

## UJI KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN (STUDI KASUS )

Rusdy Malin, Wardjito, Budihardjo

\* Laboratorium Mekanika Fluida, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

\*\*Laboratorium Teknik Pendingin dan Refrijerasi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Indonesia

Kampus Baru UI – 16424, Depok

Telp: 021-7270032

E-mail: rusdi@eng.ui.ac.id

Ade Asmi

Fakulti Kejuruteraan Awam & Alam Sekitar

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

86400 Parit Raja Batu Pahat Johor Darul Ta'zim

Telp: +607-4537701

E-mail: adeasm@uthm.edu.my

### ABSTRAK

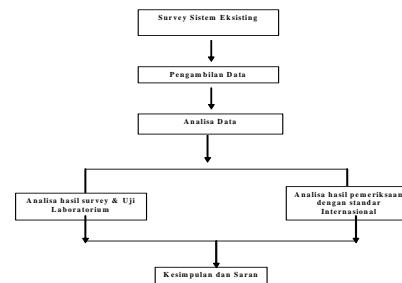
*Issu bahwa sering terjangkit penyakitnya penghuni gedung yang menggunakan unit pengatur kondisi ruangan ( AC ) mulai ramai dibicarakan, apalagi setelah adanya publikasi-publikasi tentang “sick building syndrome” baik pada seminar-seminar maupun pada media ilmiah lainnya. Penyakit-penyakit yang sering terdeteksi pada umumnya adalah penyakit yang disebabkan oleh pengaruh kondisi ruangan meskipun ruangan tersebut telah diinstalasi dengan unit AC yang dirancang mengikuti kondisi kenyamanan (comfort) mengikuti standar, baik ASHRAE maupun WHO. ZDStudi kasus ini dilakukan setelah diprediksi bahwa beberapa karyawan pada satu lantai di suatu gedung tinggi (high rise building) mengidap penyakit yang sama, oleh karena itu diperkirakan disebabkan oleh kualitas udara di dalam ruangan di lantai tersebut. Tulisan ini tidak membicarakan masalah penyebab dan jenis penyakit yang timbul pada ruangan tersebut (karena hal ini masuk pada disiplin bidang lain), tetapi dimaksudkan untuk memberikan cara/teknis pelaksanaan uji kualitas udara di dalam ruangan yang dilakukan secara sederhana tetapi dapat dipertanggung jawabkan*

*Kata kunci:* Kualitas udara.

### 1. Metode Pengujian

Saat ini pengujian kualitas udara sudah dapat dilaksanakan dengan penggunaan peralatan yang terkin (up-to-date), selain akurat juga mudah cara penggunaan dan pembacaannya juga sudah digital, alat ini biasa disebut dengan *particle counter*, bahkan alat ini dapat menganalisa partikel-partikel apa saja dan jumlah kandungannya pada sampel yang diambil. Namun alat ini cukup mahal dan masih sedikit institusi yang memiliki. Pada stui kasus ini pengujian menggunakan peralatan yang sederhana dan mudah diperoleh.

Pelaksanaan pengujian dilaksanakan mengikuti tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Skema Alur Kerangka Pelaksanaan Pengujian



## 2. Peralatan dan Alat Ukur

Peralatan dan alat ukur yang digunakan adalah :

1. *Anemometer*, digunakan untuk mengukur laju kecepatan aliran udara
2. *Hygrometer*, digunakan untuk mengukur kelembaban udara serta temperature udara
3. Termokopel, digunakan untuk mengukur temperature udara
4. Temperature and *Relative Humidity Data Acquisition*.
5. Komputer, digunakan untuk pengambilan data dari *Data Acquisition*
6. *Particle Collector*  
*Model* : MV – 14 EX  
*Blade size* : 140 mm,  
*Blower speed* : 1200 fpm  
*Inlet dimension* : 170 mm x 170 mm  
*Collector dimension* : 210 mm x 210 mm  
*Collector media* : Viledon Filter.



Gambar 2 : *Hygrometer*



Gambar 3 : Temperatur dan R.H Acquisition



Gambar 4 : *Particle Collector*



Gambar 5: *Viledon Filter*.

## 3. Survey Sistem Eksisting

Fungsi lantai yang akan dilakukan uji kualitas udaranya adalah sebagai area untuk IT ( *Information Technology* ) dimana pada lantai tersebut terdapat Ruangan Server, Ruangan Filing, Ruangan PABX, Ruangan Data Center dan Ruangan-Ruangan Wakil Kepala Divisi.

Mengingat bahwa rungan ini adalah ruangan khusus yang cukup vital maka sistem tata udaranya menggunakan unit khusus seperti lazimnya untuk ruangan IT, yaitu sangat diperlukan untuk mengkondisikan agar suhu dan *humidity* konstan. Kondisi yang dipersyaratkan adalah suhu =  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  dan *relative humidity* =  $50\% \pm 5\%$ .

. Sistem Distribusi Udara Ke dalam Ruangan.  
Untuk mendistribusikan udara ke dalam ruangan digunakan unit pendingin jenis VRV ( *Variable Refrigerant Flow* ), Merk Fujitsu.  
Unit ini terdiri dari bagian indoor di tempatkan diatas ceiling dan menggunakan ducting untuk distribusi udaranya (*Duct Type Ceiling Concealed*).

Data dan spesifikasi teknis indoor unit selengkapnya adalah seperti Tabel 1, sedangkan Tabel 2 merupakan rekapitulasi.

Dari data tersebut diperoleh performance dari sistem dengan luas yang dikondisikan  $1,480 \text{ m}^2$  adalah :

$$15,77 \text{ m}^2/\text{TR} \text{ atau } 761 \text{ BTU/Hr per m}^2.$$



Tabel 1: Unit AC Eksisting.

**Duct Type**

Model		AR25	AR30	AR36	AR45	AR60						
<b>Power source</b>		220-240V ,50Hz										
<b>Cooling capacity</b>	<b>kW</b>	7.05	8.80	10.5	12.7	17.0						
	<b>BTU / h</b>	24,100	30,000	36,000	43,500	58,000						
<b>Heating capacity</b>	<b>kW</b>	7.85	9.10	10.7	13.7	17.6						
	<b>BTU / h</b>	26,800	31,000	36,500	47,000	60,100						
<b>Input power</b>		155W	240W	265W	315W	733W						
<b>Current</b>		0.68A	1.06A	1.16A	1.44A	3.58A						
<b>Maximum current</b>		0.84A	1.58A	1.58A	1.84A	4.81A						
<b>Air circulation</b>	<b>High</b>	1,200 m <sup>3</sup> /h	1,650 m <sup>3</sup> /h	2,000 m <sup>3</sup> /h	2,200 m <sup>3</sup> /h	3,000 m <sup>3</sup> /h						
	<b>Med</b>	1,100 m <sup>3</sup> /h	1,550 m <sup>3</sup> /h	1,800 m <sup>3</sup> /h	2,000 m <sup>3</sup> /h	2,750 m <sup>3</sup> /h						
	<b>Low</b>	1,000 m <sup>3</sup> /h	1,350 m <sup>3</sup> /h	1,600 m <sup>3</sup> /h	1,800 m <sup>3</sup> /h	2,500 m <sup>3</sup> /h						
<b>Fan Speed</b>	<b>High</b>	890 r.p.m.	1,240 r.p.m.	1,280 r.p.m.	1,320 r.p.m.	1,150 r.p.m.						
	<b>Med</b>	820 r.p.m.	1,140 r.p.m.	1,200 r.p.m.	1,270 r.p.m.	1,075 r.p.m.						
	<b>Low</b>	745 r.p.m.	1,040 r.p.m.	1,130 r.p.m.	1,200 r.p.m.	1,000 r.p.m.						
<b>Fan motor output</b>		70W	275W			500W						
<b>Noise level (sound pressure)</b>	<b>High</b>	44dB (A)	47dB (A)		49dB (A)	53dB (A)						
	<b>Med</b>	42dB (A)	45dB (A)		47dB (A)	52dB (A)						
	<b>Low</b>	40dB (A)	43dB (A)		45dB (A)	51dB (A)						
<b>Fan Type x Q'ty</b>		Sirocco x 2										
<b>Heat Exchanger</b>		Plate Fin Coil										
<b>Dimensions (H x W x D)</b>	<b>Net</b>	270 x 1,210 x 700mm				400 x 1,250 x 800mm						
	<b>Gross</b>	330 x 1,300 x 790mm				500 x 1,430 x 930mm						
<b>Weight</b>	<b>Net</b>	43kg		45kg		75kg						
	<b>Gross</b>	53kg		55kg		90kg						
<b>Pipe Size</b>	<b>Liquid</b>	Ø6.35mm	Ø9.52mm									
	<b>Gas</b>	Ø15.88mm	Ø19.05mm									
<b>Pipe Connection method</b>		Flare										
<b>Operation Range</b>	<b>Cooling</b>	18 to 30°C										
	<b>Heating</b>	16 to 30°C										

Note : Specifications are based on the following conditions.



Cooling : Indoor temperature of 27°CDB/19°CWB, and outdoor temperature of 35°CDB/24°CWB.

Heating : Indoor temperature of 20°CDB/(15°CWB, and outdoor temperature of 7°CDB/6°CWB.

15,77 m<sup>2</sup>/ TR atau 761 BTU/Hr per m<sup>2</sup>.

Tabel 2: Rekapitulasi Kapasitas unit AC Ekisting.

Model	Air Circulation (m <sup>3</sup> /hr)	Cooling Capacity (BTU/Hr)	Jumlah (unit)	Total Air Circulation (m <sup>3</sup> /hr)	Total Cooling Cap. (BTU/Hr)
AR 25	1,100	24,100	1	1,100	24,100
AR 30	1,550	30,000	1	1,550	30,000
AR 36	1,800	36,000	2	3,600	72,000
AR 45	2,000	43,500	19	38,000	826,500
AR 60	2,750	58,000	3	8,250	174,000
Total			26	52,500 m <sup>3</sup> /hr = 30,900 cfm	1,126,600 BTU/Hr = 93,88 TR

Nilai tersebut untuk perkantoran yang umum agak tinggi, tetapi mengingat pada Lantai ini diperuntukkan juga sebagai Ruang IT/ PABX, Ruang Data Center, Ruang Filling maka nilai tersebut memang memenuhi. Sebagai perbandingan untuk ruang perkantoran berdasarkan ASHRAE cooling load check figures disyaratkan minimum :

20 m<sup>2</sup>/ TR atau 600 BTU/Hr per m<sup>2</sup>.

Data dan spesifikasi teknis indoor unit selengkapnya adalah seperti Tabel dibawah.

#### 4. Pengambilan Data

Data sekunder yang di peroleh dari pihak pengelola gedung antara lain :

Gambar denah ruangan, ducting layout dan spesifikasi teknis unit AC. Berdasarkan gambar denah yang diperoleh, kemudian dilakukan pengukuran temperatur udara, kecepatan udara keluar dan masuk ducting ( pada diffuser dan exhaust grille ).

Pengambilan data dilakukan dari tanggal 26 April sampai 1 Mei 2010. Sebanyak tiga kali dalam sehari, yaitu pada pukul 8.30, 12.00 dan 17.00. Selain itu dilaksanakan serangkaian pengukuran temperatur udara ambient dan pengukuran dimensi diffuser dan grille.

Mengingat banyaknya sample yang diukur dan terbatasnya halaman yang dipersyaratkan maka dalam tulisan ini hanya akan diberikan satu sample untuk setiap yang diukur, yang berarti hasil analisa juga terkait dengan sample yang diukur/ ditampilkan dalam tulisan ini.

#### 5. Pengukuran kecepatan aliran udara

Hasil pengukuran kecepatan aliran udara akan digunakan sebagai input dan akan dibandingkan dengan standar yang berlaku.

Tabel 3 :  
Hasil pengukuran kecepatan dan suhu udara.  
**Ruang HR & PR.**

TANGGAL : 28 April 2010  
LOKASI : HR & PR

No	JENIS DIFFUSER	Velocity (FPM)	Temp.Udara Keluar Diff (? C)
1	Light Trooper	509	21
2	Light Trooper	214	10
3	Light Trooper	501	19
4	Light Trooper	444	18
5	Light Trooper	42	16
6	Light Trooper	193	17
7	Light Trooper	548	10
8	Light Trooper	ditutup	-
9	Light Trooper	470	18
10	Light Trooper	-	-
11	Light Trooper	415	20
12	Light Trooper	491	8
13	Light Trooper	246	16
14	Light Trooper	517	-
15	Light Trooper	365	-
16	Light Trooper	468	18
17	Light Trooper	184	18
18	Light Trooper	474	17
19	Light Trooper	396	19
20	Light Trooper	302	20
21	Linear	111	25
22	Linear	158	24
23	-	-	-
24	Light Trooper	587	19
	Light Trooper	612	17

#### 6. Pengukuran temperatur dan kelembaban udara

Seperti halnya pada pengukuran kecepatan aliran udara, hasil pengukuran temperatur akan digunakan sebagai pembanding antara kondisi aktual dengan hasil simulasi, dengan demikian maka proses analisis akan menjadi lebih mudah.

Pada pengukuran temperatur, ruangan dibagi menjadi beberapa bagian daerah / lokasi titik pengukuran.

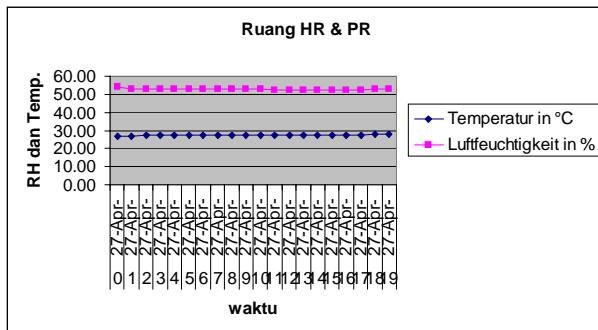


Hasil pengukuran suhu udara dan RH ruangan seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 :  
Hasil pengukuran suhu udara dan RH ruangan.

#### Ruang HR & PR

Nummer	Datum	Temperatur in °C	Luftfeuchtigkeit in %
0	27-Apr-2010 13:58:03	26.90	54
1	27-Apr-2010 14:02:47	27.00	53
2	27-Apr-2010 14:07:31	27.20	53
3	27-Apr-2010 14:12:16	27.20	53
4	27-Apr-2010 14:17:00	27.20	53
5	27-Apr-2010 14:21:44	27.20	53
6	27-Apr-2010 14:26:28	27.30	53
7	27-Apr-2010 14:31:12	27.30	53
8	27-Apr-2010 14:35:57	27.40	53
9	27-Apr-2010 14:40:41	27.40	53
10	27-Apr-2010 14:45:25	27.50	53
11	27-Apr-2010 14:50:09	27.50	52
12	27-Apr-2010 14:54:54	27.50	52
13	27-Apr-2010 14:59:38	27.50	52
14	27-Apr-2010 15:04:22	27.60	52
15	27-Apr-2010 15:09:06	27.60	52
16	27-Apr-2010 15:13:50	27.60	52
17	27-Apr-2010 15:18:35	27.60	52
18	27-Apr-2010 15:23:19	27.70	53
19	27-Apr-2010 15:28:03	27.70	53



Gambar 6 :  
Grafik hasil pengukuran RH dan Temperatur.

## 7. Penangkapan Partikel Udara di dalam ruangan

Pengambilan partikel dilakukan acak untuk 5 lokasi, seperti terlihat pada Tabel 5 .

Tabel 5 : Penangkapan Partikel

No.	Nama Ruang	Skedul	Waktu (menit)
1	Ruang 1	11:35 – 13:45	130
2	Ruang 2	10:05 – 11:20	75
3	Ruang 3	13:55 -14: 55	60
4	Ruang 4	15:15 – 16:15	60
5	Ruang 5	11:00 – 15:00	240

## 8. Analisa Data

Kecepatan udara keluar difusser.

Pada pengukuran kecepatan udara keluar dari difusser dilakukan dengan menggunakan digital Anemometer. Jenis difusser yang terdapat di Lantai Gedung ini adalah *Light Troffer* dan *Linear Grille* yang lokasinya ada pada arah perimeter ruangan. Pada kenyataannya sudah terjadi perbedaan antara gambar perencanaan dengan kondisi lapangan, Perbedaan ini mempunyai risiko semua *supply difusser* harus di trace kembali, sehingga hasil dari tracing tersebut terlihat pada gambar denah terlampir. Pada gambar yang sudah direvisi diberikan angka-angka yang mengindikasikan bahwa *Light Troffer* tersebut berfungsi sebagai pendistribusian udara dingin ke dalam ruangan, sedangkan difusser lainnya berbentuk sama selain sebagai lampu penerangan juga berfungsi sebagai laluan return air.

Jika dibandingkan dengan standard kecepatan udara untuk gedung komersial terlihat bahwa (*Occupied Zone Room Velocities*) bahwa dengan kecepatan 25 fpm adalah nilai yang ideal dan sering digunakan sebagai acuan, meskipun batas antara 25 fpm – 50 fpm masih dapat diterima.

Dari hasil pengukuran dan juga dari pengamatan secara visual Lantai ini memenuhi persyaratan/ standar tersebut. Untuk diketahui bahwa pada kecepatan diatas 50 fpm pada umumnya lembaran kertas yang biasa ada diperkantoran dapat bergerak karena hembusan udara. Hal tersebut tidak ditemui pada Lantai yang di uji.

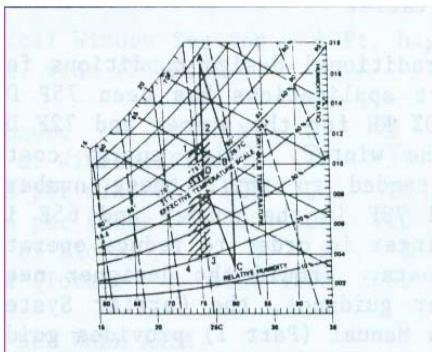
Tabel 6 :  
Occupied Zone Room Air Velocities

OCCUPIED ZONE ROOM AIR VELOCITIES		
Room Air Velocity (Fpm)	Reaction	Recommended Application
0 – 16	Complaints about stagnant air	None
25	Ideal design - favorable	All Commercial Applications
25 – 50	Probably favorable but 50 fpm is approaching maximum tolerable velocity for seated persons	All Commercial Applications
65	Unfavorable - light papers are blown off a desk	
75	Upper limit for people moving about slowly - favorable	Retail and Dept. Store
75 – 300	Some factory air conditioning installations - favorable	Factory air conditioning higher velocities for spot cooling

## 9. Temperatur dan Kelembaban

Dari hasil pengambilan data yang diperoleh terlihat bahwa secara umum temperatur dan kelembaban ruangan cukup merata dan masuk dalam batas-batas kenyamanan termal untuk suatu hunian perkantoran. Untuk kebanyakan orang temperatute udara yang nyaman seperti pada Gambar 8 untuk daerah comfort Zone dalam interval  $72^{\circ}\text{F} - 80^{\circ}\text{F}$  ( $22^{\circ}\text{C} - 26,7^{\circ}\text{C}$ ) dengan RH :  $50\% \pm 5\%$ .





Gambar 8 : Comfort Zone

Pada umumnya konsultan perencana bidang Air Conditioning mengambil patokan kenyamanan termal berdasarkan grafik yang ada pada psychrometric Thermal Environment Conditions for human Occupancy ANSI/ASHRAE 55a-1995 (Addendum to ANSI/ASHRAE 55-1992)

## 10. Partikel Udara di dalam ruangan

Dari data/ spesifikasi peralatan yang digunakan dapat diketahui laju aliran udara yang dapat dilakukan oleh peralatan, yaitu :

Luas permukaan laluan udara :  $17 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} = 289 \text{ cm}^2 = 0,31 \text{ ft}^2$

Kecepatan aliran = 1200 fpm, maka laju aliran volumetric (Q) adalah:

$$Q = 1200 \text{ fpm} \times 0,31 \text{ ft}^2 = 372 \text{ cfm.}$$

Dengan demikian banyaknya udara yang diambil sebagai sampel untuk masing-masing ruangan adalah :

Tabel 7 :

Volume udara ruangan yang diambil sebagai sampel.

No.	Nama Ruang	Waktu (menit)	Volume (ft <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	Ruang 1	130	48.360	1.369,4
2	Ruang 2	75	27.900	790,04
3	Ruang 3	60	22.320	632,03
4	Ruang 4	60	22.320	632,03
5	Ruang 5	240	89.280	2.528,13

### Particle Content.

Yang disebut partikel disini benda halus yang dapat berupa padat dan gas, sebagai contoh, misalnya debu ( solid particles ) dan asap ( liquid particles ). Debu mempunyai ukuran range dari  $0,1 \mu\text{m} - 25 \mu\text{m}$ , sedangkan asap rata-rata berukuran  $0,25 \mu\text{m}$  ( 2005 ASHRAE Handbook – Fundamental ).

Banyaknya partikel dalam satuan volume udara

biasanya untuk pelaporan dinyatakan dalam berat partikel yang terkandung di dalam satuan volume udara. Berat ini dalam satuan milligrams untuk setiap meter kubik udara yang diteliti ( $\text{mg/m}^3$ ) atau microgram untuk setiap meter kubik udara ( $\mu\text{g/m}^3$ ). Untuk konversinya  $1 \text{ mg/m}^3 = 1.000 \mu\text{g/m}^3$

Dari 5 (lima) kali pengambilan sample udara dengan particle collector secara acak diperoleh hasil bahwa keseluruhan sample tidak mempunyai kandungan partikel yang melewati standar yang diizinkan yaitu  $50 \mu\text{g/m}^3$ .

Dari keadaan ini dapat disimpulkan bahwa secara umum area Lantai Gedung tidak mengandung debu yang melebihi ambang batas yang ditentukan ( $50 \mu\text{g/m}^3$ ).

Jika masih dicurigainya terjadinya pengaruh kesehatan terhadap penghuni ruangan, maka kajian lebih dalam terhadap kandungan udara didalam ruangan perlu dilakukan, yaitu untuk mengetahui apakah di dalam udara ruangan terdapat partikel-partikel lain yang lebih bersifat spesifik terhadap tubuh/ kesehatan manusia. Kajian ini masuk dalam disiplin Microbiology yang mencakup microorganism termasuk didalamnya bakteri, virus, fungi dan parasits.

## 11. Kesimpulan dan Saran

Pemeriksaan kualitas udara di dalam ruangan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi serta distribusi temperatur udara aktual, berdasarkan hasil pemeriksaan sejak tanggal 26 April s/d 1 Mei 2010 dan analisa data didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara kenyamanan thermal ( temperature, kelembaban relative, dan aliran udara ) ruangan-ruangan memenuhi syarat yang sudah dibakukan untuk setiap perencanaan sistem pendinginan udara baik itu mengikuti standard ASHRAE maupun standard WHO.
2. Untuk kandungan partikel ( debu ) yang dihasilkan oleh udara di dalam ruangan, masih dalam batas-batas yang diizinkan. Semua sample yang diperoleh tidak menghasilkan berat debu yang melampaui batas kriteria, sehingga secara umum banyaknya partikel debu tidak menjadi masalah di dalam ruangan.
3. Terjadi gangguan odor berupa asap rokok didaerah sekitar Ruang Data Centre, dan Ruang PABX, dicurigai adanya infiltrasi asap rokok dari ruangan lain yang berdekatan. Setelah dilakukan peninjauan, ternyata bahwa gangguan tersebut benar adanya.
4. Perlu meneliti lebih spesifik terhadap kemungkinan adanya kandungan-kandungan micro-organism di dalam ruangan, seperti : bacteria, fungi, virus, parasit dan lain-lain, dimana hal ini dapat dilakukan dengan penggunaan alat uji yang lebih khusus. Saran



- dari disiplin ilmu Mikrobiology perlu menjadi pertimbangan.
5. Disarankan untuk menambah ducting khusus untuk exhaust fan yang disalurkan ke luar gedung.

## **Referensi**

- [1] Charles H. Wentz Safety, *Health and Environmental Protection*, Mc.Graw Hill
- [2] 2005 ASHRAE Handbook , *Fundamental*
- [3] ANSI/ASHRAE 55a – 1995 ( Addendum to ANSI/ASHRAE 55 – 1992),  
*Thermal Environment Conditions for human Occupancy.*
- [4] Fujitsu , Brosur *Variable Refrigerant Flow.*



*Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9  
Palembang, 13-15 Oktober 2010*

---



---

ISBN : 978-602-97742-0-7

MI-148