

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN 6



Penemuan dan Inovasi Teknik Mesin Dalam  
Pengembangan Industri Nasional

**16 JUNI 2011**

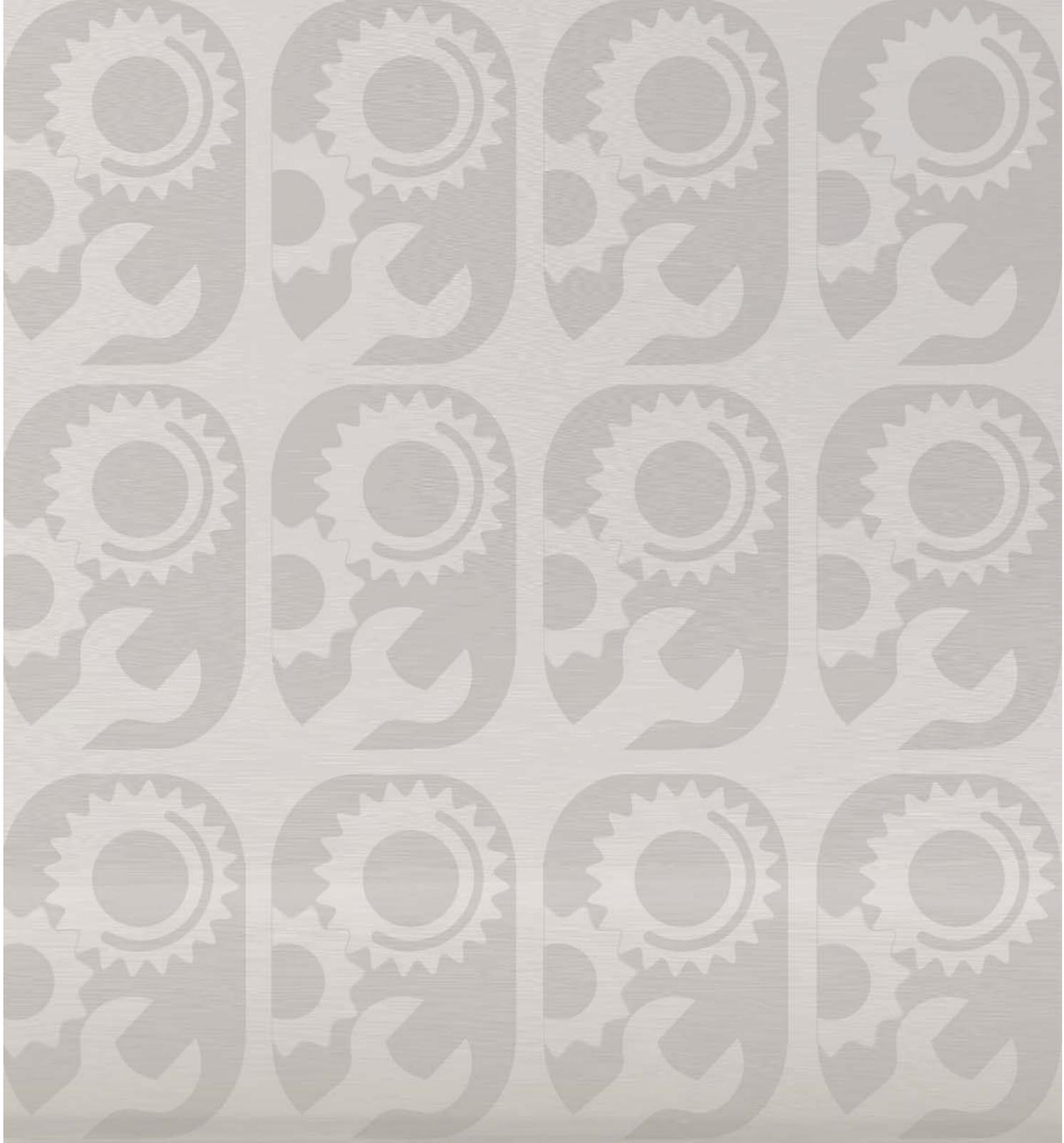
UNIVERSITAS KRISTEN PETRA  
SURABAYA

Tim Editor:

Hariyo S.Pratomo. ST.,MPhil  
Roche Alimin ST.,MEng



**Penerbit**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS KRISTEN PETRA**  
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya 60236



ISBN 978-979-25-4415-2



9 789792 544152

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN VI**  
“Penemuan dan Inovasi Teknik Mesin dalam Pengembangan Industri Nasional”.  
Surabaya, 16 Juni 2011

Hak Cipta © 2011 oleh SNTM VI  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Kristen Petra

Dilarang mereproduksi, mendistribusikan bagian atau seluruh naskah publikasi ini dalam segala bentuk apapun tanpa seijin Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh:  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 – 131  
Surabaya 60236  
INDONESIA

**ISBN: 978-979-25-4415-2**

**SUSUNAN REVIEWER  
SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN VI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS KRISTEN PETRA**

1. Prof. Dr. Ir. Eddy Sumarno Siradj, MSc  
(Universitas Indonesia)
2. Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA  
(Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
3. Prof. Ir. I. N. G. Wardhana, MEng., PhD  
(Universitas Brawijaya)
4. Dr. Ir. Berkah Fajar T. K., Dipl.-Ing.  
(Universitas Diponegoro)
5. Prof. Dr.-Ing Ir. Herman Sasongko, Dipl.-Ing.  
(Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
6. Ir. H. R. Soekrisno, MSME, PhD  
(Universitas Gadjah Mada)
7. Dr. Ir. Zainal Abidin  
(Institut Teknologi Bandung)
8. Dr.-Ing Suwandi Sugondo, Dipl.-Ing.  
(PT. Agrindo)
9. Juliana Anggono, ST., MSc., PhD  
(Universitas Kristen Petra)

## DAFTAR ISI

	Halaman
SUSUNAN REVIEW .....	ii
SUSUNAN PANITIA .....	iii
SAMBUTAN KETUA JURUSAN .....	iv
SAMBUTAN KETUA PANITIA .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
 <i>DESAIN</i>	
1. PENGOLAH AIR UNTUK DAERAH BENCANA DENGAN SISTEM MODULAR <i>Gamawan Ananto, Albertus B. Setiawan</i> .....	1-5
2. CASCADE FULL STATE FEEDBACK CONTROL METHOD FOR BALL-CART SYSTEMS <i>Hendro Nurhadi, Yunarko Triwinarno</i> .....	6-9
3. PEMODELAN DINAMIKA <i>CONTAINER CRANE</i> BERKAPASITAS 40 TON <i>Paryanto, Rusnaldy, Sugiyanto, Jamari, Yusuf Umardani, Norman Iskandar</i> .....	10-14
4. PERANCANGAN PINTU GESER BUSWAY YANG LEBIH KOMPAK <i>Tono Sukarnoto, Randi Hadiyanto, Hendra Prasetyo</i> .....	15-20
5. A GENERIC ROBOT DYNAMICS FORMULATION WITH EASY SIMPLIFICATION PROCEDURE <i>Dandy B. Soewandito</i> .....	21-28
6. LINEARIZED JOINT SPACE ADAPTIVE CONTROL FOR SERIAL ROBOTIC MANIPULATOR <i>Dandy B. Soewandito</i> .....	29-36
7. MULTIREGRESSION PARAMETER TEBAL BRAKE PAD TERHADAP WAKTU Pengereman <i>Ian Hardianto Siahaan, Andre Welianto</i> .....	37-40
8. SISTEM SUSPENSI ELASTIS UNTUK JOK MOBIL <i>MULTI PURPOSE VEHICLE</i> <i>Joni Dewanto, Christian Rachmat</i> .....	41-44
9. KAJIAN ANALISA TEGANGAN RANTAI WEAK LINK DENGAN MENGGUNAKAN OPENFOAM <i>Mohammad Alexin Putra</i> .....	45-47
10. MODEL PROGNOISIS UNTUK BANTALAN GELINDING <i>Moh. Arozi, Achmad Widodo, Joga Dharma Setiawan</i> .....	48-52
11. SUSTAINABLE PRODUCT DESIGN FOR MOTOR CYCLE CAST WHEEL USING FINITE ELEMENT APPLICATION AND PUGH'S CONCEPT SELECTION METHOD <i>Willyanto Anggono, Billy Fernando Pisa, Sugeng Hadi Susilo</i> .....	53-57

12. PEMODELAN CIRI GETARAN TEORITIK DAN EKSPERIMENTAL UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN PERGANTIAN <i>BEARING</i> SEBAGAI UPAYA MENGEMBANGKAN <i>PREDICTIVE MAINTENANCE ENGINE SHIPS</i> <i>Achmad Zubaydi, I. Made Ariana, L. Baliwangi, A.A. Masroeri, F. Louhenapessy</i> .....	58-65
13. OUSSAMA KHATIB'S OPERATIONAL SPACE FORMULATION FOR SERIAL ROBOT MANUPULATOR <i>Dandy B. Soewardito</i> .....	66-73
14. EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL STUDY OF DISPLACEMENT OF ARTIFICIAL BASILAR MEMBRANE (ABM) PROTOTYPE <i>Harto Tanujaya</i> .....	74-76
<b>KONVERSI ENERGI</b>	
15. KONVERSI PERFORMANCE TEST ON VAC SYSTEM OF UPS BUILDING <i>Toto Supriyono, Kurniawan</i> .....	77-80
16. SINTESIS BAHAN KERAMIK BERBASIS ABU TERBANG HASIL INSINERASI SAMPAH <i>Athanasius P. Bayuseno</i> .....	81-84
17. ANALISA REGRESI METODE PARAMETRIK PADA KARAKTERISASI BEBAN PENDINGINAN TERHADAP BIAYA PEMBUATAN DESAIN <i>COLD STORAGE</i> MENGGUNAKAN PANEL SURYA <i>Boni Sena, Fauzun, Indarto</i> .....	85-88
18. PENGUJIAN KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS DAN FAKTOR GESEKAN PADA PENUKAR KALOR PIPA KONSENTRIK DENGAN <i>HALF LENGTH</i> DAN <i>FULL LENGTH TWISTED TAPE INSERT</i> <i>Tri Istanto, Wibawa Endra Juwan, Indri Yaningsih</i> .....	89-95
19. SIMULASI NUMERIK UNTUK PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI ALIRAN UDARA DI SEKITAR <i>OBSTACLE</i> BERBENTUK PERSEGI PANJANG <i>Ekadewi A. Handoyo, Wawan Aris, Djatmiko Ichsani</i> .....	96-100
20. UJI EXPERIMENTAL ROTOR <i>HELICAL SAVONIUS</i> DIBANDINGKAN DENGAN ROTOR SAVONIUS <i>M. Alexin Putra, Mulyadi, Ganjar Pribadi, Taufiq Marwardinata, Tito Shantika</i> .....	101-103
21. <i>STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK TENTANG PRESSURE DROP ALIRAN DI DALAM RECTANGULAR ELBOW 90° DENGAN GUIDE VANE PADA REYNOLDS NUMBER 140000</i> <i>Sutardi, Amalina R.</i> .....	104-108
22. APLIKASI SISTEM DUAL FUEL BENSIN DAN SYN GAS HASIL GASIFIKASI BIOMASSA PADA MOTOR BENSIN STASIONER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK <i>Bambang Sudarmanta, Eko Wahyu Dirgantara</i> .....	109-115
23. ANALISA KEGAGALAN KEBOCORAN PIPA 8 INCHI PADA INSTALASI PIPA PENGOLAHAN GAS ALAM <i>Beny Bandanadjaja, M. Achyarsyah</i> .....	116-118
24. ANALISA TEORITIS POMPA KALOR TEMPERATUR TINGGI BERBANTU PEMANAS ENERGI SURYA <i>Djuanda, Aryadi Suwono, Ari Darmawan Pasek, Nathanael P. Tandian</i> .....	119-125

58-65	25. KAJI EKSPERIMENTAL KOLEKTOR SURYA PIPA KALOR SEBAGAI PENYUPLAI ENERGI TERMAL SISTEM POMPA KALOR TEMPERATUR TINGGI <i>Nugroho Gama Yoga, Aryadi Suwono, Abdurrachim, Toto Hardianto</i> .....	126-130
66-73	26. PENELITIAN AWAL PENGEMBANGAN ROTOR DAN NOSEL YANG DIPAKAI DALAM SISTEM DESALINASI DAN PEMBANGKITAN LISTRIK <i>Hery Sonawan, Abdurrachim Halim</i> .....	131-135
<b>MANUFAKTUR</b>		
74-76	27. ANALISA VARIASI <i>POST WELD HEAT TREATMENT</i> TERHADAP KETANGGUHAN PADA PENGELASAN <i>DISSIMILAR METALS</i> ANTARA BAJA KARBON (ST42) DAN BAJA TAHAN KARAT (AISI 304) <i>Agus Hariyanto, Suwanto</i> .....	136-141
77-80	28. PENGARUH WAKTU PEMINDAHAN SELAMA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK BESI TUANG NODULAR FCD 500 <i>Indra Sidharta, Wajan Berata</i> .....	142-146
81-84	29. PENGARUH VARIASI WAKTU DAN KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP KEKERASAN DAN LAJUKOROSI DARI LAPISAN NIKEL ELEKTROPLATING PADA PERMUKAAN BAJA KARBON SEDANG <i>Nelson Seleman Luppa, Viktor Malau</i> .....	147-152
85-88	30. UPAYA PERBAIKAN PROSES PRODUKSI PADA PRODUK AS SEPEDA MOTOR DENGAN METODE <i>DIRECT-DRIVE FRICTION WELDING</i> <i>Nur Husodo, Budi Luwar S., Arino Anzip, Hari Subiyanto</i> .....	153-158
89-95	31. PENGARUH BENTUK DAN SUDUT KETIRUSAN PENAMBAH ( <i>RISER</i> ) TERHADAP CACAT PENYUSUTAN ( <i>SHRINKAGE</i> ) PADA <i>ALUMINIUM SAND CASTING</i> <i>Soeharto, Riris Hikmawati</i> .....	159-163
96-100	32. PENGEMBANGAN <i>G/M CODE</i> GENERATOR UNTUK APLIKASI PROSES CNC <i>ENGRAVING</i> <i>Susilo Adi Widyanto</i> .....	164-168
101-103	33. SPECIFIC WEAR RATE MATERIAL HIGH DENSITY POLY-ETHYLENE <i>Yusuf Kaelani, Tegar Prayogi</i> .....	169-174
104-108	34. PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS <i>AUSTENITIC STAINLESS STEEL</i> DAN BAJA KARBON <i>Agoes Duniawan, Mochammad Noer Ilman, Mudjijana</i> .....	175-178
109-115	35. ANALISIS KEGAGALAN MATERIAL BALL VALVE PADA INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK LEPAS PANTAI – GRESIK <i>Mochamad Achyarsyah, Beny Bandanadjaja</i> .....	179-181
116-118	36. PENGARUH PENAMBAHAN GRAFIT PADA ALUMINIUM COR TERHADAP KEAUSAN <i>Heru Suryanto, Hasan Ismail</i> .....	182-186
119-125	37. PEMODELAN DAN PENGUKURAN DEFORMASI PLASTIS PADA KONTAK ANTAR ASPERITI <i>Jamari, B.S. Hardjuno, R. Ismail, M. Tauviqirrahman dan Sugiyanto</i> .....	187-190

38.	STUDY ANALISIS PENGARUH BEBAN TERHADAP KARAKTERISTIK PENINGKATAN TEMPERATUR PADA BENDA KERJA PADA PROSES MICRO FORGING MATERIAL ALUMINIUM DENGAN KONDISI COLD WORKING, SISTEM CLOSED DIE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE DEFORM 2D <i>Norman Iskandar, Rusnaldy, Ismoyo Haryanto, Paryanto</i> .....	191-196
39.	THE INFLUENCE OF 0%, 2%, 6% STEEL FIBRE VOLUME PERCENTAGES ON THE TENSILE PROPERTIES OF GLASS FIBRE REINFORCED PEEK HYBRID COMPOSITES <i>Putu Suwarta, Wajan Berata</i> .....	197-200
40.	POROSITAS DAN KEKUATAN TARIK ALUMINIUM A6061 HASIL PENGECORAN SENTRIFUGAL HORIZONTAL DENGAN PEMANASAN AWAL CETAKAN <i>Yudy S. Irawan, Praditya W. Putra, Winarno Y. Atmojo, Tjuk Oerbandono</i> .....	201-205
41.	PENGARUH SUDUT ALUR V TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN LAS MIG BAJA A 36 PADA KONSTRUKSI KAPAL <i>Buyung R. Machmoed, Mochammad Noer Ilman</i> .....	206-210
42.	PENGARUH IMPLANTASI ION NITROGEN TERHADAP KEKERASAN DAN UMUR PAHAT HSS <i>Dwi Handoko</i> .....	211-115
43.	PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PENAHANAN PADA PROSES LIQUID CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 1025 MENGGUNAKAN CAMPURAN 75% NaCN, 5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> DAN 20% NaCl SERTA MEDIA PENDINGIN AIR <i>Wahyu Purwo Raharjo</i> .....	216-220
44.	PENGARUH WAKTU PEMANASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR FASA PADUAN ALUMINIUM FERONIKEL <i>M. Husna Al Hasa, Anwar Muchsin, Ahmad Paid</i> .....	221-225
45.	KARAKTERISASI MATERIAL KOMPOSIT JERAMI-EPOKSI YANG DIBUAT DENGAN PROSES VACUUMBAG <i>Wahdan Kurniawan, Dedi Lazuardi</i> .....	226-229



## **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 Ichsan<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.*

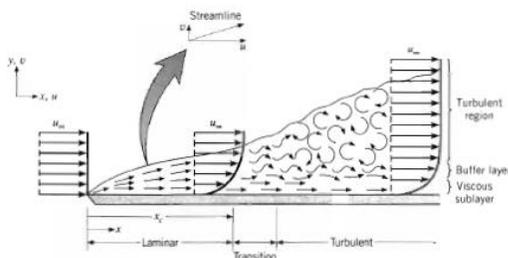
*Keywords : obstacle, simulasi numerik, Fluent*

## 1 PENDAHULUAN

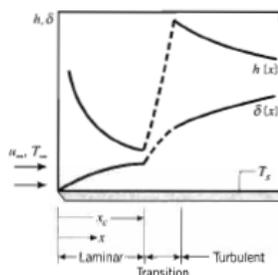
Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada aliran udara biasanya cukup rendah dibanding dengan yang terjadi pada aliran air, terutama pada kecepatan rendah atau daerah laminar. Hal ini sering dijumpai pada kolektor surya yang digunakan sebagai pemanas udara. Udara mengalir di atas atau di bawah plat *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)

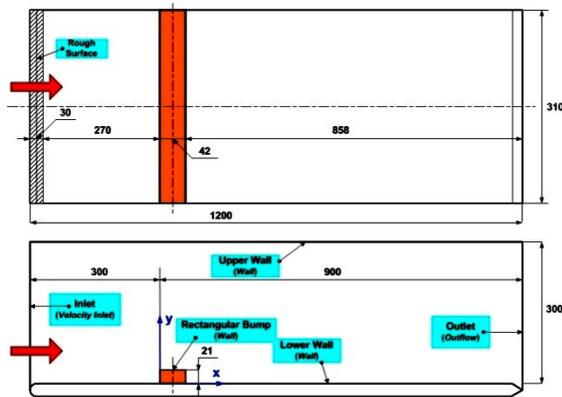
Simulasi dilakukan untuk aliran udara yang melintasi *obstacle* berbentuk persegi panjang yang menempel pada tanah atau dinding/plat bawah. Aliran ini dapat dianggap aliran 2D. Geometri problem untuk *obstacle* berbentuk persegi panjang dapat dilihat pada Gambar 2.

Simulasi numerik menggunakan Fluent dengan mengambil beberapa model turbulen, 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.

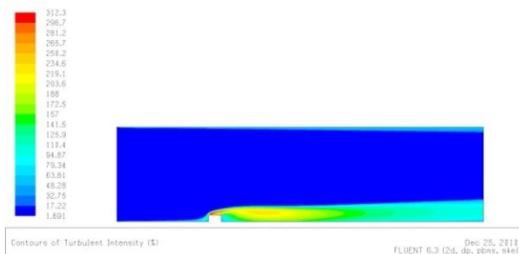


Gambar 2. Geometri set-up *obstacle* 2D berbentuk persegi panjang (satuan dalam cm).

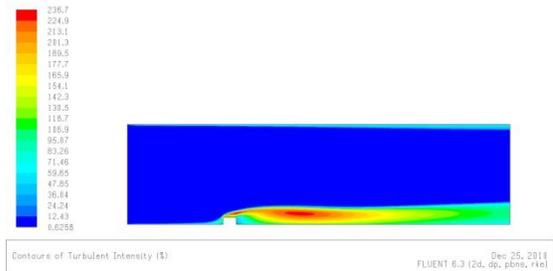
Validasi hasil simulasi adalah dengan membandingkan bilangan Nusselt yang didapat dari Fluent dengan persamaan empiris yang didapat dari Incropera [5].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

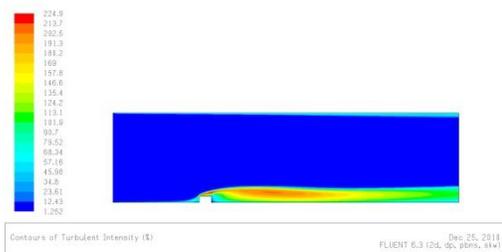
Hasil simulasi untuk intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan keempat model turbulen dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 6.



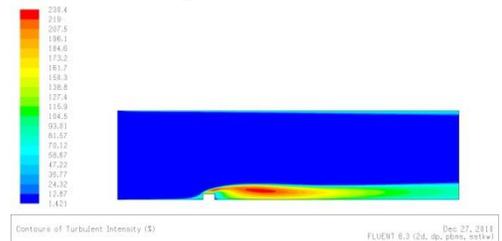
Gambar 3. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE.



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



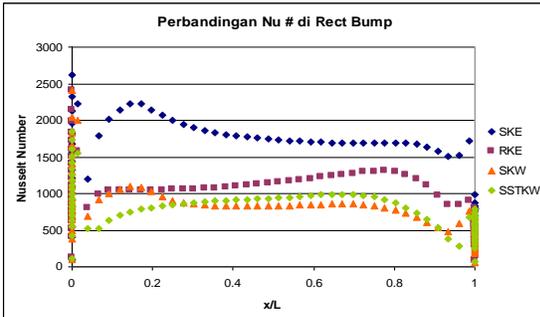
Gambar 5. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKW.



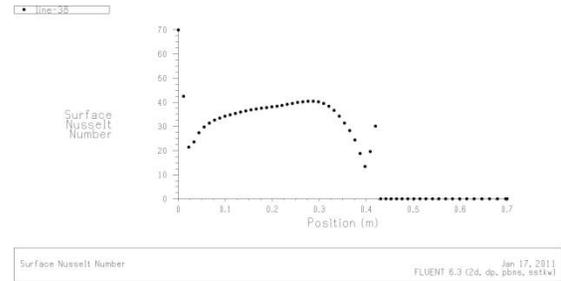
Gambar 6. Intensitas turbulensi aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SSTKW.

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.

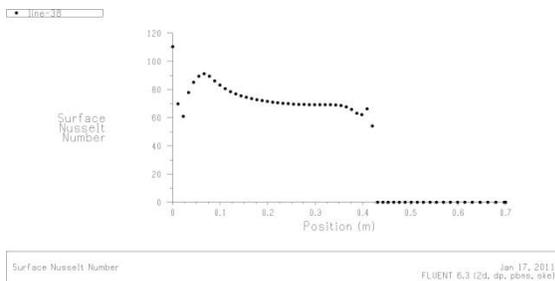


Gambar 7. Perbandingan bilangan Nusselt pada bagian atas Rectangular *Bump*.

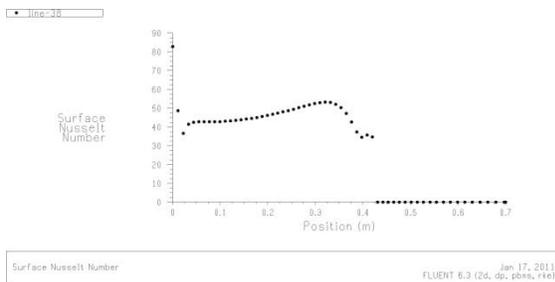


d. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model SSTKW

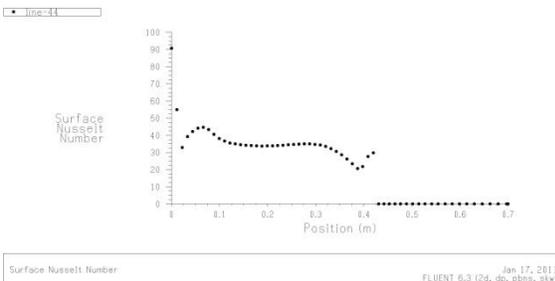
Gambar 8. Perbandingan bilangan Nusselt pada aliran sedikit di atas Rectangular *Bump*.



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



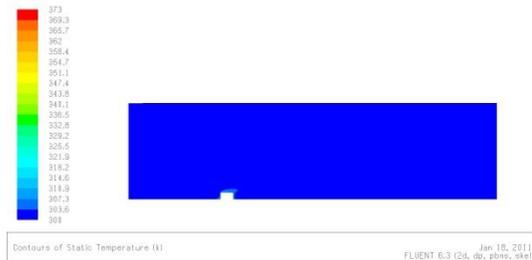
b. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model RKE



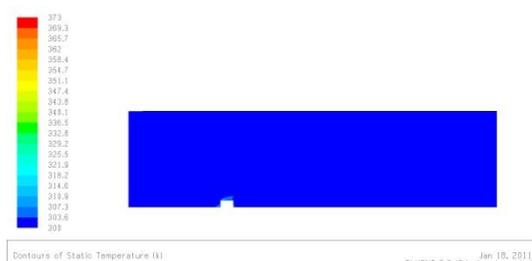
c. Besar bilangan Nusselt pada  $y = 22$  cm dengan model SKW

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.

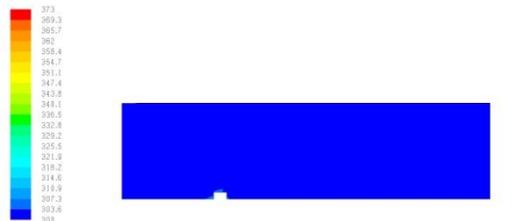
Hasil simulasi untuk profil temperatur aliran udara di sekitar bump dengan beberapa model turbulen dapat dilihat pada Gambar 9 sampai Gambar 12. Dari keempat profil terlihat bahwa aliran udara yang mempunyai temperatur tinggi hanya aliran yang sangat dekat dengan bump. Hasil ini bersesuaian dengan bilangan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



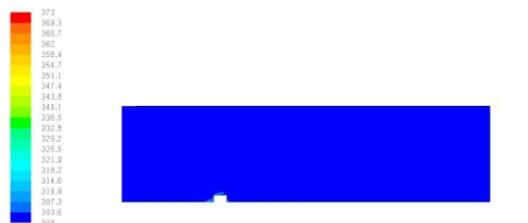
Gambar 9. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE



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

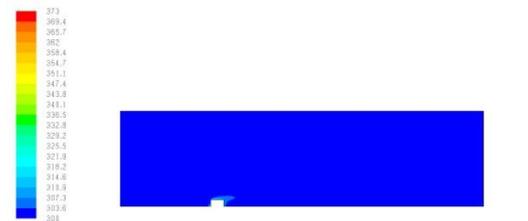


Gambar 11. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKW



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

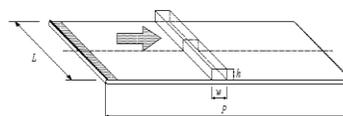
Perpindahan panas yang terjadi dari bump ke aliran udara sangat kecil karena sumber panas yaitu bump mempunyai dimensi yang sangat kecil dibanding aliran udara yang melintasinya. Lebih lagi aliran udara di inlet sangat tinggi yaitu 9,75 m/s. Jika aliran udara di inlet lebih rendah, misalnya 1,7 m/s, 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.



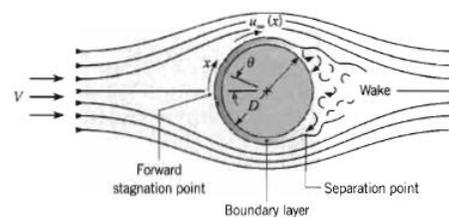
Gambar 13. Temperatur aliran di sekitar *obstacle* dengan model turbulen SKE dengan kecepatan inlet 1,7 m/s

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

rambat dimeng seperti umum perseg dengan seluruh b. Hal ini dapat tas plat datar literatur pada bump/silinder h silinder atau ontak dengan la Gambar 14



Gambar 42. Rintangan (*obstacle*) berbentuk setengah lingkaran, segitiga, dan persegi panjang.



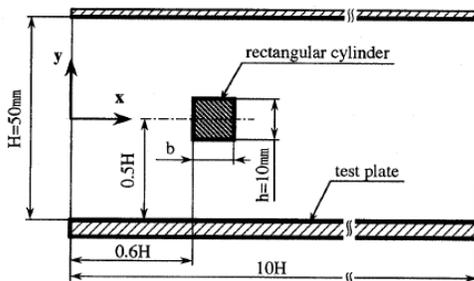
b. Aliran melalui seluruh silinder  
Gambar 14. Problem berbeda yang dipelajari

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.

#### 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:

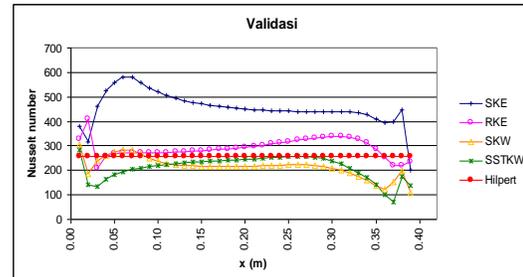
$$Re_D = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1,1614 \times 9,75 \times 0,21}{184,6 \times 10^{-7}} = 128817,3$$

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. Sedang 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	

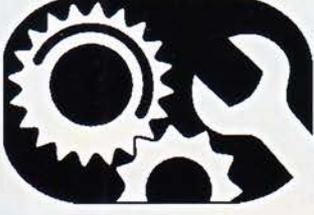
## Daftar Pustaka



- [1] Shinji Nakagawa, Mamoru Senda, Atshushi Hiraide, Shinczo Kikkawa, *Heat Transfer Characteristics In A Channel Flow With A Rectangular Cylinder*, JSME International Journa, 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.



# Sertifikat



Diberikan kepada

Ir. Ekadewi A Handoyo M Sc.

Atas partisipasinya sebagai

**PEMAKALAH**

dalam

**SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK MESIN 6**

Penemuan dan Inovasi Teknik Mesin Dalam Pengembangan Industri Nasional  
Surabaya, 16 JUNI 2011

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Panitia

Fandi D. Suprianto ST., MSc.

Ir. Joni Dewanto MS, INAR NASIONAL