tekan.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh distribusi defleksi bejana tekan vertikal yang diakibatkan oleh beban angin pada berbagai tinggi bejana. Penelitian ini juga akan menghasilkan nilai tinggi maksimum bejana tekan yang diperbolehkan di Kawasan Industri

Bitung. Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi untuk penelitian

dan pengembangan bejana tekan untuk industri proses.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai bejana tekan sudah banyak dilakukan di antaranya, Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Variabel Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Bulan (Rodiawati, dkk, 2013), Analisis Perancangan Bejana Tekan (Shell Thickness, Nozzle Neck) pada Shell and Tube Heat Exchanger tipe BEM (Zubaidi, 2012), dan penelitian tentang beban angin juga sudah banyak dilakukan di antaranya, Pengaruh Beban Angin terhadap Struktur Roof Top Tower Telepon Seluler (Effendi dan Subagio, 2006), Analisa Defleksi Struktur Tower Transmisi menggunakan Metode Elemen Hingga (Erinofiardi, 2012). Dari penelitian-penelitian yang ada, belum ada penelitian mengenai beban angin yang terjadi pada bejana tekan di daerah Bitung. Berdasarkan hal-hal di atas, maka penelitian ini akan dilaksanakan.

Angin yang dimaksud adalah angin dengan aliran yang turbulen dipermukaan bumi dengan kecepatan yang bervariasi. Angin disini juga diasumsikan sebagai angin yang mempengaruhi kecepatan rata-rata tertentu pada fluktuasi aliran turbulen tiga dimensi lokal. Arah aliran biasanya horisontal meskipun bisa saja menjadi vertikal ketika melewati permukaan yang berintang. Beban angin ditentukan dengan rumus sebagai berikut menurut (Bednar, 1986).

$$w = B \times D \times e \times p_z \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan simbol dari persamaan 2.1 sebagai berikut :

w = Beban angin (lb/ft)

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

De = kd x od

kd = koefisien distribusi = 1,20

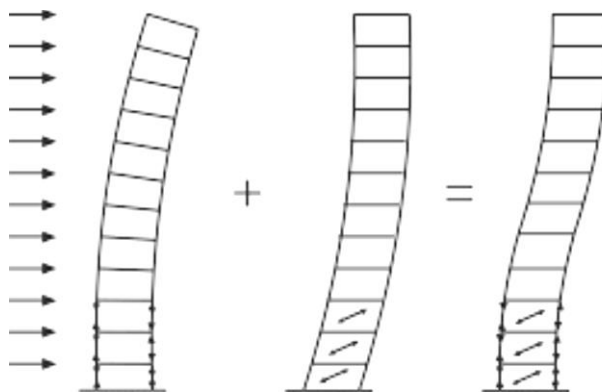
od = outer diameter = 7,8 ft

pz = Tekanan angin (lb/ft²)

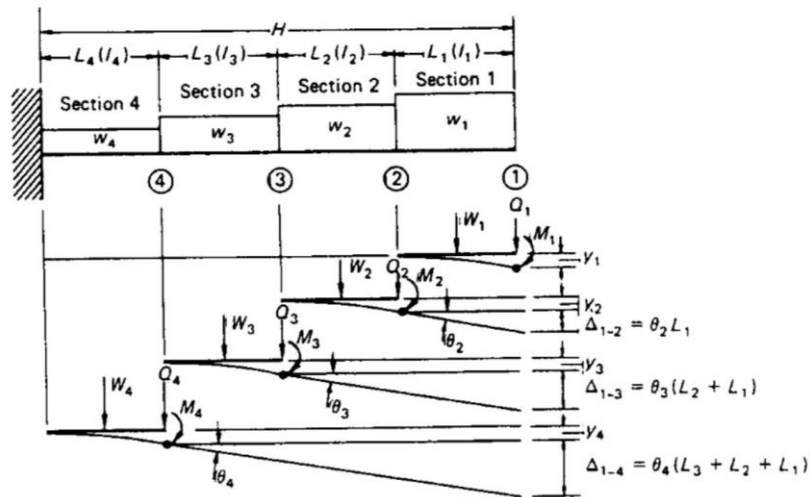
Tekanan angin yang berkelanjutan akan menyebabkan sebuah bejana tekan yang tinggi untuk menerima gaya angin. Besarnya defleksi dapat mempengaruhi kinerja proses bejana dan harus terbatas pada nilai tertentu. Jika kecil, defleksi di bagian atas bejana ditetapkan oleh spesifikasi. Sebagian besar insinyur mengambil spesifikasi untuk defleksi maksimum yaitu 6 in per 100 ft pada ketinggian bejana. Karena itu untuk mengetahui defleksi ijin pada setiap ketinggian digunakan rumus berikut menurut (Bednar, 1986)

$$y_{ijin} = 0,06 \text{ (in/ft)} \times H \text{ (ft)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Defleksi bagian atas pada tiang bejana yang tinggi diperiksa secara rutin. Perhitungan defleksi sering terkomputerisasi; Namun, pada saat tertentu dibutuhkan perhitungan harus dibuat secara manual. Meskipun menggunakan metode analisis yang singkat, perhitungan relatif panjang dan sering mengalami kesalahan. Metode cukup mudah untuk memungkinkan masuknya variabel seperti ketebalan shell, modulus elastisitas, fleksibel karena perubahan suhu operasi, dan tekanan angin di atas tanah. Metode ini juga harus sesederhana mungkin dan mengizinkan penggunaan hasil dari perhitungan sebelumnya pada momen angin dan beban angin untuk penentuan ketebalan shell.



Gambar 1 Defleksi ada bejana tekan



Gambar 2 Diagram skematik defleksi menggunakan metode superposisi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan perhitungan defleksi, terlebih dahulu menentukan data spesifikasi bejana tekan dengan cara survey ke tempat dimana objek berada dan mengumpulkan data spesifikasi objek tersebut. Dalam analisis ini diperlukan data kecepatan angin. Kecepatan angin di tiap daerah berbeda karena ketinggian tanah dari permukaan laut. Data kecepatan angin dapat diperoleh dengan cara mengukur langsung menggunakan alat ukur atau mengambil data dari sumber perhitungan kecepatan angin.

Berdasarkan data kecepatan angin dari BMKG selama 10 tahun terakhir pada ketinggian dari permukaan 30 ft atau sekitar 10 meter dan didapat kecepatan angin tertinggi yaitu 14 knot. Dari kecepatan angin tersebut maka kecepatan angin pada variasi ketinggian dapat ditentukan. Setelah semua data yang diperlukan telah diperoleh maka dibuat model analisis dari bejana tekan atau diagram benda bebas untuk

mempermudah perhitungan. Berdasarkan data-data yang telah diperoleh dilakukan perhitungan defleksi pada bejana tekan akibat gaya angin. Dalam pembuatan laporan dibuat berdasarkan data-data perhitungan defleksi dari beberapa variasi ketinggian bejana tekan serta membuat kesimpulan.

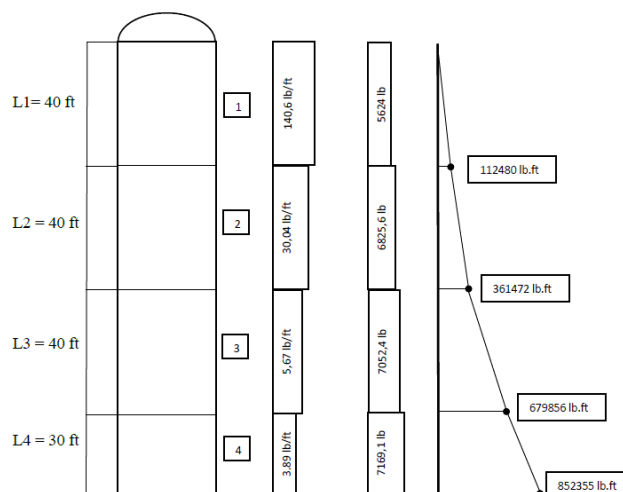
Menghitung kecepatan angin berdasarkan data bahwa kecepatan maksimum pada ketinggian 30 ft di Kota Bitung adalah 14 knot dan dikonversi ke mph, $1 \text{ knot} = 1,150770 \text{ mph}$. $14 \text{ knot} \times 1,150770 = 16,11 \text{ mph}$, dibulatkan menjadi 17 mph. nilai ini dimasukkan ke dalam persamaan dan menggunakan nilai eksponen $1/4,5$ sesuai kekasaran karakteristik medan.

$$V = 17 \text{ mph} (150/30)^{1/4,5}$$

$$= 24,30 \text{ mph}$$

$$= 10,86 \text{ m/s}$$

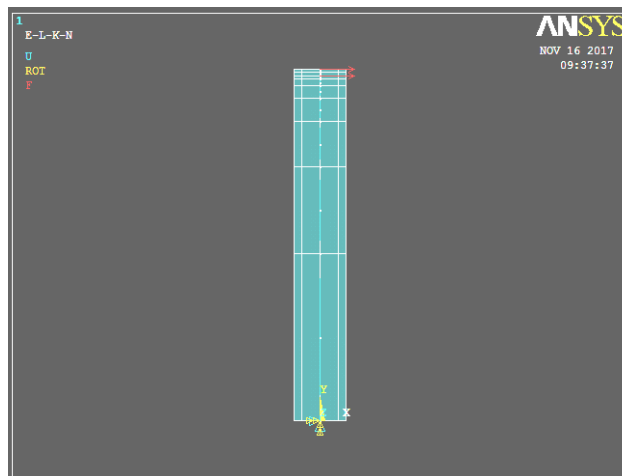
Maka kecepatan angin pada ketinggian 150 ft adalah 10,86 m/s.



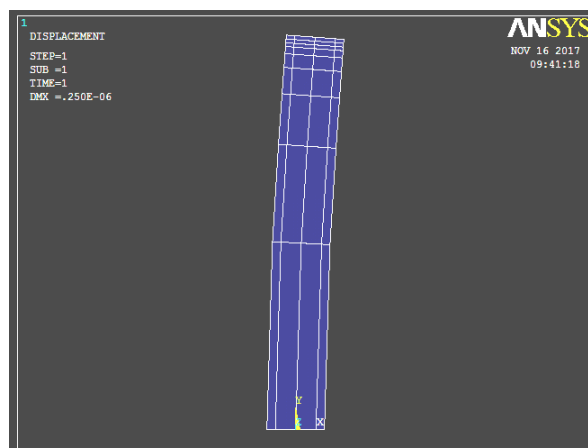
Gambar 3 Diagram Beban Angin, Gaya Geser, dan Momen Bejana 150 ft

Gambar 4 berikut menunjukkan model yang digunakan dalam simulasi menggunakan perangkat lunak. Setelah itu gambar 5 menampilkan

distribusi tegangan yang terjadi pada bejana tekan akibat beban angin



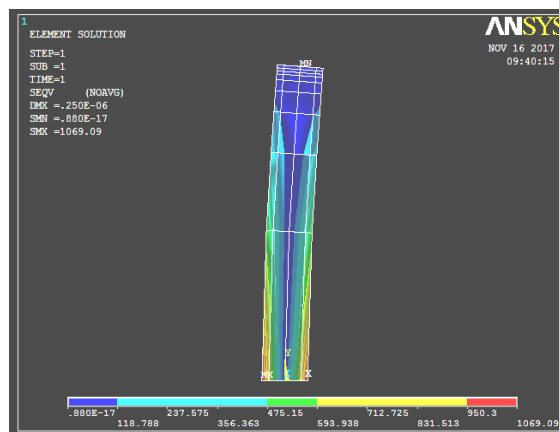
Gambar 4 Pemodelan bejana tekan dengan beban angin



Gambar 5 Distribusi *displacement* hasil simulasi

Selain distribusi *displacement*, hasil simulasi juga menampilkan distribusi tegangan von mises yang

terjadi pada bejana tekan seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Distribusi tegangan hasil simulasi

Pada Gambar 7 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 7 Distribusi defleksi terhadap variasi ketinggian bejana tekan

4. KESIMPULAN

Ada dua hal yang dapat disimpulkan berdasarkan hasil penelitian analisis defleksi akibat beban angin pada bejana tekan vertikal yaitu :

1. Distribusi defleksi akibat beban angin terhadap variasi tinggi bejana tekan sudah diperoleh.
2. Didapati bahwa semakin tinggi bejana tekan, maka semakin besar nilai defleksinya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO No. 8 Seventh Edition*. World Meteorological Organization. Geneva.

Bednar, H.H. 1986. *Pressure Vessel Design Handbook*. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida

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, *Elemem-Element Mesin Dalam Perancangan Mekanis*, terjemahan Rines, Santoso, A. U., Kusbandono, W., Puja, I. G. K., Siswanto, A. T., Yogyakarta: Andi.

Rodiawati, M., 2013. Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Variable Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Bulan, Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.