

# SIMULASI NUMERIK UNTUK PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI ALIRAN UDARA DI SEKITAR OBSTACLE BERBENTUK PERSEGI PANJANG

*by* Ekadewi Handoyo

---

**Submission date:** 28-Jun-2019 03:45PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1147675541

**File name:** I\_ALIRAN\_UDARA\_DI\_SEKITAR\_OBSTACLE\_BERBENTUK\_PERSEGI\_PANJANG.pdf (563.42K)

**Word count:** 2235

**Character count:** 13160



## **SIMULASI NUMERIK UNTUK PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI ALIRAN UDARA DI SEKITAR *OBSTACLE* BERBENTUK PERSEGI PANJANG**

Ekadewi A. Handoyo<sup>1</sup>, Wawan Aris<sup>2</sup>, Djatmiko Ichsani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa S3 T. Mesin – Institut Teknologi Sepuluh Nopember/dosen T. Mesin –  
Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>2,3</sup>Teknik Mesin – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Contact person: [ekadewi@petra.ac.id](mailto:ekadewi@petra.ac.id)

### *Abstract*

*Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada aliran udara lebih rendah dibanding dengan yang terjadi pada aliran air. Salah satu upaya untuk meningkatkan konveksi pada aliran udara adalah dengan pemasangan obstacle. Simulasi numerik dilakukan untuk aliran di sekitar obstacle yang berbentuk persegi panjang yang terletak di atas bidang datar dengan kekasaran yang berbeda antara sebelum dan setelah obstacle. Simulasi numerik dilakukan dengan software Fluent 6.3.26 untuk mengetahui aliran dan perpindahan panas konveksi dari obstacle ke aliran udara di atasnya. Kemudian hasil simulasi divalidasi dengan membandingkan bilangan Nusselt yang didapat dari simulasi numerik dengan persamaan Hilpert. Dari simulasi yang dilakukan didapat bahwa model turbulen Standard k-epsilon (SKE) kurang tepat digunakan karena memberikan hasil bilangan Nusselt rata-rata terlalu tinggi. Sedang model turbulen Reliazable K-Epsilon (RKE), Standard K-Omega (SKW), dan Shear-Stress-Transport K-Omega (SSTKW) dapat digunakan untuk simulasi perpindahan panas konveksi aliran udara di sekitar obstacle.*

**Keywords :** *obstacle, simulasi numerik, Fluent*

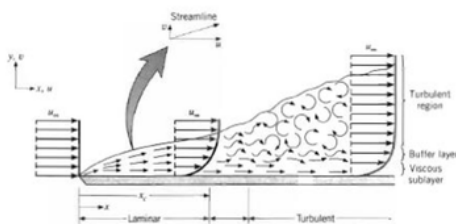


## 1 PENDAHULUAN

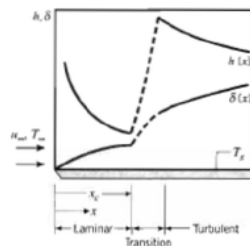
Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada aliran udara biasanya cukup rendah dibanding dengan yang terjadi pada aliran air, terutama pada kecepatan rendah atau daerah laminar. Hal ini sering dijumpai pada kolektor surya yang digunakan sebagai pemanas udara. Udara mengalir di atas atau di bawah plat *absorber* dengan kecepatan yang relatif rendah. Mengingat peralatan ini ramah lingkungan, tentu penting untuk meningkatkan kinerjanya dengan memperbaiki perpindahan panas konveksi antara aliran udara dengan plat *absorber*. Selain untuk meningkatkan kinerja kolektor surya pemanas udara, hasil simulasi juga bermanfaat untuk mengetahui aliran di sekitar unit outdoor AC (*Air Conditioning*) yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur udara sekitar atau aliran udara di sekitar IC (*integrated circuit*) chip atau komponen elektronik lainnya.

Salah satu upaya untuk meningkatkan konveksi antara aliran udara di daerah laminar *sub-layer* dan *buffer layer* adalah dengan pemasangan *obstacle* agar aliran lebih

turbulen. Aliran yang lebih turbulen akan memiliki koefisien perpindahan panas konveksi lebih tinggi seperti pada Gambar 1.



a. Velocity boundary layer



b. Koefisien perpindahan panas konveksi  
Gambar 1. Kondisi aliran di atas plat datar

Nakagawa et al. [1] meneliti pengaruh silinder kotak terhadap perpindahan panas dari plat yang diberi pemanas ke udara yang mengalir di atas plat. Nakagawa membandingkan bilangan Nusselt saat aliran udara menerima panas dari plat tanpa *obstacle* (silinder) kotak dengan saat ada *obstacle* kotak dalam aliran dengan beberapa rasio. Hasil yang didapat ialah bahwa *obstacle* kotak meningkatkan bilangan Nusselt yang berarti meningkatkan perpindahan panas.

*Obstacle* yang banyak digunakan untuk meningkatkan turbulensi mempunyai beragam bentuk. Ebru Kavak Akpinar et al. [2] meneliti pengaruh tiga macam *obstacle*, yaitu bentuk segitiga, daun, dan empat persegi panjang terhadap efisiensi kolektor matahari dan kenaikan temperatur udara saat melaluinya. Hikmet Esen [3] meneliti bentuk *obstacle* plat segitiga yang ditekuk dan tidak ditekuk. Sedang Ben Slama Romdhane [4] meneliti pengaruh baffle terhadap efisiensi kolektor. Semua penelitian memberi hasil bahwa *obstacle* meningkatkan turbulensi aliran, perpindahan panas, dan efisiensi kolektor matahari.

Pada semua paper di atas, penelitian dilakukan secara eksperimen, belum ada analisa aliran di sekitar *obstacle* yang mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi. Sebagai penelitian awal, simulasi numerik dilakukan untuk aliran di sekitar *obstacle* yang berbentuk persegi panjang yang terletak di atas bidang datar dengan kekasaran yang berbeda antara sebelum dan setelah *obstacle*. Simulasi numerik dilakukan dengan software Fluent 6.3.26 untuk mengetahui aliran di sekitar dan perpindahan panas dari *obstacle* ke aliran udara di atasnya. Analisa perpindahan panas konveksi dilakukan dengan menganalisa bilangan Nusselt yang terjadi pada *obstacle*.

## 2. METODE (b)

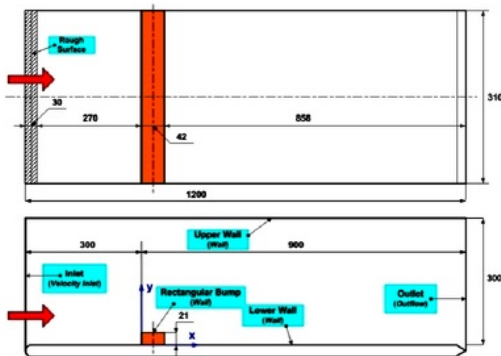
Simulasi dilakukan untuk aliran udara yang melintasi *obstacle* berbentuk persegi panjang yang menempel pada tanah atau dinding/plat bawah. Aliran ini dapat dianggap aliran 2D. Geometri problem untuk *obstacle* berbentuk persegi panjang dapat dilihat pada Gambar 2.

Simulasi numerik menggunakan Fluent dengan mengambil beberapa model turbulensi, yaitu Standard k-epsilon (SKE), Reliazable k-epsilon (RKE),



Standard k-omega (SKW), dan Shear-Stress-Transport (SST) k-omega (SSTKW).

Aliran udara mengalir dari inlet pada 9,75 m/s, 300 K, 1 atm di sebelah kiri lalu mengalir di atas *obstacle* dan kemudian ke luar ke sisi outlet di sebelah kanan. Perpindahan panas terjadi dari *obstacle* yang juga disebut *rectangular bump* yang dijaga pada temperatur lebih tinggi dari aliran udara, yaitu 373 K.

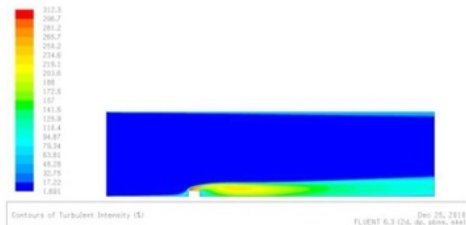


Gambar 2. Geometri set-up *obstacle* 2D berbentuk persegi panjang (satuan dalam cm).

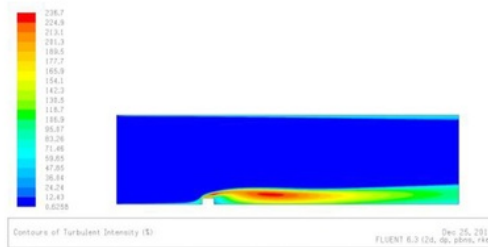
Validasi hasil simulasi adalah dengan membandingkan bilangan Nusselt yang didapat dari Fluent dengan persamaan empiris yang didapat dari Incropera [5].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

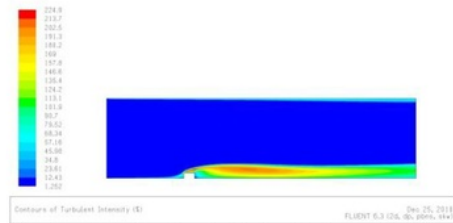
Hasil simulasi untuk intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan keempat model turbulen dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 6.



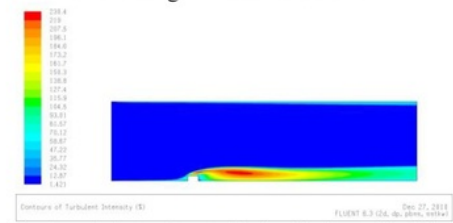
Gambar 3. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE.



Gambar 4. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen RKE.



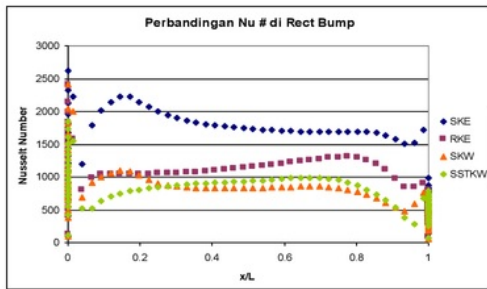
Gambar 5. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKW.



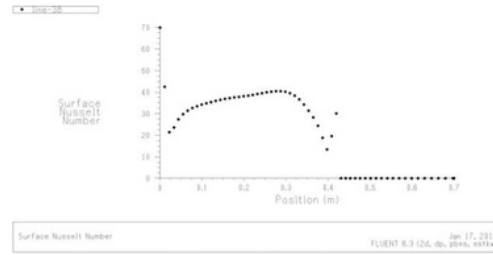
Gambar 6. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SSTKW.

Dari Gambar 3 – 6 terlihat bahwa intensitas turbulensi yang tinggi terjadi di ujung atas *obstacle* dan kemudian berangsur-angsur berkurang ke arah belakang *obstacle*. Hal ini nampak jelas pada model SKE. Aliran yang turbulen membuat perpindahan panas secara konveksi lebih tinggi. Parameter dimensionless yang menyatakan besar perpindahan panas konveksi adalah bilangan Nusselt. Oleh karenanya, perpindahan panas konveksi akan dianalisa melalui bilangan Nusselt.

Dari simulasi numerik didapat bilangan Nusselt pada bagian atas *obstacle* (selanjutnya disebut *bump*) seperti pada Gambar 7 dan pada aliran sedikit di atas *bump* (di  $y = 22$  cm) pada gambar 8 a, b, c, dan d. Bilangan Nusselt pada lokasi lain sangat rendah mendekati nol, seperti pada gambar 8 terlihat di lokasi  $x$  lebih besar dari 0.42 m (berarti di luar *bump*) untuk semua model turbulen. Hal ini juga terjadi untuk aliran di atas  $y = 22$  cm.

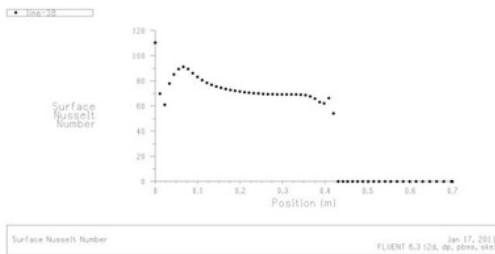


Gambar 7. Perbandingan bilangan Nusselt pada bagian atas Rectangular Bump.

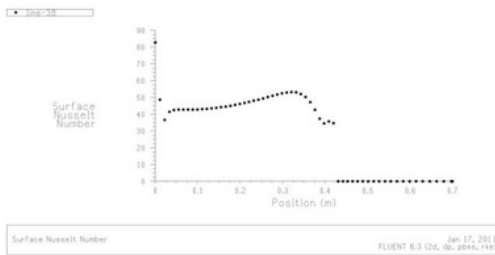


d. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model SSTKW

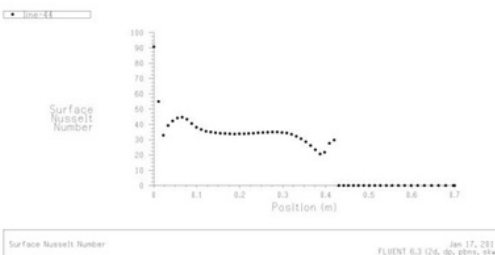
Gambar 8. Perbandingan bilangan Nusselt pada aliran sedikit di atas Rectangular Bump.



a. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model SKE



b. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model RKE



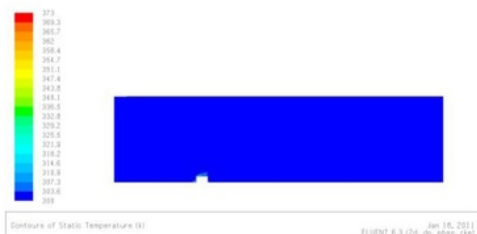
c. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model SKW

Dari Gambar 7 dan semua Gambar 8 terlihat model SKE memberikan hasil simulasi bilangan Nusselt yang mempunyai trend sama dengan model SKW dan model RKE memberikan trend yang sama dengan SSTKW.

Hasil simulasi untuk profil temperatur aliran udara di sekitar bump dengan beberapa model turbulen dapat dilihat pada Gambar 9 sampai Gambar 12. Dari keempat profil terlihat bahwa aliran udara yang mempunyai temperatur tinggi hanya aliran yang sangat dekat dengan bump. Hasil ini bersesuaian dengan bilangan Nusselt yang lebih dari nol hanya di permukaan atas bump.

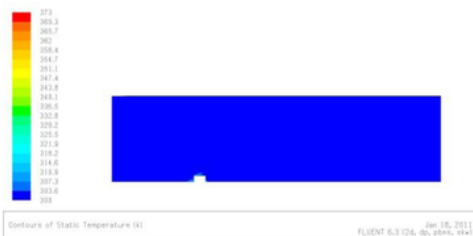


Gambar 9. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE

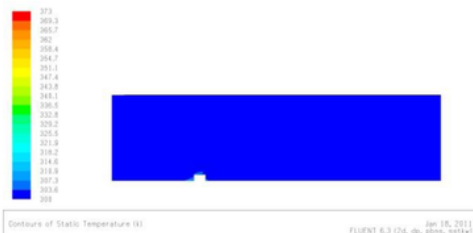


Gambar 10. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen RKE



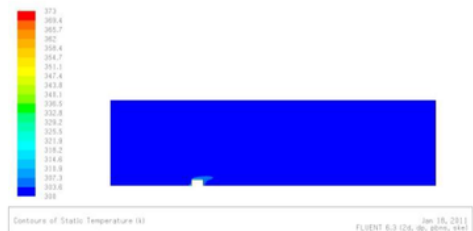


Gambar 11. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKW



Gambar 12. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SSTKW.

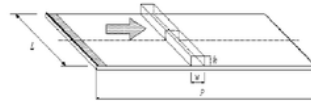
Perpindahan panas yang terjadi dari bump ke aliran udara sangat kecil karena sumber panas yaitu bump mempunyai dimensi yang sangat kecil dibanding aliran udara yang melintasinya. Lebih lagi aliran udara di inlet sangat tinggi yaitu 9,75 m/s. Jika aliran udara di inlet lebih rendah, misalnya 1,7 m/s, maka dari Gambar 13 untuk model SKE terlihat bahwa aliran udara yang meningkat temperaturnya lebih luas. Dengan kata lain, perpindahan panas dari bump ke udara lebih *significant* jika aliran udara lebih lambat.



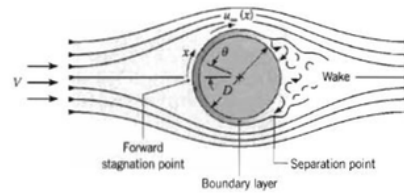
Gambar 13. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE dengan kecepatan inlet 1,7 m/s

Dari hasil simulasi di atas terlihat bahwa intensitas turbulensi yang tinggi di bagian belakang bump seperti ditunjukkan pada Gambar 3 – 6 tidak menjamin perpindahan panas juga tinggi di daerah tersebut. Perpindahan panas dari bump ke aliran udara hanya terjadi di sisi atas bump dan tidak ada

rambatan panas ke arah belakang bump. Hal ini dapat dimengerti karena bump berada di atas plat datar seperti pada Gambar 14 a. Sedang literatur pada umumnya membahas aliran melintasi bump/silinder persegi panjang tanpa ada plat di bawah silinder atau dengan kata lain aliran mengalami kontak dengan seluruh permukaan silinder seperti pada Gambar 14 b.



a. Aliran hanya melalui bagian atas silinder kotak.



b. Aliran melalui seluruh silinder

Gambar 14. Problem berbeda yang dipelajari

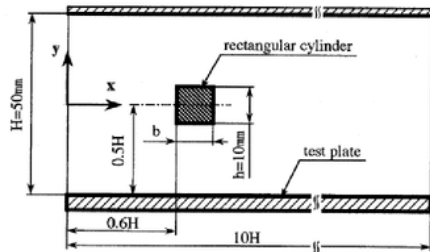
Profil temperatur yang menunjukkan bahwa perpindahan panas hanya terjadi di bagian atas bump dapat menjadi panduan dalam mengatur peletakan bump jika kita ingin memasang tambahan bump yang paralel dalam arah aliran. Namun, bump yang dipasang di atasnya tidak lagi menyerupai Gambar 14 a melainkan Gambar 14 b. Untuk itu diperlukan simulasi numerik untuk mengkaji perpindahan panas jika seluruh permukaan bump kontak dengan aliran udara.

## 2 4. VALIDASI

Hasil simulasi numerik perlu divalidasi dengan hasil eksperimen atau persamaan yang telah diakui sebagai benar. Namun, penulis tidak menemukan literatur atau publikasi terkait yang dapat dijadikan pembandingan untuk validasi hasil simulasi perpindahan panas dengan keempat model turbulen yang dipakai. Kebanyakan literatur memberikan persamaan untuk bilangan Nusselt local pada permukaan silinder bentuk bulat di mana fluida mengalir melaluinya seperti pada Gambar 14b, belum ada yang untuk silinder persegi panjang. Selain itu, kebanyakan publikasi terkait aliran di silinder persegi panjang membahas dinamika fluida seperti koefisien drag, lift, titik separasi, titik reattachment dan belum ditemui publikasi yang membahas perpindahan panas yang terjadi pada/dari silinder persegi panjang



dengan detail. Nakagawa et al. [1] membahas hasil penelitian yang dilakukan dengan skema seperti pada Gambar 15. Namun, hasil tersebut tidak dapat digunakan untuk validasi, karena dua hal. Yang pertama, letak silinder persegi panjang berada di tengah-tengah saluran dengan fluida mengalir melaluinya, bukan terletak pada bidang bawah dan yang kedua sumber panas bukan silinder tetapi plat bagian bawah yang disebut test plate pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram test section penelitian Nakagawa et al. [1]

Oleh karena kesulitan di atas, maka validasi dilakukan dengan membandingkan bilangan Nusselt rata-rata aliran melalui bump. Incropera [5] memberikan persamaan Hilpert yang dapat digunakan untuk mencari bilangan Nusselt rata-rata bagi aliran yang melintasi silinder seperti pada Gambar 14b. Adapun persamaan Hilpert tersebut sebagai berikut:

$$\overline{Nu}_D = C Re_D^m Pr^{1/3}$$

dimana nilai konstanta  $C$  dan  $m$  untuk penampang berbentuk persegi panjang adalah:  
 $C = 0,102$  dan  $m = 0,675$ .

Bilangan Reynolds untuk aliran udara dengan kecepatan free stream yang sama dengan kecepatan inlet = 9,75 m/s dan temperatur free stream = 300 K adalah:

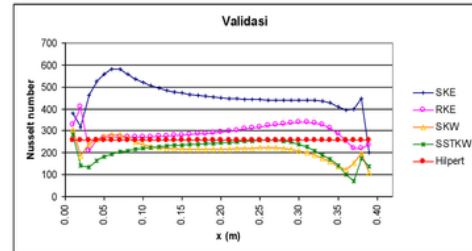
$$Re_D = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1,1614 \times 9,75 \times 0,21}{184,6 \times 10^{-7}} = 128817,3$$

Dengan demikian besar bilangan Nusselt rata-rata untuk aliran melintang silinder persegi panjang dengan diameter hidrolis = 0,21 m adalah:

$$\overline{Nu}_D = 0,102 \times 128817,3^{0,675} \times 0,707^{1/3} = 255,65$$

Validasi bilangan Nusselt dilakukan dengan membandingkan nilai yang didapat dari persamaan Hilpert dengan hasil simulasi numerik. Hasil simulasi numerik didapat dengan mencari harga rata-rata bilangan Nusselt pada permukaan di atas bump dan pada aliran sedikit di atas bump untuk keempat

model turbulen. Gambar 16 menunjukkan perbandingan bilangan Nusselt rata-rata dari keempat model dengan persamaan Hilpert.



Gambar 16. Perbandingan bilangan Nusselt dari simulasi numerik dengan persamaan Hilpert

Dengan mengambil nilai dari persamaan Hilpert sebagai nilai yang benar, maka dari Gambar 16 terlihat bahwa model SKE memberikan bilangan Nusselt rata-rata yang terlalu tinggi. Sedangkan tiga model yang lain memberikan hasil dengan selisih yang tidak terlalu besar. Dengan demikian, model turbulen RKE, SKW, dan SSTKW dapat digunakan untuk simulasi numerik yang melibatkan perpindahan panas konveksi antara *obstacle* berbentuk persegi panjang dengan aliran fluida yang mengalir di atasnya.

## 5. KESIMPULAN

- Perpindahan panas konveksi hanya terjadi di bagian atas *obstacle* persegi panjang yang menempel pada bidang bawah.
- Model turbulen SKE memberikan hasil bilangan Nusselt rata-rata terlalu tinggi.
- Model turbulen RKE, SKW, dan SSTKW dapat digunakan untuk simulasi perpindahan panas konveksi.

## Notasi

$C$	konstanta	
$m$	konstanta	
$\rho$	massa jenis	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\mu$	viskositas	[N.s/m <sup>2</sup> ]
$d$	diameter	[m]
$v$	kecepatan fluida	[m/det]
$Re_D$	bilangan Reynold	
$Pr$	bilangan Prandtl	
$\overline{Nu}_D$	bilangan Nusselt rata-rata	

## Daftar Pustaka



- [1] Shinji Nakagawa, Tamoru Senda, Atshushi Hiraide, Shinczo Kikkawa, *Heat Transfer Characteristics In A Chamel Flow With A Rectangular Cylinder*, JSME International Journal, Series B, Volume 42, No. 2, pp. 188 – 196, 1999.
- [2] Ebru Kavak Akpınar, Fatih Koçyiğit, *Experimental Investigation Of Thermal Performance Of Solar Air Heater Having Different Obstacles On Absorber Plates*, International Communications in Heat and Mass Transfer, 37, pp. 416 – 421, 2010.
- [3] Hikmet Esen, *Experimental Energy And Exergy Analysis Of A Double-Flow Solar Air Heater Having Different Obstacles On Absorber Plates*, Building and Environment 43, pp. 1046 – 1054, 2008.
- [4] Ben Slama Romdhane, *The Air Solar Collectors: Comparative Study, Introduction Of Baffles To Favor The Heat Transfer*, Solar Energy 81, pp. 139 – 149, 2007.
- [5] Frank P. Incropera & David P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 5<sup>th</sup> ed, John Wiley & Sons, 2002.



# SIMULASI NUMERIK UNTUK PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI ALIRAN UDARA DI SEKITAR OBSTACLE BERBENTUK PERSEGI PANJANG

## ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	3%
2	<a href="https://media.neliti.com">media.neliti.com</a> Internet Source	1%
3	Submitted to Pukyong National University Student Paper	1%
4	<a href="https://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	1%
5	<a href="https://ijerd.com">ijerd.com</a> Internet Source	1%
6	"Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol. I – Vol. V)", Springer Nature, 2009 Publication	1%
7	<a href="http://www.pu-toyama.ac.jp">www.pu-toyama.ac.jp</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://www.netl.doe.gov">www.netl.doe.gov</a> Internet Source	1%

---

Exclude quotes      On

Exclude matches      < 5 words

Exclude bibliography      On