

# DISTRIBUSI UDARA DALAM WATER COOLING TOWER

R. Firyanto<sup>\*)</sup>

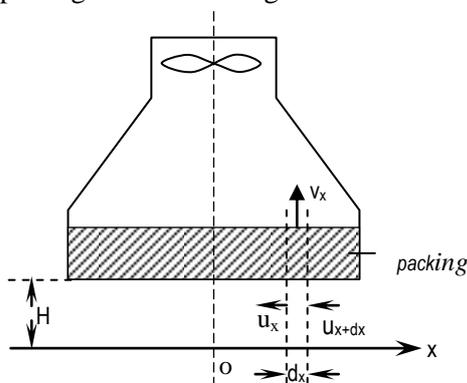
## Abstrak

Perancangan kolom packed dibutuhkan pengetahuan yang baik seperti pada distribusi gas secara radial dan berguna untuk membuat analisa pada water cooling tower, dimana pengaruh dimensi paling besar dipertimbangkan, dan memainkan bagian yang utama dalam perancangan. Teori yang akan dikembangkan, pertama untuk penampang lintang empat persegi panjang pada cooling tower, yang kedua untuk sekitar cooling tower, dimana masalah akan dikembangkan dalam koordinat silinder. Distribusi vertikal udara melalui kolom packed dengan penampang lintang empat persegi panjang dengan udara masuk secara simetri dari dua sisi yang berlawanan, dinyatakan dengan fungsi cosinus. Di sekeliling cooling tower kecepatan udara vertikal adalah maksimum pada pusat dan minimum pada diameter tower.

**Kata kunci :** kecepatan udara vertikal; koordinat silinder

## Pendahuluan

Distribusi cairan dalam kolom packed telah banyak dibicarakan yang mempunyai bermacam-macam kondisi awal (jenis distributor) dan kondisi batas pada dinding. Hal ini telah memberikan perbaikan terhadap pengertian mengenai mekanisme distribusi cairan, dan kemampuan untuk menghitung distribusi cairan secara radial untuk packing pada umumnya. Untuk menerapkan cara ini pada perancangan kolom packed dibutuhkan pengetahuan yang baik seperti pada distribusi gas secara radial. Teori tentang distribusi gas tersebut banyak digunakan. Beberapa percobaan menunjukkan naiknya kecepatan gas dekat dinding.



Gambar 1. Model water cooling tower

Analisa berikutnya adalah umum dan dapat diterapkan pada perancangan kolom packed yang berguna untuk membuat analisa pada water

cooling tower, dimana pengaruh dimensi paling besar dipertimbangkan, dan memainkan bagian yang utama dalam perancangan. Gambar 1 adalah skema susunan cooling tower, dengan udara masuk pada tingkat bawah. Udara meninggalkan packing dengan kecepatan vertikal  $v$ , yang akan bervariasi sepanjang dimensi  $x$ . Masalahnya adalah pada teori perkiraan variasi  $v$  dan  $x$  dengan analisa aliran udara dalam kolom.

Teori akan dikembangkan untuk dua klasifikasi masalah. Pertama untuk penampang lintang empat persegi panjang pada cooling tower. Kedua untuk sekitar cooling tower, dimana masalah akan dikembangkan dalam koordinat silinder.

Dalam empat persegi panjang kita hanya mempertimbangkan setengah kolom. Udara masuk dengan kecepatan horisontal  $u$ , yang akan berkurang menjadi nol pada bidang simetri. Selanjutnya aliran menjadi isothermal dan inkompresibel. Dalam ruang terbuka di bawah packing kita dapat mengabaikan gaya gesek. Kecepatan vertikal udara  $v$  melewati packing tergantung pada karakteristik pressure drop dari packing. Jika setengah lebar kolom adalah  $w/2$ , persamaan Bernoulli untuk aliran gas horisontal menjadi,

$$P_a = P_{w/2} + \frac{1}{2} \rho u_{w/2}^2 \quad (1)$$

pada posisi udara masuk

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG)  
Jl. Talangsari Bendan Ngisor Gedung G Semarang

$$P_a = P_x + \frac{1}{2} \rho u_x^2 \quad (2)$$

pada posisi  $x$

Neraca massa di atas *packing* pada lebar  $dx$  memberikan,

$$\frac{du}{dx} - \frac{v}{H} = 0 \quad (3)$$

dimana  $H$  adalah tinggi dari posisi udara masuk.

Karakteristik *pressure drop* dari *packing* dapat dinyatakan sebagai *pressure drop* yang sama dengan kecepatan *head*  $N$ .

$$P_x - P_t = N \frac{1}{2} \rho v_x^2 \quad (4)$$

Dimana  $P_t$  adalah tekanan di atas *packing*.

Pemisahan  $u$  dari Persamaan (1-4) memberikan

$$\frac{du}{dx} - \frac{1}{H} \sqrt{\frac{2(P_a - P_t)}{\rho n}} \left[ 1 - \left\{ \frac{u}{\sqrt{\frac{2(P_a - P_t)}{\rho}}} \right\}^2 \right]^{1/2} = 0 \quad (5)$$

Kondisi awal  $u_o = 0$

Batasan,  $P_x - P \geq 0$  harus dipenuhi karena aliran gas balik adalah tidak mungkin.

Nilai maksimum kecepatan horisontal adalah  $u_{max}$  menjadikan bentuk tak berdimensi  $U$  dan  $X$  pada Persamaan (5) menjadi:

$$u_{max} = \sqrt{\frac{2(P_a - P_t)}{\rho}} ; U = \frac{u}{u_{max}} ; X = \frac{x}{H\sqrt{N}}$$

$$\frac{dU}{dX} - [1 - U^2]^{1/2} = 0 ; U_o = 0$$

Penyelesaiannya adalah

$$U = \sin X \text{ untuk } X \leq \pi/2 \quad (6)$$

Dengan cara yang sama untuk  $v_{max}$  dan  $V$  penyelesaiannya adalah

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2(P_a - P_t)}{\rho N}} ; V = \frac{v}{v_{max}} \quad (7)$$

$V = \cos X$  untuk  $X \leq \pi/2$

Persamaan (7) menunjukkan bahwa kecepatan vertikal didistribusikan sebagai fungsi

cosinus, dengan kecepatan maksimum pada bidang simetri dimana  $X = 0$ .

### Koordinat silinder

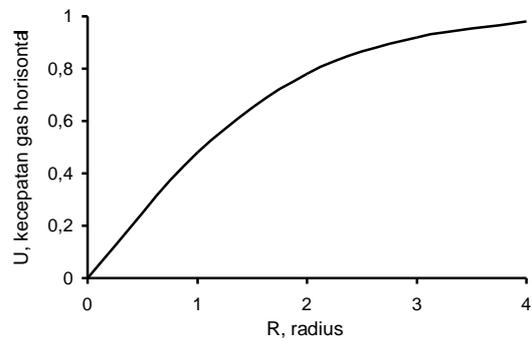
Untuk sekitar *cooling tower* dengan udara masuk disekelilingnya, kita dapat menurunkan persamaan Bernoulli dan neraca massa untuk udara pada lebar  $dr$ , yang mana setelah dilakukan manipulasi seperti pada empat persegi panjang didapat

$$\frac{dU}{dR} + \frac{U}{R} - (1 - U^2)^{1/2} = 0 ; U_o = 0 \quad (8)$$

dimana  $R$  adalah jari-jari tak berdimensi yang

dinyatakan,  $R = \frac{r}{H\sqrt{N}}$  sedangkan penyelesaian

untuk  $U$  diperoleh pada bentuk empat persegi panjang, hal ini diperlukan untuk mendapatkan penyelesaian numerik untuk Persamaan (8). Dengan menggunakan integrasi hasilnya menunjukkan variasi  $U$  dengan  $R$  seperti tampak pada Gambar 2.

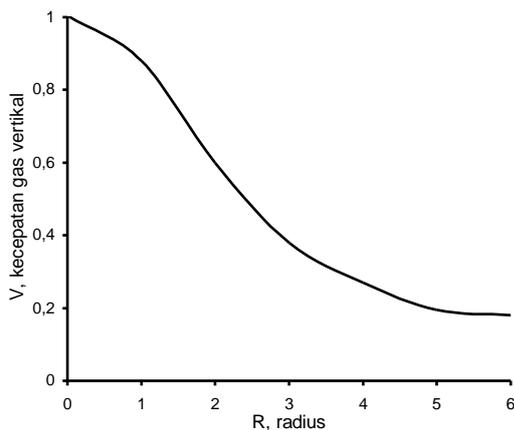


Gambar 2. Kecepatan gas horisontal  $U$  dan jari-jari tak berdimensi  $R$ , disekeliling tower

Kecepatan vertikal tak berdimensi  $V$  dinyatakan dengan

$$V = \frac{dU}{dR} + \frac{U}{R} \quad (9)$$

Penyelesaian numerik Persamaan (9) ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Kecepatan gas vertikal  $V$  versus jari-jari tak berdimensi  $R$ , disekeliling tower

**Simpulan**

Distribusi vertikal udara melalui kolom *packed* dengan penampang lintang empat persegi panjang dengan udara masuk secara simetri dari dua sisi yang berlawanan, dinyatakan dengan fungsi cosinus. Kecepatan maksimum terjadi pada pusat tower, serta kecepatan minimum terjadi pada posisi udara masuk. Kecepatan minimum dapat berkurang sampai nol bila  $X = \pi/2$ , dan hal ini sama dengan ,

$$\frac{W}{H} = \pi\sqrt{N} \tag{10}$$

Jadi nilai maksimum lebar *cooling tower*  $W$  sampai tinggi udara terbuka harus dijaga kurang dari  $\pi\sqrt{N}$  untuk semua *packing* yang berguna untuk proses perpindahan panas dan massa.

Di sekeliling *cooling tower* kecepatan udara vertikal adalah maksimum pada pusat dan minimum pada diameter tower. Bentuk distribusi radial mula-mula adalah sama sampai distribusi cosinus namun tidak pernah menjadi nol. Harga  $v$  pada beberapa radius  $r$  dapat diperoleh dari bentuk tak berdimensi pada Gambar 3 dan hal ini dapat digunakan untuk memperoleh rasio pada beberapa radius dalam kolom, yang mana diperlukan untuk perhitungan yang teliti dari proses perpindahan panas dan massa.

Hal tersebut memungkinkan untuk menguji ketahanan aliran udara dalam *tower* sebagai jumlah daya tahan yang terpisah pada *packing*, udara masuk, *spray eliminator*, dan udara yang hilang keluar. Daya tahan udara yang masuk dapat dihitung dari teori ini dan dinyatakan,

$$N_{EN} = \frac{[(W / 2H)^2]}{[\text{Sin}^2(W / 2H\sqrt{N})]} - N \tag{11}$$

Untuk harga yang kecil  $W/H < 10$ ,

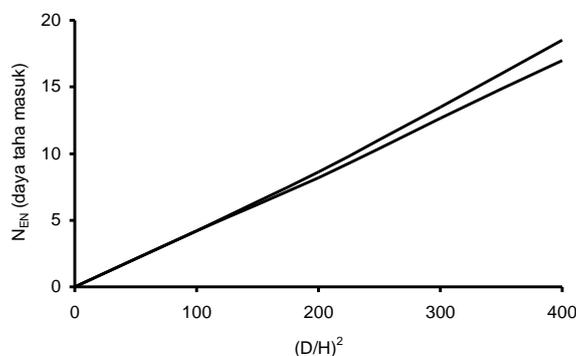
$$N_{EN} = 0,10\left(\frac{W}{H}\right)^2 \tag{12}$$

Dalam koordinat silinder, daya tahan masuk diberikan dengan,

$$N_{EN} = 0,25\left(\frac{R}{U}\right)^2 - N \tag{13}$$

dimana harga  $R$  dan  $U$  diperoleh dari Gambar 2 atau  $N_{EN}$  dapat dihitung selama integrasi dari Persamaan (8). Rentang  $N$  dari 20 sampai 60 dan semua titik antara dua kurva yang ditunjukkan pada Gambar 4 untuk harga  $D/H < 10$ ,

$$N_{EN} = 0,042\left(\frac{D}{H}\right)^2$$



Gambar 4. Daya tahan posisi gas masuk untuk sekeliling tower pada diameter  $D$ , dan tinggi  $H$ .

**Daftar Notasi**

- $\rho$  = densitas gas
- $H$  = tinggi posisi gas masuk
- $N$  = daya tahan *packing* di dalam kecepatan puncak
- $N_{EN}$  = daya tahan pada posisi masuk
- $P$  = tekanan
- $P_a$  = tekanan atmosfer
- $P_t$  = tekanan pada tower di atas *packing*
- $r, R$  = jari-jari dan bentuk tak berdimensinya

$u, U$  = kecepatan gas horisontal dan bentuk tak berdimensinya  
 $v, V$  = kecepatan gas vertikal dan bentuk tak berdimensinya  
 $W$  = lebar kolom empat persegi panjang  
 $x, X$  = jarak horisontal dan bentuk tak berdimensinya

**Daftar Pustaka**

Benenati, R.F. and Brosilow C. R., (1962), *A. I. Chemical Engineering Jl.*, vol. 8, hal. 359.

Dutkai E. and Ruckenstein E., (1970), *Chem. Eng. Science*, vol. 25, hal. 483.

Dutkai E. and Ruckenstein E., (1968), *Chem. Eng. Science*, vol. 23, hal. 1365.

Onda K., (1973), *Chemical Engineering Science*, vol. 28, hal. 1677.

Schwartz C. E. and Smith J. M., (1953), *Ind. Engng Chem.*, vol. 45, hal. 1209.