



Peningkatan Performansi *Cooling Tower* Tipe *Induced Draft Counter Flow* Menggunakan Variasi Bentuk *Filler*

Performance improvement of Counter Flow Induced Draft Cooling Tower Using Variations in Filler Forms

Eky Novianarenti^{*}, Gatot Setyono

Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

^{*}Email Penulis Korespondensi: ekynr@itats.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membangun dan menguji sebuah *cooling tower*. *Cooling tower* merupakan sebuah alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air panas dari kondensor dan membuang panas ke atmosfer pada suatu pembangkit listrik. Hal ini dilakukan agar temperatur air panas dari kondensor dapat menjadi dingin seperti kondisi semula. Salah satu komponen penyusun *cooling tower* adalah *filler*. *Filler* (bahan pengisi) adalah komponen yang sangat berpengaruh terhadap kinerja *cooling tower*, dimana permukaan kontak antara air dengan udara diperluas dan waktu kontaknya diperpanjang. Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan metode NTU (Number of Transfer Unit). Adapun variasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu bentuk *filler* lurus, zig zag, dan bergelombang. Parameter yang diamati adalah laju perpindahan panas, kapasitas *cooling tower* dan efektifitas *cooling tower*.

Keywords- *cooling tower*; bentuk *filler*; number of transfer unit; efektifitas *cooling tower*

Abstract. This study aims to build and test a *cooling tower*. *Cooling tower* is a heat exchanger that functions to cool the hot water from the condenser and throw heat into the atmosphere at a power plant. This is done so that the temperature of the hot water from the condenser can cool as the original condition. One component of the *cooling tower* compiler is *filler*. *Filler* is a component that is very influential on *cooling tower* performance, where the contact surface between water and air is expanded and the contact time is extended. The study was conducted experimentally using the NTU (Number of Transfer Unit) method. The variations made in this study are straight *filler*, zig zag, and wavy shape. The parameters observed are the rate of heat transfer, *cooling tower* capacity and the effectiveness of the *cooling tower*.

Keywords- *cooling tower*; *filler* form; number of transfer unit; *cooling tower* effectiveness.

How to cite: Novianarenti Eky, Setyono Gatot (2019) Peningkatan Performansi *Cooling Tower* Tipe *Induced Draft Counter Flow* Menggunakan Variasi Bentuk *Filler*. R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal 4 (1). doi: 10.21070/r.e.m.v4i1.1766

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman kebutuhan pasokan listrik juga semakin bertambah. Jika ditinjau dari pembangkit listrik yang ada di Indonesia, mayoritas masih menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak atau batubara [1, 2]. Saat ini pasokan batubara atau minyak semakin menipis karena membutuhkan waktu yang lama untuk proses pembentukan. Cara mengurangi penggunaan bahan bakar yang berlebih diperlukan pula unit pada pembangkit yang dapat menunjang efisiensi pada suatu pembangkit. Sebagai penunjang beroperasinya unit pembangkit listrik, terdiri dari beberapa sistem pendinginan yang terdapat pada unit pembangkit listrik salah satunya adalah *cooling tower* [3, 4]. Menurut teori yang telah berkembang, *cooling tower* adalah sebuah alat penukar kalor khusus dua fluida (air dan udara) dikontakkan lang-

sung antara satu dengan yang lain untuk memindahkan panas (*waste heat*) ke atmosfer [5–9].

Cooling tower biasanya berbentuk menara kosong tanpa bahan isian (*filler*). Sehingga, butiran-butiran air dijatuhkan dari puncak menara sedangkan udara dihembuskan dari bawah menara. Dengan konfigurasi sedemikian, maka terjadi kontak yang baik antara air panas dengan udara sebagai media pendingin [10–13]. Mekanisme perpindahan kalor utamanya adalah kalor sensibel dan kalor laten penguapan serta prosesnya dianggap adiabatik [14–17].

Dua faktor yang menentukan laju perpindahan kalor dari air panas ke udara sebagai media pendingin adalah waktu kontak dan luas permukaan antar fase (air dan udara). Dengan memberikan *filler* pada menara, maka kedua faktor di atas dapat diperbesar. *Filler* ini berfungsi sebagai pemecah butiran air dan memperlambat gerak

jatuh air sehingga waktu kontak antar fluida lebih lama serta luas bidang kontak juga semakin besar. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagai penunjang mengenai *cooling tower* diantaranya adalah (Panut Mulyono, 2000) dengan memvariasikan tinggi *filler* plastik gelombang untuk mendapatkan karakteristik *cooling tower* [3]. Yusuf Wibisono (2005) juga telah meneliti dengan membandingkan variasi *filler* antara spons dan batu apung pada *cooling tower*. [4] Kesamaan kedua penelitian tersebut adalah tipe *cooling tower* yang digunakan adalah *induced draft* serta terdapat *filler* sebagai objek pengamatan.

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diamati bahwa performansi sebuah *cooling tower* dapat ditunjang melalui penambahan *filler* di dalam column/menara [18–20]. Penelitian kali ini menggunakan prototipe *cooling tower* tipe *induced draft-counter flow*, dengan temperatur masuk fluida air diatur 50°C, divariasikan bentuk *filler* yang diharapkan dapat memperluas penyebaran fluida air dan bidang kontak. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pada bentuk manakah yang menghasilkan nilai efektivitas perpindahan kalor tertinggi.

Dalam usaha memperoleh performa *cooling tower*, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya nilai dari laju perpindahan kalor (*heat transfer*), *Number of transfer unit* (NTU), serta efektifitas dari *cooling tower* itu sendiri. Serta diharapkan dari kegiatan penelitian ini dapat menambah referensi permasalahan terhadap *filler* pada *cooling tower*, di Indonesia khususnya.

METODE

Langkah Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental yaitu dengan membangun sistem dan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Dalam penelitian ini obyek yang diamati adalah *cooling tower* tipe *induced draft* dengan variasi bentuk *filler*. Jenis *cooling tower* yang dibuat adalah *cooling tower* tipe *induced draft* dengan arah aliran *counterflow*.

[Figure 1 about here.]

Diagram skematik dari *set up eksperimental* yang ditunjukkan pada Gambar 1. terdiri dari menara pendingin yang mewakili perangkat utama yang digunakan dalam hal ini, baskom air dingin, baskom air panas yang mengandung pemanas listrik, pompa air, *flowmeter*, *nozzle*, temperatur *display*, *dry* dan *wetbulb sensor*, *fan* aksial, termostat, dan pengisi (*filler*). Kolom menara memiliki bentuk paralel dimensi luasan 400 mm x 400 mm serta total ketinggian *cooling tower* adalah 1400 mm. Rincian instrumen yang digunakan seperti

Material yang digunakan untuk membentuk kolom (menara) adalah akrilik dan material untuk kerangka *cooling tower* adalah besi siku. *Spray nozzle* digunakan untuk

menyemburkan air keseluruh bagian isi kolom. Pada sisi bagian tengah kolom terdapat *filler* yang divariasikan bentuknya dengan menggunakan bahan akrilik. Terdapat tiga variasi bentuk *filler* yang digunakan, yaitu bentuk lurus, bentuk *zig zag*, dan bentuk gelombang seperti yang terlihat pada Gambar 2 (a),(b), dan (c).

[Figure 2 about here.]

Air panas disemprotkan dari *spray nozzle* yang kemudian melewati *filler* yang terdapat pada bagian tengah kolom. Air yang menuju ke arah bawah kolom dikontakkan langsung dengan udara pendingin yang dihisap menggunakan *induced fan* secara *counterflow*. Air yang sudah dingin (berada di bak penampung air dingin) kemudian masuk ke bak penampung air panas kembali untuk didistribusikan ke kolom lagi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kinerja *Cooling Tower Induced draft*

Pada penelitian ini menggunakan variasi kecepatan udara masuk sebagai variabel terkontrol dikarenakan pada variasi susunan *filler* tidak terdapat dasar yang pasti sebagai parameter. Sehingga variasi kecepatan udara masuk dapat mempermudah dalam pembuatan grafik serta analisis data. Sebelumnya yang membedakan ketiga variasi susunan bahan hanyalah bentuk susunan sedangkan jumlah *filler* pada tiap lapisan yang berjumlah 15 *filler* tiap lapisan susunannya.

B. Analisis *heat rejected*, efektifitas, NTU *Cooling tower Induced draft*

Koordinat sumbu x dan y pada Gambar 3 menggambarkan kecepatan udara masuk dan *heat rejected*. Dari grafik ini, menunjukkan pengaruh seluruh bentuk variasi pengaturan *filler* pada *heat rejected* dengan menggunakan kecepatan kontrol menara pendingin. Grafik tren menunjukkan linier yang meningkatkan kecepatan udara seiring dengan meningkatnya *heat rejected*.

[Figure 3 about here.]

Heat rejected dengan *filler* bentuk gelombang lebih tinggi dari pengisi lainnya. Dapat dilihat bahwa pengaruh *heat rejected* dari pengaturan pengisian gelombang adalah kecepatan udara masuk yang tinggi karena kondisi temperatur inlet dan temperatur keluaran yang sama. Peningkatan kecepatan udara mempengaruhi tingkat massa udara lembab yang masuk menara pendingin (\dot{m} moist). Ketika kecepatan udara semakin naik dari 2 m/s; 4 m/s; dan 6 m/s, \dot{m} lembab juga meningkat untuk semua variasi.

[Figure 4 about here.]

Ini sesuai dengan persamaan yang telah dijelaskan bahwa nilai kecepatan udara intake sebanding dengan laju

massa udara lembab. Laju udara lembab akan mempengaruhi laju massa air yang keluar (\dot{m}_w, out) dari menara pendingin. Tetapi di samping semua di atas, $heat\ rejected$ juga dipengaruhi oleh air entalpi keluar ($hw, keluar$). Suhu air yang keluar (Tw, out) menurun ketika kecepatan udara meningkat.

Pengaruh kecepatan udara *intake* terhadap efektivitas ketiga variasi terlihat pada Gambar 4. Dengan menambahkan kecepatan udara *intake* menara pendingin akan mempengaruhi efektivitas. Pada kecepatan udara masuk 6 m / s lebih tinggi dari variasi kecepatan lainnya. Kemudian, diikuti oleh efektivitas pada kecepatan 4 m / s dan 2 m / s. Efektivitas minimum pada kecepatan 2 m / s pada *filler* lurus 0,69 komposisi. Selanjutnya, efektivitas tertinggi diperoleh ketika kecepatan udara 6 m / s dalam pengaturan pengisi gelombang 0.88. Jumlah *filler* berpengaruh pada karakteristik dan akan meningkatkan grafik kecenderungan efektivitas.

[Figure 5 about here.]

Gambar 5 menunjukkan Pengaruh kecepatan udara masuk ke NTU. Variasi pengaturan kecepatan udara *intake* dan *filler* mempengaruhi Number of Transfer Unit (NTU). Nilai NTU dalam kecepatan udara masuk 6 m / s adalah 3,99 dan lebih tinggi dari variasi dan pengaturan kecepatan lainnya. Antara efektivitas dan rasio udara terhadap tingkat kapasitansi efektif atau m^* . Ketika kecepatan udara masuk meningkat, nilai m^* meningkat. Diperoleh peningkatan NTU dalam semua kondisi kecepatan yang sama ketika rasio kepadatan bahan pengepakan diperluas. Karena komposisi *filler* yang semakin berkurang di setiap lapisan dapat berpotensi menciptakan panas yang akan ditransfer ke sistem. NTU menunjukkan bahwa perpindahan panas dalam proses itu memiliki kinerja yang lebih baik. Begitu pula bila dibandingkan dengan kondisi menara pendingin dengan pengaturan *filler* gelombang dibandingkan yang lain.

KESIMPULAN

Beberapa pengujian menggunakan variabel yang berbeda dilakukan untuk rancangan *cooling tower* dengan penambahan *filler* lurus, *zig zag* dan bergelombang. Ditemukan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja menara pendingin adalah kecepatan udara, suhu air *outlet*, efektivitas dan NTU. $Heat\ rejected$ tertinggi yang terjadi pada *filler* bentuk gelombang adalah 4,92 kW, efektivitas tertinggi didapat pada 0,88 pada kecepatan udara pendingin 6 m / s dengan variasi menggunakan *filler* gelombang.

REFERENCES

[1] E. Niken, K. ., A. Ghani, and S. ., *Studi Eksperimen Pengaruh Rasio Kerapatan Bahan Isian Terhadap Performansi Menara Pendingin Tipe Forced*

- Draft Counter Flow*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 2015.
- [2] S. Yohanes, "Karakteristik Menara Pendingin Dengan Isian Ijuk," *Teknik Mesin*, 2010.
- [3] P. Mulyono, "Karakteristik menara pendingin dengan bahan plastik bergelombang. fakultas teknik universitas gajah mada," 2000.
- [4] Y. Wibisono, *Perbandingan Unjuk Kerja Antar Bahan Pengisi Menara Pendingin Tipe Induced Counter Flow*. Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, 2005.
- [5] S. V. Bedekar, P. Nithiarasu, and K. N. Seetharamu, "Experimental investigation of the performance of a counter-flow, packed-bed mechanical cooling tower," *Energy*, vol. 23, pp. 943–947, 1998.
- [6] M. Kintner-Meyer and A. F. Emery, "Cost-optimal design for cooling towers," *ASHRAE Journal*, vol. 37, no. 4, pp. 46–55, 1995.
- [7] M. S. Söylemez, "On the optimum sizing of cooling towers," *Energy Conversion and Management*, vol. 42, pp. 783–789, 2001.
- [8] M. S. Soylemez, "On the optimum performance of forced draft counter flow cooling towers," *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 2335–2341, 2004.
- [9] Y. S. H. Najjar, "Forced draft cooling tower performance with diesel power stations," *Heat Transfer Engineering*, vol. 9, no. 4, pp. 36–44, 1988.
- [10] A. S. Foust, L. A. Wenzel, C. W. Clump, L. Maus, and L. B. Anderson, *Principles of Unit Operations*. New York, USA: John Wiley & Sons, 1979.
- [11] A. K. M. Mohiudding and K. Kant, "Knowledge base for the systematic design of wet cooling towers. Part I: selection and tower characteristics," *International Journal of Refrigeration*, vol. 19, no. 1, pp. 43–51, 1996.
- [12] E. Elsarrag, "Experimental study and predictions of an induced draft ceramic tile packing cooling tower," *Energy Conversion and Management*, vol. 47, no. 15-16, pp. 2034–2043, 2006.
- [13] F. Gharagheizi, R. Hayati, and S. Fatemi, "Experimental study on the performance of mechanical cooling tower with two types of film packing," *Energy Conversion Management*, vol. 48, pp. 277–280, 2007.
- [14] A. F. Mills, "Basic Heat and Mass Transfer," and others, Ed. Prentice Hall, 1999.
- [15] H. R. Goshayshi and J. F. Missenden, "Investigation of cooling tower packing in various arrangements," *Applied Thermal Engineering*, vol. 20, pp. 69–80, 2000.
- [16] J. R. Singham, *Heat Exchanger Design Handbook*. New York, USA: Hemisphere Publishing Corporation, 1983.
- [17] J. C. Kloppers and D. G. Kröger, "Cooling tower performance evaluation: Merkel, Poppe, and e-NTU

methods of analysis,” *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 127, no. 1, pp. 1–7, 2005.

- [18] K. Singh and R. Das, “An experimental and multi-objective optimization study of a forced draft cooling tower with different fills,” *Energy Conversion Management*, vol. 111, pp. 417–430, 2016.
- [19] M. Serna-González, J. M. Ponce-Ortega, and A. Jiménez-Gutiérrez, “MINLP optimization of mechanical draft counter flow wet-cooling towers,” *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 88, pp. 614–625, 2010.
- [20] R. K. Singla, K. Singh, and R. Das, “Tower characteristics correlation and parameter retrieval in wet-cooling tower with expanded wire mesh packing,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 96, pp. 240–249, 2016.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Article History:

Received: 26 November 2018 | Accepted: 5 Juni 2019

| Published: 30 Juni 2019

LIST OF FIGURES

1	Skema cooling tower tipe induced draft dengan filler	22
2	Bentukfiller (a) lurus, (b) zig zag, (c)gelombang dengan bahan akrilik	23
3	Pengaruh kecepatan udara terhadap Heat rejected	24
4	Pengaruh kecepatan udara terhadap efektifitas	25
5	Pengaruhkecepatan udara terhadap NTU	26

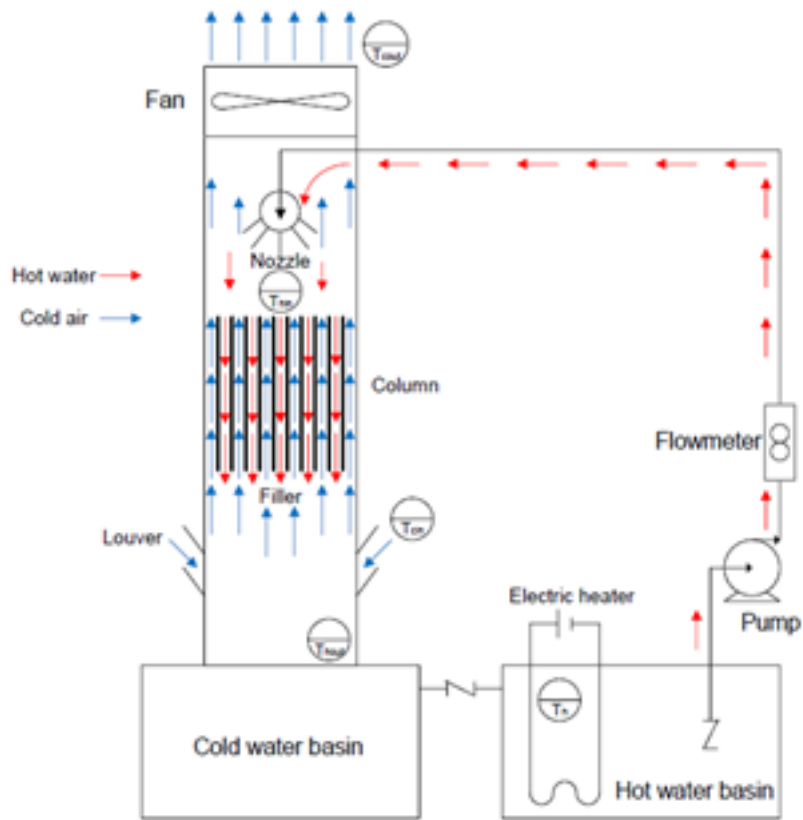


Figure 1. Skema cooling tower tipe induced draft dengan filler

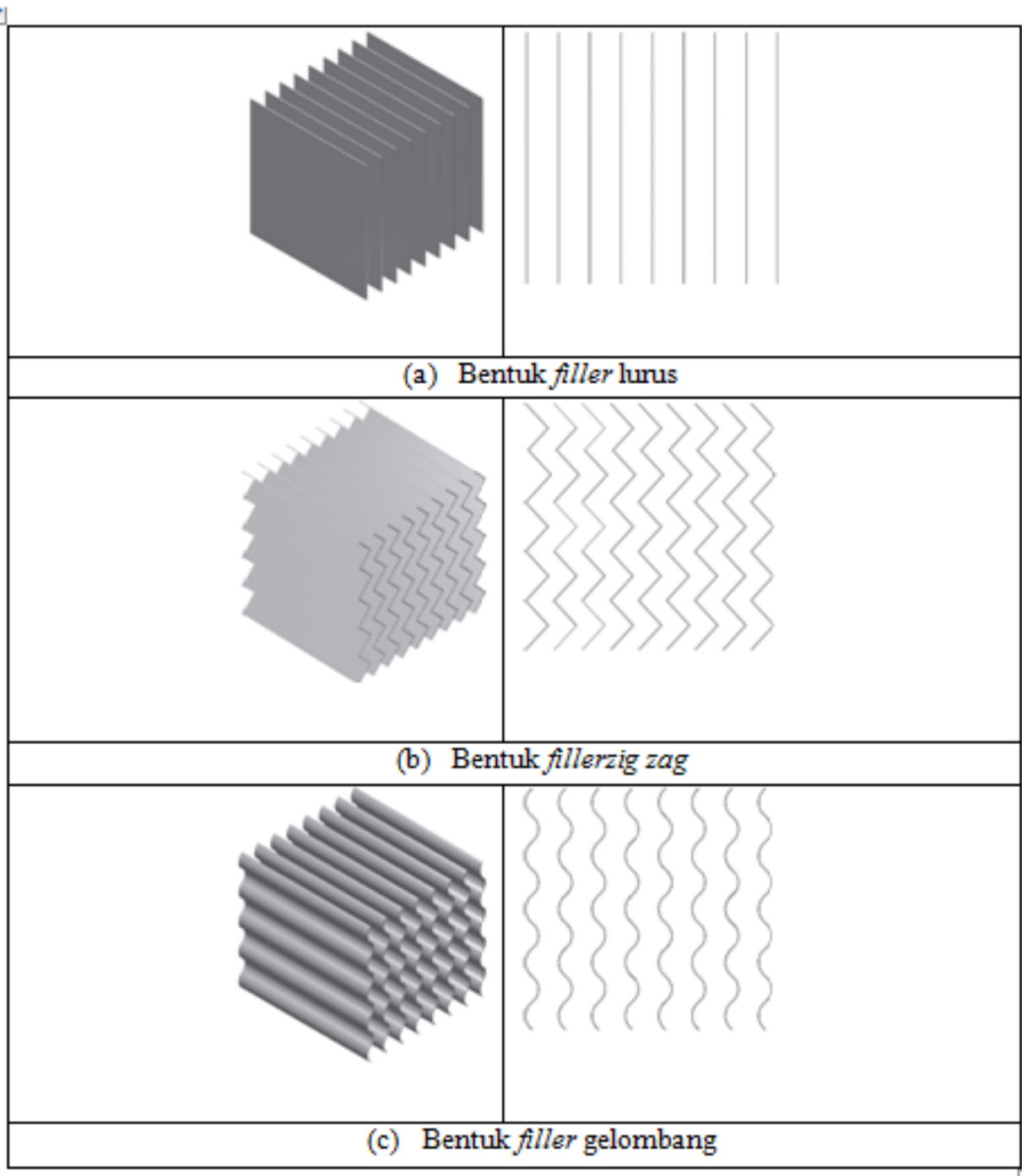


Figure 2. Bentuk filler (a) lurus, (b) zig zag, (c) gelombang dengan bahan akrilik

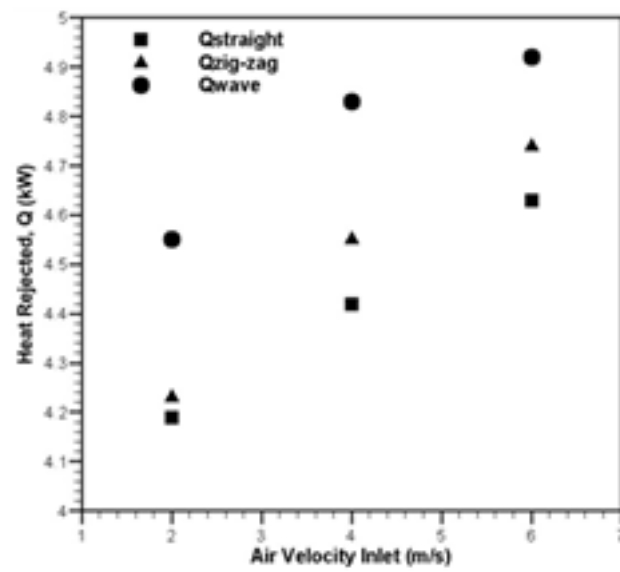


Figure 3. Pengaruh kecepatan udara terhadap Heat rejected

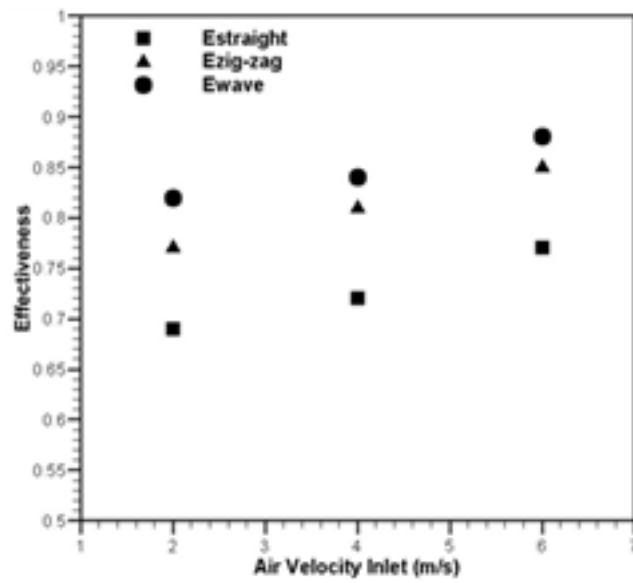


Figure 4. Pengaruh kecepatan udara terhadap efektifitas

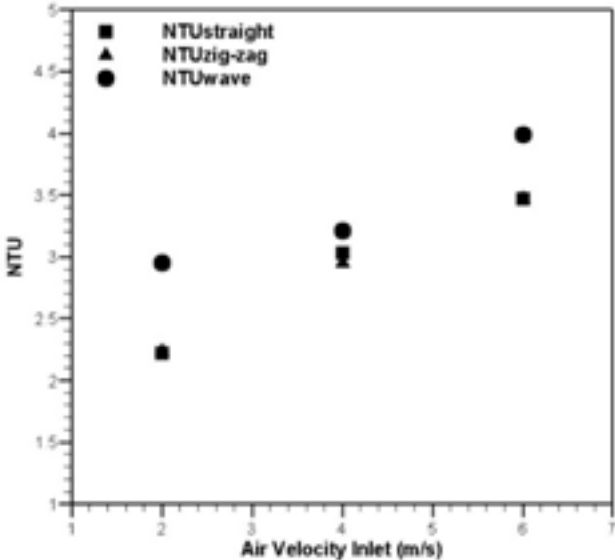


Figure 5. Pengaruhkecepatan udara terhadap NTU