

# Pengaruh Adanya Kipas yang Mengalirkan Udara Melintasi Kondensor terhadap COP dan Efisiensi Mesin Pendingin *Showcase*

Wibowo Kusbandono<sup>1</sup>, PK Purwadi<sup>2</sup>

T. Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma<sup>1,2</sup>  
Yogyakarta, Indonesia, [bowo@usd.ac.id](mailto:bowo@usd.ac.id)

## Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of air flow through or across the condenser on the characteristics of refrigeration showcase. Airflow across the condenser in this study carried out by a fan mounted near the condenser. Characteristics of refrigeration showcase examined included Coefficient of Performance (COP) and efficiency. Research carried out on showcase refrigeration works by using the vapor compression cycle. The vapor compression cycle, has major components: a compressor, evaporator, capillary tube and condenser. Another component is installed filter and tool control temperature inside the cold room showcase. The compressor of the showcase that is used has a power of 1/6 PK, while the other main component size adjusts to the amount of power the compressor. R134a refrigerants used are environmentally friendly. Variations of research conducted on the number of fans that works used in the condenser air stream which passes through: (a) without fan (b) 1 fan is working and (c) 2 fan is working. Fans cool air flow that is used each have the power: 63 watts. Showcase space size: 170 cm x 55 cm x 40 cm. The cooling load in the form of 20 bottles of water by volume per 1 liter bottle of water. Research results: the flow of air passing through the condenser effect on the value of the COP and engine efficiency showcase: (1) to the condenser without a fan, the COP value of 3.23 and an efficiency of 0.76 (2) to the condenser with 1 fan, COP value of 3.56 and an efficiency of 0.77 and (3) to the condenser with 2 fans, COP value of 3.80 and an efficiency of 0.81.

Keywords: showcase, vapor-compression, condenser, air-flow.

## 1. Pendahuluan

Fungsi mesin pendingin *showcase* pada umumnya adalah untuk mendinginkan minuman kemasan agar orang yang meminum minuman kemasan mendapatkan kesegaran pada saat minum dan terlepas dari rasa dahaganya. Meski demikian ada juga mesin pendingin *showcase* yang dipergunakan untuk mendinginkan bahan makanan.

Minuman kemasan yang didinginkan *showcase* harus mudah dan siap diminum, oleh karenanya kondisi minuman tidak boleh beku. Karena jika minuman menjadi beku, minuman menjadi sulit untuk diminum. Pengkondisian udara di ruang *showcase* oleh udara dingin hasil pengkondisian evaporator umumnya tidak dirancang lebih rendah dari 0°C dan tidak lebih dari 12°C. Meski demikian suhu kerja evaporator bukan berarti tidak boleh dirancang lebih rendah dari 0°C. Jika suhu kerja evaporator dirancang lebih rendah dari 0°C, hal tersebut dimaksudkan agar proses pendinginan udara di ruang *showcase* dapat berjalan dengan lebih cepat. Hanya saja perlu ditambahkan peralatan kontrol suhu untuk menjaga agar suhu udara di dalam ruangan *showcase* tidak mencapai suhu yang samadengan atau lebih rendah dari 0°C.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar tentang mesin pendingin *showcase*, bertujuan untuk memperluas wawasan agar pemahaman tentang karakteristik mesin pendingin khususnya

*showcase* dan mesin pendingin yang lain dapat diperoleh ataupun diketahui.

Seperti seringkali terlihat di warung-warung, kadangkala mesin pendingin *showcase* diletakkan penjual di bagian luar dari warungnya. Barangkali pemilik warung sengaja meletakkan di luar, agar orang-orang yang lewat melihat dan mengetahui kalau warungnya menjual minuman kemasan dingin. Seperti diketahui pula, bahwa minuman kemasan yang didinginkan di dalam ruangan *showcase* memang sengaja dirancang untuk dapat terlihat dari luar. Pintu *showcase* didesain terbuat dari bahan transparan. Bahan minuman yang berada di dalam ruang *showcase* terlihat dengan mudah dari luar. Hal ini bertujuan agar pintu *showcase* tidak seringkali dibuka. Dengan terlihat dari luar, orang menjadi yakin bahwa minuman kemasan yang diinginkan ada atau tidak berada di dalam *showcase*. Jika pintu *showcase* tidak sering dibuka, maka beban-pendinginan *showcase* tidak sering terganggu. Karena ketika dibuka, udara luar dapat dengan mudah masuk ke ruang pendingin minuman dan menjadikan beban pendinginan yang cukup besar. Hal ini tentu akan membuat kebutuhan listrik menjadi besar.

Jika mesin pendingin *showcase* diletakkan di luar ruangan, maka bisa jadi proses perpindahan kalor dari kondensor ke udara sekitar dapat berlangsung secara konveksi paksa. Karena di luar seringkali udara bergerak dengan cepat, terutama bila ada angin. Jika ada angin, maka

proses perpindahan kalor sudah tidak bisa lagi dikatakan sebagai proses perpindahan kalor konveksi bebas.

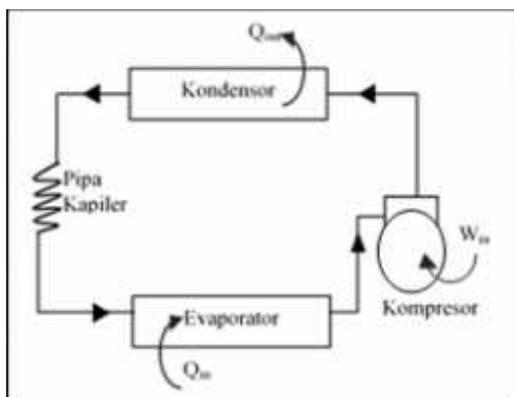
Berangkat dari persoalan ini, penulis tertarik untuk mengetahui pengaruh aliran udara yang melintasi kondensor terhadap karakteristik mesin pendingin *showcase*. Aliran udara pada penelitian, dilakukan kipas yang dipasang di dekat kondensor.

## 2. Dasar Teori

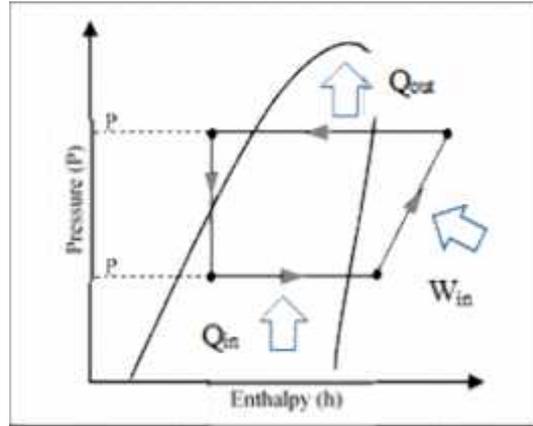
### Siklus Kompresi Uap

Gambar 1 dan Gambar 2 menyajikan skematik rangkaian komponen dari mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap dan penggambaran siklus kompresi uap pada diagram tekanan-enthalpi (diagram p-h) yang dipergunakan di dalam mesin *showcase* pada penelitian ini.

Komponen utama dari mesin kompresi uap meliputi: kompresor, evaporator, kondensor dan pipa kapiler, sedangkan komponen tambahan seperti: filter, kipas dan *thermostate*. Agar proses dapat berjalan dengan lancar, pada sebelum masuk pipa kapiler, terdapat peralatan filter yang berfungsi untuk menyaring kotoran maupun uap air dari udara yang terjebak di dalam siklus. Fluida kerja yang dipergunakan pada siklus kompresi dikenal dengan sebutan refrigeran. Proses yang terjadi pada siklus kompresi uap meliputi: proses kompresi isentropis (berlangsung di dalam kompresor), *desuperheating*-kondensasi-*subcooling* (berlangsung setelah keluar kompresor sampai sebelum masuk pipa kapiler, dengan melalui kondensor), *throttling* (berlangsung di dalam pipa kapiler), evaporasi dan *superheating* (berlangsung di evaporator sampai sebelum masuk kompresor).



Gambar 1. Rangkaian komponen siklus kompresi uap

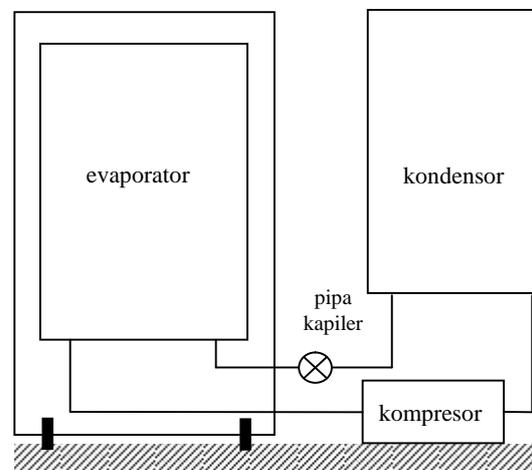


Gambar 2. Siklus kompresi uap pada P-h diagram

Pada siklus kompresi uap, evaporator berfungsi untuk menyerap kalor dari udara lingkungannya. Kalor yang diserap oleh evaporator ( $Q_{in}$ ) diambil dari udara ketika udara dilewatkan melintasi evaporator. Ketika udara dilewatkan evaporator, udara mengalami proses pendinginan. Di dalam siklus kompresi uap, kalor yang diambil evaporator dipergunakan untuk mengubah wujud refrigeran dari wujud campuran cair dan gas menjadi gas panas lanjut. Kondensor di dalam siklus kompresi uap berfungsi untuk melepas kalor ke udara yang melewatinya. Pelepasan kalor dari kondensor menyebabkan refrigeran mengalami proses *desuperheating*, kondensasi dan pendinginan lanjut.

### Mesin Showcase

Gambar 3 menyajikan skematik dari mesin pengering baju sistem tertutup yang dipergunakan di dalam penelitian. Fluida kerja yang dipergunakan untuk proses pengeringan pakaian adalah udara, sedangkan fluida kerja yang dipergunakan di dalam mesin siklus kompresi uap adalah refrigeran dengan menggunakan R134a.



Gambar 3. Skematik mesin showcase

### 3. Metode Penelitian

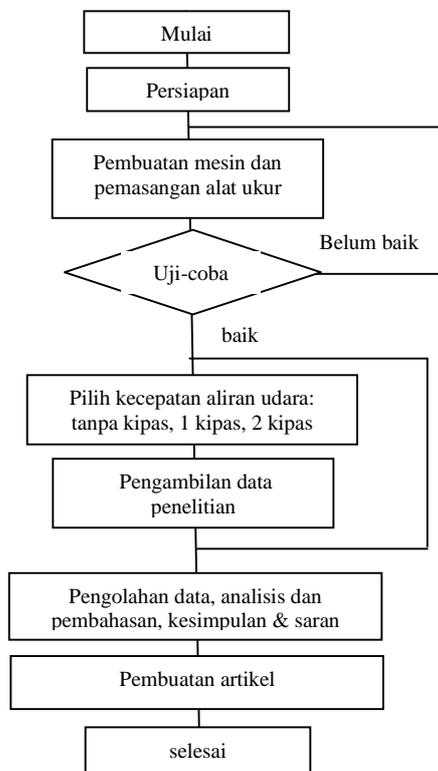
Penelitian dilakukan secara eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium. Mesin *showcase* yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan hasil rancangan dan rakitan sendiri, dengan mempergunakan komponen-komponen mesin pendingin *showcase* standar yang ada di pasaran.

#### Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah mesin *showcase* dengan gambar skematik seperti tersaji pada Gambar 3, dengan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap seperti tersaji pada Gambar 2 dan rangkaian komponen seperti tersaji pada Gambar 1. Daya kompresor di setiap mesin kompresi uap 1/6 PK, berjenis rotari, komponen utama yang lain ukurannya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Refrigeran yang dipergunakan R134a yang ramah lingkungan. Pipa kapiler dari tembaga dengan diameter pipa 0,030 inci. Komponen yang dipergunakan merupakan komponen standar yang ada di pasaran. Kipas arus bolak balik untuk mengalirkan udara memiliki daya sebesar 63 watt/kipas. Beban pendinginan yang dipakai adalah 20 botol berisi air, 1 liter/botol. Ukuran ruang pendingin: panjang x lebar x tinggi = 170 cm x 55 cm x 40 cm.

#### Alur Penelitian

Alur penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur penelitian

### Variasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jumlah kipas yang bekerja yang dipergunakan untuk mengalirkan udara yang melewati kondensor: (a) tanpa kipas berputar (b) 1 kipas berputar (c) 2 kipas berputar.

#### Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit. Dimulai dari mesin saat mesin dihidupkan sampai batas waktu yang diinginkan. Data yang diolah pada penelitian ini, adalah data yang diperoleh setelah mesin bekerja selama 360 menit.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Penelitian

Hasil penelitian disajikan pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Kondisi Kerja Showcase

No	Kondisi kipas pada kondensor	Tekanan rendah P <sub>1</sub> (psia)	Tekanan tinggi P <sub>2</sub> (psia)	Suhu kerja evap. (°C)	Suhu kerja kond. (°C)
1	Tanpa kipas	34,9	363,7	-5,33	77,63
2	1 kipas Berputar	30,7	277,7	-8,66	65,52
3	2 kipas Berputar	25,7	214,7	-13,12	55,29

Tabel 2. Nilai entalpi

No	Kondisi kipas pada kondensor	h <sub>1</sub> (kJ/kg)	h <sub>2</sub> (kJ/kg)	h <sub>3</sub> (kJ/kg)	h <sub>4</sub> (kJ/kg)
1	Tanpa kipas	415	467	287	287
2	1 kipas berputar	408	456	275	277
3	2 kipas berputar	403	448	264	264

Tabel 3. Nilai Q<sub>in</sub>, Q<sub>out</sub>, W<sub>in</sub>, COP dan Efisiensi

No	Kondisi pendinginan kondensor	Q <sub>in</sub> (h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> ), kJ/kg	Q <sub>out</sub> (h <sub>2</sub> -h <sub>3</sub> ), kJ/kg	W <sub>in</sub> (h <sub>2</sub> -h <sub>1</sub> ), kJ/kg
1	Tanpa kipas Berputar	128	180	52
2	1 kipas Berputar	131	181	48
3	2 kipas Berputar	139	184	45

No	Kondisi pendinginan kondensor	COP <sub>actual</sub>	COP <sub>ideal</sub>	Efisiensi
1	Tanpa kipas Berputar	2,46	3,23	0,76
2	1 kipas berputar	2,73	3,56	0,77
3	2 kipas berputar	3,09	3,80	0,81

### Pembahasan

Dari hasil pengolahan data, seperti yang tersaji pada Tabel 2, nampak bahwa keberadaan kipas yang bekerja mengalirkan fluida melintasi kondensor berpengaruh terhadap: tekanan kompresor, baik pada tekanan masuk kompresor maupun pada tekanan keluar kompresor. Semakin banyak kipas yang bekerja, semakin kecil tekanan keluar kompresor dan semakin kecil tekanan masuk kompresor. Dengan kata lain kecepatan aliran udara melewati kondensor berpengaruh terhadap tekanan kerja evaporator dan tekanan kerja kondensor. Jika tekanan kerja evaporator dan tekanan kerja kondensor berubah, itu berarti suhu kerja evaporator dan suhu kerja kondensor berubah pula. Secara menyeluruh, dengan perubahan kecepatan aliran udara yang melintasi kondensor, nilai tekanan, suhu, entalpi, entropi dari siklus kompresi uap berubah secara simultan. Dengan demikian nilai kalor yang dilepas kondensor, kalor yang diserap evaporator, kerja yang dilakukan kompresor,  $COP_{\text{aktual}}$ ,  $COP_{\text{ideal}}$  dan efisiensi *showcase* ikut menyesuaikan pula dengan perubahan yang terjadi.

Dari Tabel 1, tampak bahwa semakin banyak kipas yang terpasang, tekanan kerja keluar kompresor semakin menurun. Hal ini berarti tekanan kerja kondensor semakin menurun. Semakin besar aliran udara yang melintasi kondensor tekanan kerja kondensor semakin menurun. Dampak dari menurunnya tekanan kondensor, menurun pula tekanan kerja evaporator. Dengan adanya aliran udara yang semakin besar pada kondensor menyebabkan suhu kerja kondensor turun.

Ketika kecepatan aliran udara melintasi kondensor ditingkatkan, mekanisme perpindahan kalor bergeser dari perpindahan kalor secara konveksi bebas ke konveksi paksa. Hal ini berarti adanya aliran udara yang diperbesar menyebabkan meningkatnya laju aliran kalor yang dibuang kondensor. Jika suhu permukaan kondensor tetap, maka kenaikan kecepatan udara melintasi kondensor secara langsung akan menaikkan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi yang akan memperbesar laju aliran kalor yang dipindahkan. Hal ini sesuai dengan persamaan dasar dari proses perpindahan kalor konveksi

Di sisi lain, kenyataan memperlihatkan (lihat pada Tabel 1) bahwa ketika kecepatan aliran melewati kondensor ditingkatkan, suhu kerja kondensor berubah dan cenderung menurun. Hal ini berarti telah terjadi keseimbangan baru pada sistem siklus kompresi uap ketika kondensor di beri kipas. Menurunnya suhu kerja kondensor berpengaruh langsung terhadap laju aliran kalor yang dilepas kondensor ke udara yang melintasinya. Laju aliran kalor tentu saja akan

menurun karena perbedaan suhu antara suhu kondensor dengan suhu udara yang melintasinya mengecil, dengan asumsi bahwa suhu udara yang melintasi kondensor dianggap tetap.

Tabel 3, memperlihatkan bahwa laju aliran kalor yang dilepas kondensor ke udara, dengan semakin diperbesarnya aliran udara yang dilewatkan kondensor secara keseluruhan semakin meningkat. Kesimpulan ini tentu bisa-beda untuk mesin siklus kompresi uap yang mempergunakan refrigeran berbeda. Karena pola dari p-h diagram untuk setiap refrigeran tidaklaah-sama. Bisa pula hasilnya berbeda untuk pengambilan besar kecepatan aliran yang diberikan. Untuk penelitian ini, nilai kalor yang dibuang kondensor berturut turut untuk: tanpa kipas, dengan 1 kipas dan 2 kipas sebesar: 180 kJ/kg, 181 kJ/kg dan 184 kJ/kg.

Penurunan tekanan pada kondensor berdampak pada menurunnya tekanan kerja evaporator. Dari Tabel 3, memperlihatkan bahwa kerja kompresor yang dilakukan terhadap sistem dengan kenaikan aliran udara pada kompresor menjadi menurun. Kerja kompresor semakin ringan.

Diperbesarnya aliran udara oleh kipas yang melewati kondensor berdampak pada banyaknya kalor yang diserap oleh evaporator. Hal ini dikarenakan suhu kerja evaporator ikut berubah. Pada penelitian ini semakin cepat aliran udara yang dialirkan melewati kondensor laju aliran kalor yang diserap evaporator semakin menurun, berturut turut dari: tanpa kipas, dengan 1 kipas dan 2 kipas adalah 54 kJ/kg, 48 kJ/kg dan 45 kJ/kg.

Diperbesarnya aliran udara oleh kipas yang melewati kondensor berdampak pada besarnya  $COP_{\text{aktual}}$  dan  $COP_{\text{ideal}}$  mesin siklus kompresi uap. Hal ini dikarenakan besar kalor yang diserap evaporator berubah dan kerja yang dilakukan kompresor berubah. Dengan diperbesarnya aliran udara pada kondensor kalor yang diserap evaporator menurun dan kerja kompresor semakin ringan. Pada penelitian ini semakin cepat aliran udara yang dialirkan melewati kondensor nilai  $COP_{\text{aktual}}$  semakin meningkat, berturut turut dimulai dari: tanpa kipas, dengan 1 kipas dan 2 kipas adalah 3,23 ; 3,56 dan 3,8.

Diperbesarnya aliran udara oleh kipas yang melewati kondensor berdampak pula pada besarnya efisiensi mesin siklus kompresi uap. Hal ini dikarenakan nilai  $COP_{\text{aktual}}$  dan  $COP_{\text{ideal}}$  berubah. Pada penelitian ini semakin cepat aliran udara yang dialirkan melewati kondensor, efisiensi mesin pendingin *showcase* semakin meningkat, berturut turut dimulai dari: tanpa kipas, dengan 1 kipas dan 2 kipas adalah 0,76; 0,77 dan 0,81.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Mesin pendingin *showcase* yang dipergunakan di dalam penelitian ini dapat bekerja dengan baik, seperti yang diharapkan.
- b. Adanya kipas yang mengalirkan udara melintasi kondensor berpengaruh terhadap nilai COP dan efisiensi mesin pendingin *showcase*. Untuk kondensor tanpa kipas, nilai COP *showcase* sebesar 3,23 dan efisiensi sebesar 0,76, untuk kondensor dengan 1 kipas, nilai COP 3,56 dan efisiensi sebesar 0,77 dan untuk kondensor dengan 2 kipas, nilai COP 3,80 dan efisiensi sebesar 0,81.

## Daftar Pustaka

- Khairil Anwar, Effendy Arif, Wahyu H. Piarah, 2010, *Efek Temperature Pipa Kapiler terhadap Kinerja Mesin Pendingin*, Jurnal Mekanikal, Vol. 1 No. 1 Januari 2010 : 30 – 3
- Matheus M Dwinanto, Hari Rarindo dan Jonri Lomi Ga, 2012, *Pengaruh dimensi pipa kapiler dan massa refrigeran yang dipergunakan terhadap unjuk kerja mesin refrigerasi evaporator ganda untuk pengawetan ikan*, Proceedings Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin & Thermofluid IV, No 01/Vol.01/Thn 2012, Penerbit Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM.
- Said HI, Abbas, Lita A.Latif (2012), 2012, *Studi eksperimental performa mesin pendingin pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Khairun Ternate*, Proceedings Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin & Thermofluid IV, No 01/Vol.01/Thn 2012, Penerbit Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM.
- Soengeng Witjahjo, 2009, *Uji Prestasi Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran LPG*, Jurnal Austenite Volume 1 Nomor 2 Oktober 2009.



SEMINAR NASIONAL  
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI  
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : [seminar@sttnas.ac.id](mailto:seminar@sttnas.ac.id) website : [www.retii.sttnas.ac.id](http://www.retii.sttnas.ac.id)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**BERITA ACARA  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Pada hari ini Sabtu, tanggal 10 bulan Desember, tahun 2016 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) Ke -11, atas:

Nama Pemakalah : Wibowo Kusbandono<sup>1</sup>, PK Purwadi<sup>2</sup>  
Judul Makalah : *Pengaruh Adanya Kipas yang Mengalirkan Udara Melintasi Kondensor terhadap Cop dan Efisiensi Mesin Pendingin Showcase*  
Pukul : 11.15 – 11.30 WIB  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281  
Ruang : D.12  
Moderator : Dr. Daru sugati, ST. MT.  
Notulen : Hasta Kuntara, ST. MT.

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian Oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh moderator.

Jumlah Peserta yang Hadir : 25 Orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Daru sugati, ST. MT.

Wibowo Kusbandono<sup>1</sup>,  
PK Purwadi<sup>2</sup>



SEMINAR NASIONAL  
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI  
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : [seminar@sttnas.ac.id](mailto:seminar@sttnas.ac.id) website : [www.retii.sttnas.ac.id](http://www.retii.sttnas.ac.id)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**NOTULEN JALANNYA  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Nama Pemakalah : Wibowo Kusbandono<sup>1</sup>, PK Purwadi<sup>2</sup>  
Judul Makalah : *Pengaruh Adanya Kipas yang Mengalirkan Udara Melintasi Kondensor terhadap Cop dan Efisiensi Mesin Pendingin Showcase*  
Pukul : 11.15 – 11.30 WIB  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281  
Ruang : D.12

Jalannya Acara Seminar:

1. Pembukaan oleh Moderator.
2. Paparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah.
3. Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan dari Pemakalah.

Adapun pertanyaan/kritik/saran dari Peserta Seminar terhadap Pemakalah serta tanggapan Pemakalah adalah sebagai berikut:

Pertanyaan / Kritik / Saran	Tanggapan Pemakalah
<i>Cara menghitung <math>\eta</math>. Bagaimana?</i>	<i>Caraanya <math>\eta</math> ideal <math>\times</math> 100 <math>\eta</math> yg dicapai mesin.</i>

4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Daru sugati, ST. MT.

Wibowo Kusbandono<sup>1</sup>,  
PK Purwadi<sup>2</sup>