

ANALISIS PENGGUNAAN WIND TOWER DAN SOLAR CHIMNEY SEBAGAI SOLUSI PENGHAWAAN ALAMI DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

M. Nur Amin S

Mahasiswa Program Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta
Email: mnuramin@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this paper to find solution of natural ventilation use wind tower and solar chimney based on wind potentials in Special Region of Yogyakarta. The method that was used was analyze wind tower and solar chimney model based on secondary data such as the result of documentation from The Meteorology, Climatology and Geophysics. The result of the analysis were (1)the most ideal dimension of wind tower with 6 m high, 2 m long and 1 m wide, while of solar chimney with 6 m high, 2 m long and 0,55 m wide. (2)the wind tower material use styrofoam concrete while for solar chimney use steel/concrete with glaze for facade and head use aluminium. (3)the head direction of wind tower orientate south and southwest while head direction of solar chimney distance the direction of wind tower head orientate north and northeast.

Keywords: Model, Wind Tower, Solar Chimney

ABSTRAK

Tujuan penulisan paper ini adalah untuk mengetahui solusi penghawaan alami menggunakan wind tower dan solar chimney berdasarkan potensi angin yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah menganalisis model wind tower dan solar chimney dengan menggunakan data sekunder yang berupa hasil dokumentasi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Hasil analisis yang didapatkan yakni (1)dimensi yang paling ideal untuk wind tower adalah dengan tinggi 6 m, panjang 2 m dan lebar 1 m sedangkan untuk solar chimney adalah dengan tinggi 6 m, panjang 2 m dan lebar 0,55 m. (2)material penyusun wind tower berupa beton styrofoam sedangkan untuk solar chimney berupa logam/beton dengan fasad berupa kaca dan head menggunakan aluminium. (3)arah head wind tower menghadap selatan dan barat daya sedangkan arah head solar chimney membelakangi arah wind tower yakni utara dan timur laut.

Kata Kunci: Model, Wind Tower, Solar Chimney

PENDAHULUAN

Sektor bangunan gedung (*building*) merupakan penyumbang konsumsi energi sekaligus emisi gas rumah kaca paling besar di antara sektor yang lain. Ching (2008: 7) mengemukakan bahwa konsumsi energi global yang dibutuhkan pada sektor bangunan gedung sebesar 48%, kemudian 27% dan 25% sisanya digunakan pada sektor transportasi dan industri. Sebanyak 48% konsumsi energi tersebut diketahui bahwa 40% digunakan pada proses perawatan dan pengoperasian bangunan gedung sedangkan 8% sisanya digunakan pada proses pembangunan (konstruksi) dan produksi bahan (material).

UNEP (2009: 10-14) melaporkan bahwa secara global rata-rata energi yang digunakan dalam proses pengoperasian bangunan gedung meliputi: pemanas dan pendingin

ruangan sebesar 60%, pemanas air sebesar 18%, pendingin dan pemanas makanan sebesar 6%, pencahayaan sebesar 3% dan kegiatan lain-lain yang meliputi hiburan dan telekomunikasi sebesar 13%. Paparan data tersebut menjelaskan bahwa konsumsi energi terbesar bukan terletak pada aspek primer (konstruksi bangunan gedung) melainkan lebih pada aspek sekunder dan tersier yang mana energi pada aspek tersebut sangat memungkinkan untuk dikurangi berbeda dengan aspek primer yang harus terpenuhi guna tercapainya struktur bangunan gedung yang aman untuk digunakan.

Listrik merupakan salah satu energi yang terbarukan namun saat ini proses produksi listrik belum mencerminkan sifat terbarukan. Laporan FEPM (2013: 6) menyebutkan bahwa

pada tahun 2012 produksi listrik global 68,1% berasal dari energi fosil, 16,2% dari air, 10,9% dari energi nuklir, 2,4% dari energi angin, 0,5% energi matahari, 1,4% dari biomassa, 0,3% dari panas bumi dan 0,2% berasal dari limbah tak terbarukan. Data tersebut menggambarkan bahwa produksi listrik dari sumber daya terbarukan hanya 20,8% saja, sedangkan 79% sisanya berasal dari sumber daya tak terbarukan. Berdasarkan permasalahan-permasalahan di atas maka solusi untuk mengurangi tingginya konsumsi energi yang berdampak pada membengkaknya biaya perawatan gedung adalah meminimalkan penggunaan HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*).

Secara geografis Yogyakarta terletak di antara Gunung dan laut dengan kemiringan yang landai. Potensi sumber daya angin di Yogyakarta yang sangat potensial namun masih belum bisa dimaksimalkan pemanfaatannya dengan baik. Fenomena angin laut dan angin darat yang bertiup teratur pada musim kemarau dan penghujan dengan turbulensi rendah memungkinkan adanya solusi permasalahan energi dan emisi gas rumah kaca. Temperatur yang tidak terlalu ekstrem pada daerah tersebut sangat memungkinkan untuk mengurangi penggunaan AC (*Air Conditioner*) pada bangunan gedung.

METODE

Metode yang digunakan dalam penyusunan karya ilmiah ini adalah dengan melakukan analisis sebuah model *wind tower* dan *solar chimney* yang paling tepat untuk diaplikasikan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Model yang didapatkan meliputi dimensi, material dan perletakan *wind tower* dan *solar chimney*. Analisis yang dilakukan dari data sekunder

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari BMKG, DIY merupakan daerah yang kaya akan angin dengan kecepatan antara 13-20 km/jam tiap harinya. Kemudian karena terjadi fenomena angin darat dan angin laut maka turbulensi angin di DIY

Kajian ilmiah ini difokuskan pada analisis model ventilasi alami internal berupa *wind tower* dan *solar chimney* sebagai pengganti *air conditioner* yang paling tepat digunakan di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan berbagai pertimbangan yang ada yakni potensi Meteorologis, Geografis dan Klimatologis. Potensi Meteorologis meliputi suhu, tekanan udara, kelembaban, arah angin dan kecepatan angin. Potensi Geografis meliputi letak, kemiringan dan ketinggian suatu daerah.

Potensi Klimatologis meliputi iklim yang ada pada suatu daerah. Semua potensi yang didapatkan pada akhirnya dijadikan dasar pertimbangan dan analisis dalam penentuan model ventilasi alami yang paling tepat digunakan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan adanya kajian analisis ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengurangan konsumsi *air conditioner* pada bangunan gedung di Daerah Istimewa Yogyakarta, sehingga dapat membantu dalam penghematan energi nasional, peningkatan kesehatan pengguna bangunan gedung, meminimalkan emisi gas rumah kaca dan pengurangan biaya operasi bangunan gedung. Manfaat teoritis yang diharapkan yakni memberikan wawasan yang lebih luas kepada masyarakat mengenai *sustainability building*, penggunaan *air conditioner* dan potensi Daerah Istimewa Yogyakarta.

yakni data hasil dokumentasi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Daerah Istimewa Yogyakarta. Jenis penelitian yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini adalah analisis deskriptif, yang mana analisis tersebut diharapkan dapat mengungkap dan menjelaskan mekanisme kerja *wind tower* dengan lebih mendetail.

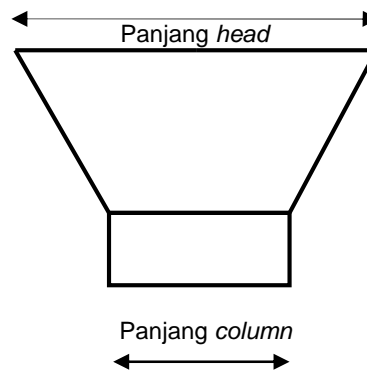
cenderung teratur. Dibuktikan dengan arah angin berasal dari arah tenggara, selatan, barat daya dan barat untuk setiap tahunnya. Temperatur yang ada di DIY termasuk dalam kategori normal yakni titik terendah berada

pada 21°C dan titik tertinggi pada 34°C. Selanjutnya kelembaban yang terjadi berkisar antara 45% - 98% ini menandakan bahwa DIY merupakan daerah dengan kelembaban yang tinggi.

Dengan kecepatan angin yang ada maka sangat memungkinkan untuk digunakan *natural ventilation* berupa yakni *wind tower* sebagai pengganti *air conditioner*. Hal ini terjadi mengingat kecepatan angin di DIY sudah berada di atas ambang batas minimal kecepatan angin untuk membuat *wind tower* bekerja yakni di atas 7,2 km/jam (Bahadori dan Alireza, 2014: 119). Selain itu dengan suhu di DIY yang cenderung normal (tidak ekstrim) sangat memungkinkan untuk menghilangkan *air conditioner*. Dengan kelembaban yang tinggi maka penggunaan *wind tower* yang paling tepat adalah dengan metode kering atau tanpa aliran air sebagai evaporator. Kemudian dengan turbulensi angin yang teratur disetiap tahunnya maka *head* dari *wind tower* menghadap arah datangnya angin dengan tujuan untuk memanen sebanyak-

banyaknya angin yang akan masuk ke dalam ruangan.

Mekanisme kerja dari *wind tower* dalam memanen udara adalah dengan cara menampung/ memanen angin yang berhembus kemudian menyalurkannya ke dalam ruangan sehingga udara di dalam ruangan selalu segar. Udara masuk melalui *head* dan diteruskan dalam *column*. Pada saat berada dalam *column* (menara tegak), udara tersebut didinginkan dengan secara konvektif yakni kalor dialirkan pada dinding menara tegak sehingga udara yang masuk menjadi lebih dingin. Untuk meningkatkan kecepatan udara maka luas lubang *head* dibuat lebih besar dari pada lubang *column*. Hal ini sesuai dengan Hukum Bernoulli yakni ketika aliran udara pada ruang tertutup luas penampangnya diperkecil akan meningkatkan kecepatannya. Sehingga apabila luas lubang *head* dua kali lebih besar dari pada *column* maka kecepatannya pun akan bergerak dua kali lebih cepat. Berikut disajikan gambar penampang *head* tampak atas.



Gambar 1. Tampak atas penampang *wind tower*

Fenomena angin laut dan angin darat memang memiliki keuntungan dalam hal turbulensi angin yang berhembus, sehingga memudahkan untuk menentukan arah dalam pemanenan angin. Namun fenomena ini juga mempunyai kelemahan apabila digunakan sebagai sumber pendingin ruangan yakni mengenai waktu angin berhembus (bergerak). Yakni ketika tekanan udara di darat dan di laut berada pada kondisi setimbang (*equilibrium*) maka aliran udara yang terjadi sangat minim pergerakan, yang mana apabila pergerakan udara yang terjadi kurang dari 7,2 km/jam

maka *wind tower* tidak akan berfungsi. Untuk itu sebagai solusi untuk menghasilkan aliran udara pada kondisi *equilibrium* tersebut maka pada jalur udara yang kedua digunakan *solar chimney* sebagai *passive cooling*.

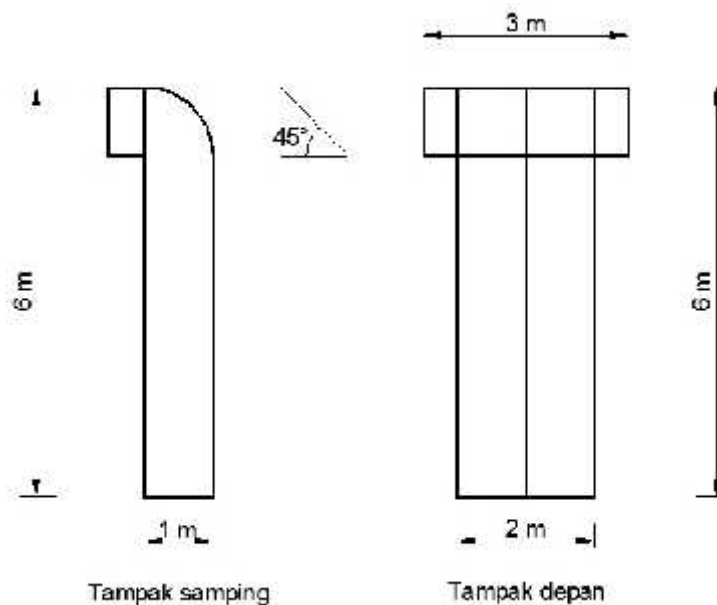
Prinsip kerja *solar chimney* adalah dengan mengeluarkan udara yang terjebak di dalam ruangan dengan memanfaatkan panas matahari. Ketika udara di dalam berhasil dikeluarkan melalui *solar chimney* secara spontan udara dari lubang yang lain akan

secara otomatis masuk sehingga menjadikan aliran udara pasif. Mekanisme kerja *solar chimney* yakni dengan memanaskan cerobong dengan panas matahari sehingga udara yang berada di dalam cerobong memuai dan massa jenisnya semakin ringan. Ketika massa jenisnya telah ringan maka secara spontan akan membuat udara tersebut naik ke atas dan meninggalkan ruangan. Kemudian posisi yang ditinggalkan udara yang keluar tersebut digantikan oleh udara dingin yang datang dari *wind tower*. Sesuai dengan hukum Gay-Lussac ketika suhu udara dinaikkan maka volume akan meningkat dan tekanan akan menjadi semakin kecil. Udara dari *wind tower* mempunyai temperatur dingin sehingga tekanannya lebih besar dibanding yang berada di dalam *solar chimney*, sehingga secara spontan udara akan mengalir dari *wind tower* menuju *solar chimney* walaupun kondisi di luar pada saat itu tidak banyak pergerakan angin.

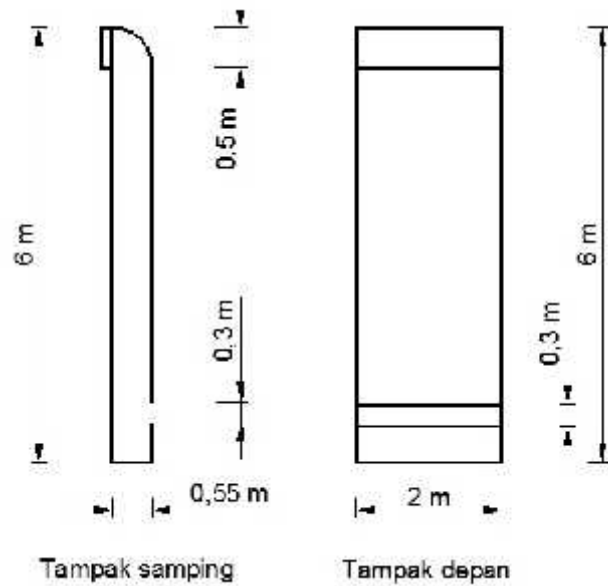
Prinsip aliran udara dalam ruangan adalah udara yang masuk sama dengan udara yang keluar jadi apabila akan memasukkan udara baru ke dalam ruangan, maka hendaknya udara lama yang telah ada di dalam ruangan tersebut dapat dikeluarkan sehingga udara baru dapat mengisi posisi udara lama.

Berdasarkan analisis tersebut maka *natural ventilation* yang digunakan minimal mempunyai dua jalur udara (lubang). Jalur udara yang pertama yakni *wind tower* yang berfungsi sebagai pemanas udara dan jalur udara lain adalah *solar chimney* yang berfungsi sebagai pembuang udara yang ada di dalam ruangan.

Dimensi *wind tower*: Bahadori dan Alireza (2014), berpendapat dimensi *wind tower* yang paling efektif adalah *wind tower* dengan ketinggian *column* 6 m, panjang penampang *column* 2 m, lebar penampang *column* 1 m dan dengan ketebalan dinding sebesar 0,1 m. Selanjutnya sudut pada *head (wind direction)* yang paling optimum adalah sebesar 45° . Kemudian Gontikaki dkk dalam reviewnya (2010) menyebutkan bahwa dimensi optimum *solar chimney* pada bangunan sederhana adalah tinggi 6 m, panjang 2 m dan ketebalan ruangan pemanas (*cavity*) sebesar 0,55 m. Kemudian Mehani dan Setou (2012: 464) dalam penelitiannya melaporkan bahwa tinggi ventilasi penghubung *solar chimney* dengan ruangan yang paling optimum sebesar 0,2-0,3 m. Berikut disajikan gambar dimensi *wind tower* dan *solar chimney*.



Gambar 2. Dimensi *Wind Tower*



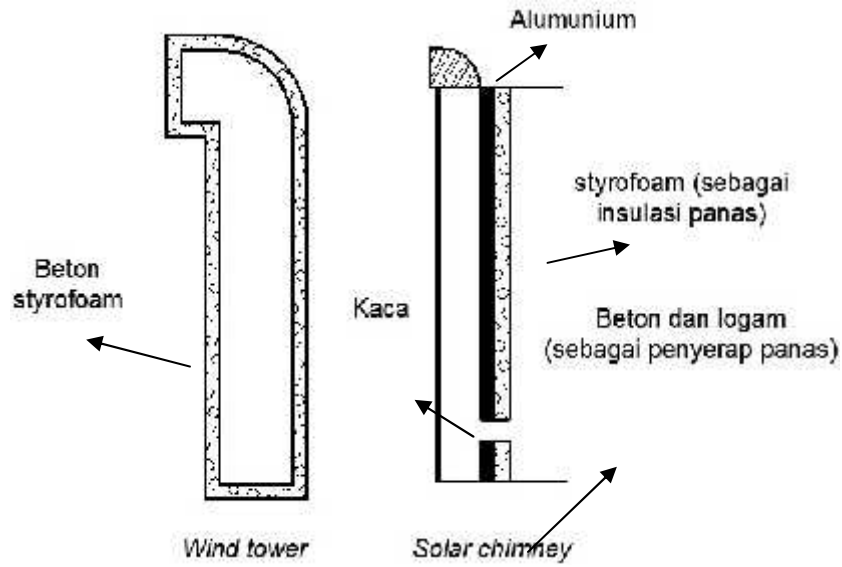
Gambar 3. Dimensi *Solar Chimney*

Material: Pemilihan material penyusun *wind tower* dan *solar chimney* dipilih berdasarkan fungsinya masing-masing. *Wind tower* berfungsi sebagai insulasi panas dan medium penyerap panas udara dari luar ruangan, sehingga material penyusun yang paling baik adalah material dengan konduktivitas thermal rendah yakni beton styrofoam mengingat porsi styrofoam dalam beton styrofoam sebesar 80% dan konduktivitas thermal styrofoam sendiri sebesar $0,033 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$ (Taylor, 2002: 42) atau yang paling rendah di antara material konstruksi yang lain.

Kemudian *solar chimney* berfungsi sebagai penyerap panas, sehingga material yang paling baik adalah material dengan konduktivitas thermal yang tinggi seperti besi dan beton. Menurut Taylor (2002: 42) besi dan beton merupakan material konstruksi dengan konduktivitas thermal yang paling tinggi di

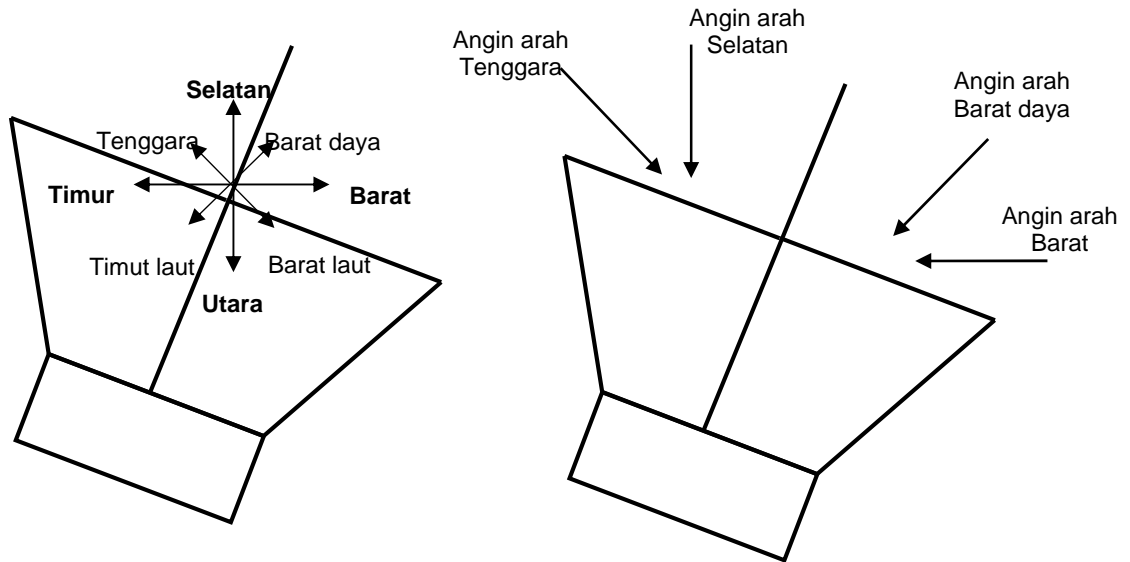
antara material lain yakni sebesar $200 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$ dan $84 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$. Agar radiasi matahari tidak mengurangi kenyamanan pengguna bangunan maka antara dinding ruangan dan dinding *solar chimney* diinsulasi dengan styrofoam. Pada dinding luar *solar chimney* hendaknya menggunakan kaca sehingga memaksimalkan cahaya matahari untuk masuk dalam cerobong.

Selanjutnya pada atap *solar chimney* digunakan aluminium (material dengan konduktivitas thermal tinggi), tujuannya agar kalor yang didapatkan dari proses radiasi mampu diteruskan ke dalam cerobong melalui proses konveksi sehingga fungsi *solar chimney* sebagai pemanas udara dapat dimaksimalkan. Selain itu penggunaan aluminium sebagai head dapat dijadikan sebagai material anti karat mengingat *head* berada di luar yang secara langsung terkena hujan.



Gambar 4. Material *Wind Tower* dan *Solar Chimney*

Perletakan dan arah *head*: Mengingat prinsip kerja *head* adalah melawan arah angin maka *head* dibuat menghadap arah selatan dan barat daya kemudian pada tengah penampang diberi pertambahan agar angin yang berasal dari tenggara dan barat dapat dibelokkan dan masuk ke dalam ruangan secara maksimal. Untuk memperjelas uraian berikut disajikan gambar arah *wind tower* yang paling tepat di DIY.



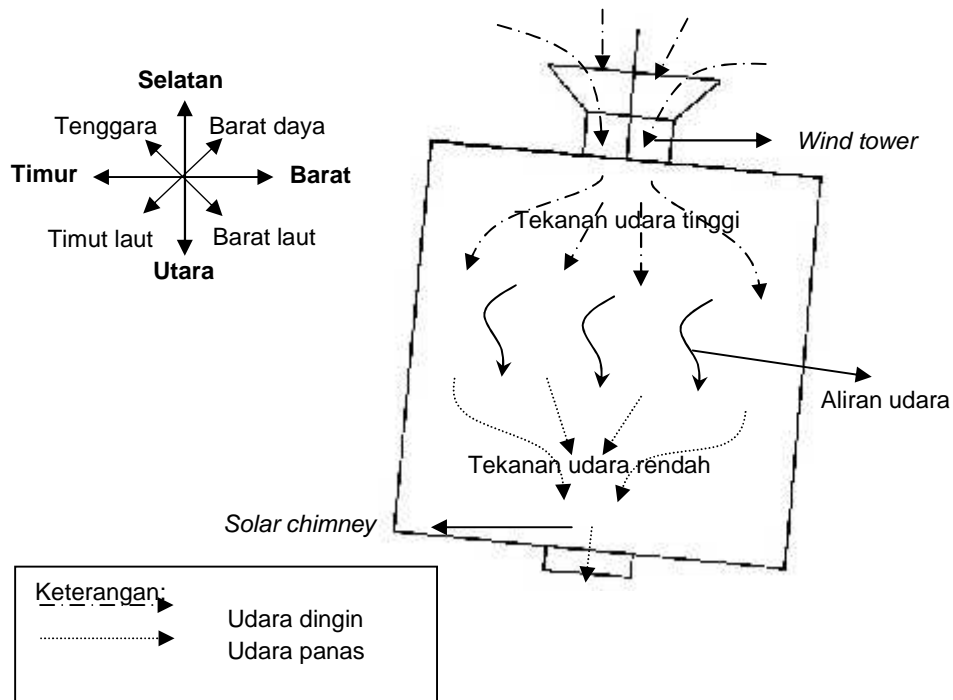
Gambar 5. Arah *wind tower*

Arah *head solar chimney* hendaknya berlawanan dengan arah *wind tower* agar ketika fenomena angin laut terjadi *solar chimney* tidak memasukkan angin ke dalam ruangan. Ketika fenomena angin laut terjadi

dan *solar chimney* memasukkan udara ke dalam ruangan maka aliran udara di dalam ruangan tidak akan terjadi karena *solar chimney* dan *wind tower* sama-sama memasukkan udara. Fungsi lain *solar chimney*

adalah sebagai pemanas udara ketika fenomena angin darat terjadi sehingga mampu membuat sirkulasi udara dan mampu mendinginkan udara ketika suhu malam hari panas. Apabila suhu pada malam hari dingin

maka *window solar chimney* ditutup agar panas di dalam ruangan tetap terjaga sehingga mampu meningkatkan kenyamanan pengguna ruang. Berikut gambar perletakan *wind tower* dan *solar chimney* pada bangunan.



Gambar 6. Perletakan *Wind Tower* dan *Solar Chimney* Pada Bangunan

SIMPULAN

Berdasarkan analisis potensi angin yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta maka didapat kesimpulan mengenai *wind tower* dan *solar chimney* sebagai berikut: 1) Dimensi *wind tower* yang paling ideal adalah tinggi 6 m, panjang 2 m, lebar 1 m ketebalan dinding 0,1 m, kemiringan head sebesar 45° dan panjang head lebih besar dari *column*. Dimensi *solar chimney* yang paling ideal adalah dengan tinggi 6 m, panjang 2 m ketebalan ruang pemanas 0,55 m dan ventilasi penghubung dengan ruang sebesar 0,3 m; 2) Material penyusun *wind tower* yang paling ideal adalah beton styrofoam dan material penyusun *solar*

chimney yang paling ideal adalah logam atau beton (bisa juga digabungkan/komposit) dengan *head* berupa aluminium dan kaca sebagai fasadnya; 3) Arah *head wind tower* pada bangunan menghadap selatan dan barat daya dengan bukaan head lebih lebar dan ditengah diberi pertambahan sehingga memungkinkan angin yang datang dari tenggara dan barat untuk masuk. Perletakan *wind tower* dan *solar chimney* saling membelakangi sehingga angin tidak akan masuk dari kedua lubang dalam waktu yang bersamaan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Bahadori, Mehdi N. & Dehghani-Saniij, Alireza. (2014). *Wind Towers*

Architecture, Climate and Sustainability. New York: Springer.

- [2] Ching, Francis D. K. (2008). *Building Construction Illustrated Fourth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] FEPM (Foundation Energies Pour Le Monde), Observ'ER & EDF. (2013). *Worldwide Electricity Production From Renewable Energy Sources Stats and Figures Series*. Observ'ER.
- [4] Gontikaki, M., Trcka, M. Hensen, J.L.M & Hoes, P. (2010). Optimization of a Solar Chimney Design to Enhance natural Ventilation in a Multi-Storey Office Building. *Proceedings of 10th International Conference for Enhance building Operations, Kuwait: ICEBO*.
- [5] Mehani, Insaf & Settou, N. (2012). Passive Cooling of Building by using Solar Chimney. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation. World Academy of Science, Engineering and Technology Vol:6 2012-09-20, 461-465*.
- [6] Taylor, G. D. (2002). *Materials In Construction Principles, Practice and Performance*. England: Longman.
- [7] UNEP SBCI (United Nations Environment Programme Sustainable Buildings & Climate Initiative). (2009). *Building and Climate Change, Summary for Decision-Maker*. United Nations Environment Programme.