

# **KONSERVASI ENERGI PADA SELUBUNG BANGUNAN**

**Nazaruddin Sinaga**

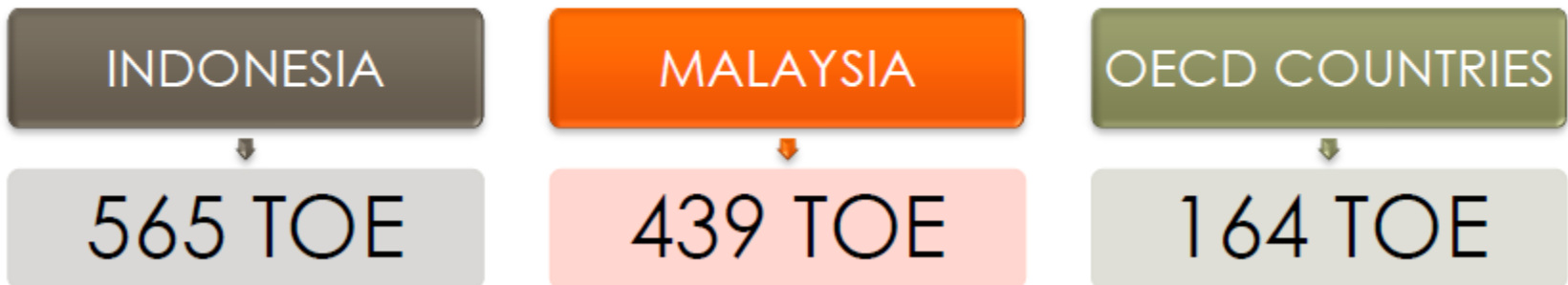
Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi  
Departemen Teknik Mesin  
Universitas Diponegoro

# Background

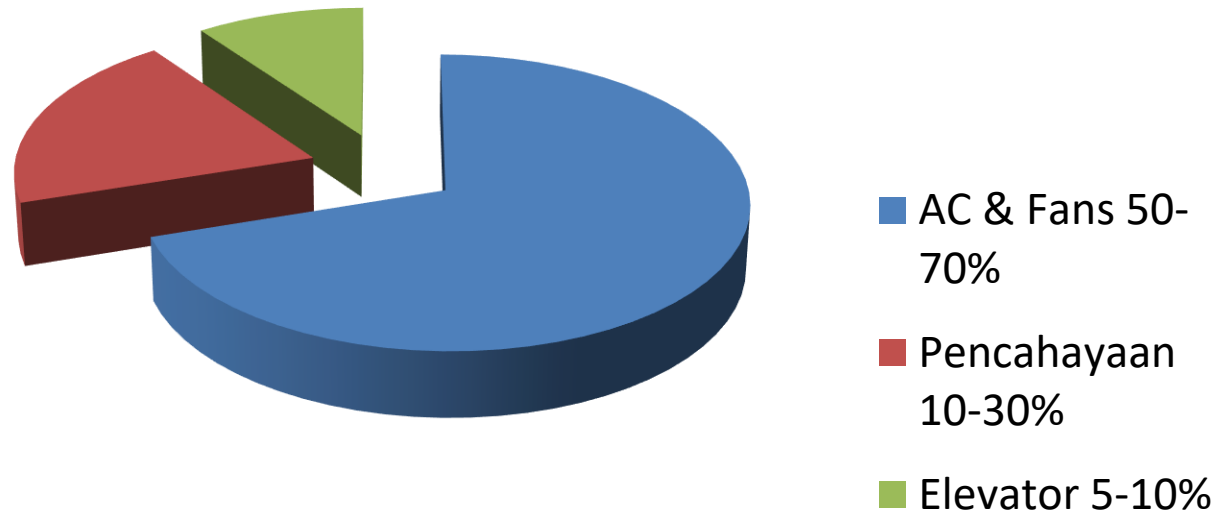
Elasticity Index: the growth of energy consumption needed to increase economic growth



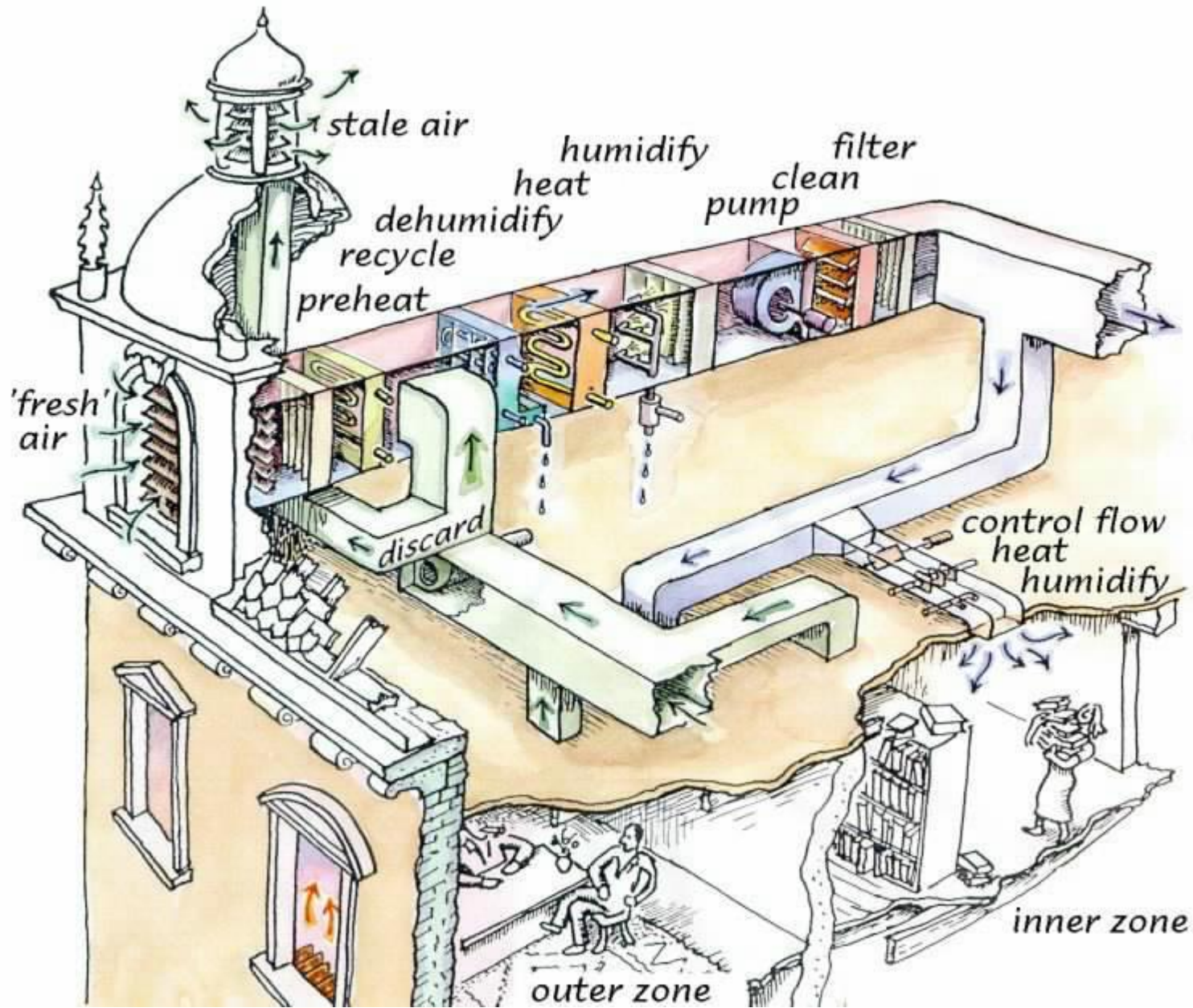
Energy Intensity: tonne oil equivalent of energy needed to obtain Gross Domestic Revenue in amount of US\$1 million dollar



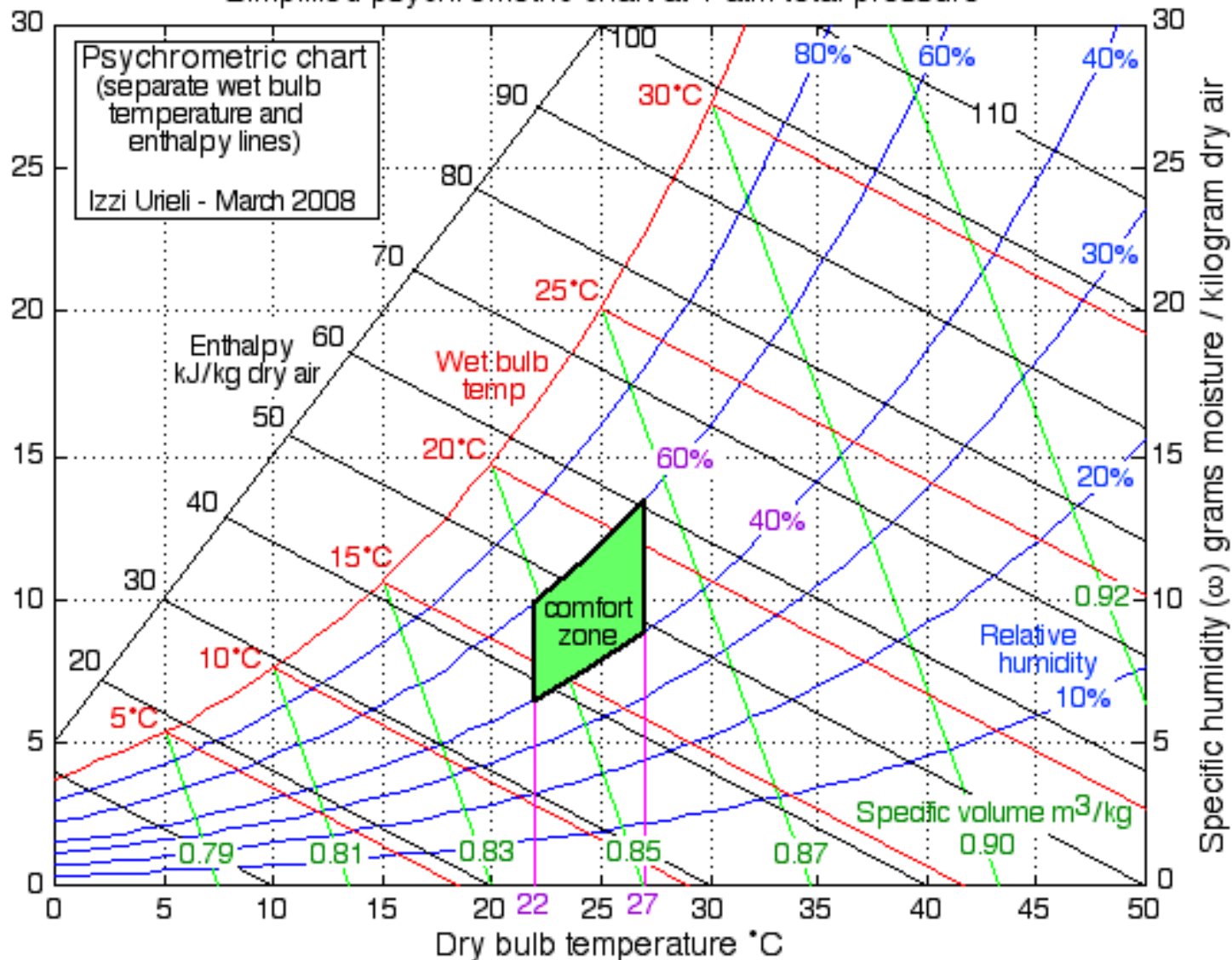
# PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG KOMERSIAL



Pemakaian listrik untuk gedung komersial umumnya 250 kWh/m<sup>2</sup> tahun



Simplified psychrometric chart at 1 atm total pressure



## **Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung SNI 03-6389-2000**

- Standar konservasi energi pada selubung bangunan gedung, dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.
- Konservasi energi pada selubung bangunan bertujuan mengidentifikasi dan mencari peluang penghematan energi dari selubung bangunan.
- Pembahasan konservasi energi sistem tata udara meliputi : kriteria perancangan, prosedur perancangan, konversi energi, konservasi energi dan rekomendasi

# POTENTIALS

## BUILDINGS

BUILDING TYPE	POTENTIAL(%)		
	NO/LOW COST	MEDIUM COST	HIGH COST
Hotel	5	5	8
HOSPITAL	5	5	10
MALL	5	5	10
PRIVATE OFFICE	5	10	12
PUBLIC OFFICE	5	10	16

# Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung

## Ruang lingkup

**1.1 Standar ini memuat criteria perancangan, prosedur perancangan, konservasi energi dan rekomendasi dari selubung bangunan pada bangunan gedung yang optimal, sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.**

**1.2 Standar ini diperuntukkan bagi semua pihak yang terlibat dalam perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.**



## **4 Kriteria Perancangan**

### **4.1 Persyaratan**

Selubung bangunan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

**4.1.1 Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan.**

**4.1.2 Perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi** harga perpindahan panas menyeluruh sebagaimana tercantum didalam standar ini.

**4.1.3 Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melebihi **45 Watt/m<sup>2</sup>.****

## 4.2 Dinding luar

### 4.2.1 Nilai perpindahan termal menyeluruh

**4.2.1.1 Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar** bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \alpha [(UW \times (1 - WWR))] \times TDEk + (SC \times WWR \times SF) + (Uf \times WWR \times \Delta T) \dots (4.2.1.1)$$

dimana :

OTTV = Harga perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m<sup>2</sup>).

$\alpha$  = absorbtansi radiasi matahari. (Tabel 1 dan 2)

UW = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (W/m<sup>2</sup>.K).

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

TDEk = Beda temperatur ekuivalen (K). (lihat tabel 8)

SF = Faktor radiasi matahari (W/m<sup>2</sup>)

SC = Koefisien penebus dari sistem fenestrasi.

Uf = Transmittansi termal fenestrasi (W/m<sup>2</sup>.K).

$\Delta T$  = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K)

**4.2.1.2 Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, digunakan persamaan sebagai berikut :**

$$\text{OTTV} = \frac{(A_{o1} \times \text{OTTV}_1) + (A_{o2} \times \text{OTTV}_2) + \dots + (A_{oi} \times \text{OTTV}_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}} \dots \dots \dots (4.2.1.2)$$

dimana :

$A_{oi}$  = luas dinding pada bagian dinding luar  $i$  ( $m^2$ ). Luas total ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$\text{OTTV}_i$  = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding  $i$  sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (4.2.1.1)

**Tabel 1 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya**

<b>Bahan dinding luar</b>	$\alpha$
Beton berat <sup>1)</sup>	0,91
Bata merah	0,89
Bitumunous felt	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat alumunium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan.	0,12

<sup>1)</sup> Untuk bangunan nuklir.

**Tabel 2 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar**

<b>Cat permukaan dinding luar</b>	$\alpha$
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu abu/biru tua	0,88
Biru/hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau/biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

**4.2.3 Transmittansi termal (U)**

**4.2.3.1** Untuk dinding tak tembus cahaya dan fenestrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya U dihitung dengan rumus :

$$U = \frac{1}{R_{Total}} \dots\dots\dots (4.2.3.1)$$

dimana :

$$R_{Total} = \text{Resistansi termal total} = \sum_{i=0} R_i$$

4.2.3.2 Resistansi termal terdiri dari :

a) Resistansi lapisan udara luar ( $R_{UL}$ )

Besarnya nilai  $R_{UL}$  ditunjukkan pada tabel 3

**Tabel 3 Nilai R lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap**

Jenis permukaan		Resistansi Termal R ( $m^2.K/Watt$ )
Permukaan dalam ( $R_{UP}$ )	Emisifitas tinggi <sup>1)</sup>	0,120
	Emisifitas rendah <sup>2)</sup>	0,299
Permukaan luar ( $R_{UL}$ )	Emisifitas tinggi	0,044

Keterangan :

- 1) Emisifitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif)
- 2) Emisifitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti aluminium foil

b) Resistansi termal bahan ( $R_K$ )

$$R_K = \frac{t}{k} \dots\dots\dots (4.2.3.2)$$

dimana :

t = tebal bahan (m)

k = nilai konduktivitas termal bahan (Watt/m.K)



**Tabel 4 Nilai k bahan bangunan**

No	Bahan bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	K (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester,tahan terhadap cuaca		1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan Alumunium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

c) Resistansi termal rongga udara ( $R_{RU}$ )

Nilainya ditunjukkan pada tabel 5

**Tabel 5 Nilai R lapisan rongga udara**

No	Jenis celah udara		Resistansi termal ( $m^2K/W$ )		
			5 mm	10 mm	100 mm
1	<b><math>R_{RU}</math> untuk dinding</b> Rongga udara vertikal (aliran panas secara horisontal).				
	1. Emisifitas tinggi		0,110	0,148	0,160
	2. Emisifitas rendah		0,250	0,578	0,606
2	<b><math>R_{RU}</math> untuk atap</b> Rongga udara horizontal/miring (aliran panas kebawah).				
	1. Emisifitas tinggi	rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,174
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^{\circ}$	0,110	0,148	0,165
		rongga udara dengan kemiringan $45^{\circ}$	0,110	0,148	0,158
	2. Emisifitas rendah	rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^{\circ}$	0,250	0,571	1,095
rongga udara dengan kemiringan $45^{\circ}$		0,250	0,570	0,768	
3	<b><math>R_{RU}</math> untuk loteng</b>				
	1. Emisifitas tinggi		0,458		
	2. Emisifitas rendah		1,356		

#### 4.2.4 Beda temperatur ekuivalen

Beda temperatur ekuivalen ( $TD_{EK}$ ) dipengaruhi oleh :

- Tipe, massa dan densitas konstruksi
- Intensitas radiasi dan lama penyinaran
- Lokasi dan orientasi bangunan
- Kondisi perancangan

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, maka nilai  $TD_{EK}$  untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 6.

**Tabel 6 Beda temperatur ekuivalen untuk dinding**

<b>Berat/satuan luas (<math>kg/m^2</math>)</b>	<b><math>TD_{EK}</math></b>
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
lebih dari 195	10

#### 4.2.5 Faktor rerata radiasi matahari

Beberapa faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 7

**Tabel 7 Faktor radiasi matahari (SF, W/m<sup>2</sup>) untuk berbagai orientasi <sup>1)</sup>**

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

<sup>1)</sup> Berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta.

Keterangan :

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

U = Utara

TL = Timur Laut

T = Timur

TGR = Tenggara

S = Selatan

BD = Barat Daya

B = Barat

BL = Barat Laut

## 4.2.6 Koefisien peneduh (SC)

4.2.6.1 Koefisien peneduh tiap sistem fenetrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi :

$$SC = SC_k \times SC_{Ef} \dots\dots\dots (4.2.6)$$

Dimana :

SC = koefisien peneduh sistem fenetrasi.

SC<sub>k</sub> = koefisien peneduh kaca.

SC<sub>Ef</sub> = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

## 6.6 Penghematan energi pada selubung bangunan bisa diperoleh dengan :

- Mengganti warna cat warna dinding luara dari warna gelap ke warna yang lebih terang, (misalnya dengan mengganti warna cat dinding luar dari abu-abu tua menjadi warna putih) (modifikasi nilai  $\alpha$ );
- Memasang jendela dengan kaca ganda (Modifikasi  $U_f$ );
- Memasang isolasi pada dinding dan atap (Modifikasi  $U_w$  dan  $U_r$ );
- Mengurangi angka perbandingan jendela luar dan dinding luar (modifikasi WWR);
- Memasang alat peneduh pada jendela luar

**Terima  
kasih**

## REFERENCES

1. **A. Thumann and W. J. Younger.** *Handbook of Energi Audits*, 7<sup>th</sup> ed., The Fairmont Press, Inc., Lilburn, USA, 2007.
2. **T. Amstrong et al.** *Energy Audit Manual New Zealand*, Energy Efficiency and Conservation Authority, Wellington, 2007.
3. **S. A. Parker and W. D. Hunt.** Strategic Energi Management Plan for Fort Buchanan, Puerto Rico, U. S. Dept. Of Energy, October 2001.
4. **A. P. Rossiter and B. P. Jones.** *Energy Management and Efficiency for the Process Industries*, American Institute of Chemical Engineers and John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2015.
5. **Badan Pengkajian Industri Hijau dan Lingkungan Hidup, Kementerian Perindustrian RI.** *Pedoman Teknis Audit Energi dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri (Fase 1)*, Jakarta, 2011.
6. **Departemen Penelitian dan Pengaturan Perbankan, Otoritas Jasa Keuangan (OJK).** *Buku Pedoman Pembiayaan Efisiensi Energi di Industri untuk Lembaga Jasa Keuangan*, OJK, Jakarta, 2015.
7. **Awaludin, W. Panuntun, W.S. Alam, N. Sinaga.** *Pemilihan Mesin Penggerak Generator Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG)*, Seminar Nasional Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia FT Undip, 2003.
8. **Sinaga, Nazaruddin, R. Ismail, R. Perangin-angin dan O. A. Wicaksono.** *Pembangkitan Listrik Menggunakan Bahan Bakar Biogas dari Hasil Fermentasi Kotoran Ternak*, Seminar Nasional Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia FT Undip, 2003.
9. **Sinaga, Nazaruddin, A. Suwono, Sularso, and P. Sutikno.** *Simulation of Fin Arrangement Effect on Performance of Staggered Circular Finned-Tube Heat Exchanger*, Proceeding, International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, 2003
10. **Sinaga, Nazaruddin, A. Suwono, Sularso, and P. Sutikno.** *Kaji Numerik dan Eksperimental Pembentukan Horseshoe Vortex pada Pipa Bersirip Anular*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin II, Universitas Andalas, Padang, Desember 2003
11. **Sinaga, Nazaruddin, A. Suwono dan Sularso.** *Pengamatan Visual Pembentukan Horseshoe Vortex pada Susunan Gormetri Pipa Bersirip*



- Anular*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin II, Universitas Andalas, Padang, Desember 2003.
12. **Sinaga, Nazaruddin.** *Perancangan Mixer Biogas-Udara Untuk Mesin Diesel Dual Fuel Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*, Majalah Teknik, Tahun ke XXV, Edisi I, 2005.
  13. **Sinaga, Nazaruddin.** *Analisa dan Pemilihan Mesin Untuk Mesin Dual Fuel Campuran Biogas-Solar*, Majalah Rotasi, Jurusan Teknik Mesin FT Undip, Vol. 7 No. 2, April, 2005.
  14. **Sinaga, Nazaruddin.** *Perancangan Conversion Kit Untuk Modifikasi Mesin Diesel Dual Fuel Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*, Jurnal Ilmiah Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi, Jurusan Teknik Mesin, FT Undip, Vol. 1 No. 1, September, 2005.
  15. **Sinaga, Nazaruddin.** *Peluang dan Strategi Penghematan Energi Sektor Transportasi di Indonesia*, Prosiding, Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi (FISERGI) 2005, Jurusan Teknik Mesin FT Undip, ISSN 1907-0063, Desember, 2005.
  16. **Sinaga, Nazaruddin.** *Pengaruh Parameter Geometri dan Konfigurasi Berkas Pipa Bersirip Anular Terhadap Posisi Separasi di Permukaan Sirip*, Jurnal Ilmiah Poros, Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Tarumanegara, Vol. 9 No. 1, Januari, 2006.
  17. **Sinaga, Nazaruddin.** *Energy Efficiency As Research and Business Opportunity*, Proceeding, International Workshop on Improvement of UNDIP Research Ability and Networking to Stimulate Sustainable Energy, Grand Candi Hotel, Semarang, October 2009.
  18. **Cahyono, Sukmaji Indro, Gwang-Hwan Choe, and Nazaruddin Sinaga.** *Numerical Analysis Dynamometer (Water Brake) Using Computational Fluid Dynamic Software*. Proceedings of the Korean Solar Energy Society Conference, 2009.
  19. **Sinaga, Nazaruddin.** *Energy Efficiency On Boiler And Pump Systems*, Technical Papers, International Workshop on Energy Audit Diponegoro University, Casindo Project, Semarang, August 2010 .
  20. **Sinaga, Nazaruddin.** *Pengaruh Model Turbulensi Dan Pressure-Velocity Copling Terhadap Hasil Simulasi Aliran Melalui Katup Isap Ruang Bakar Motor Bakar*, Jurnal Rotasi, Volume 12, Nomor 2, ISSN:1411-027X, April 2010.
  21. **I. N. Widiassa, N. Sinaga dan D. Ariyanti.** *Improving Performance Of Low Pressure Reverse Osmosis Systems By Intermittent Autoflushing*, Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 9 No. 1, April 2010.

22. **Priangkoso, Tabah dan N. Sinaga.** *Tinjauan Beberapa Model Mekanistik Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Untuk Diterapkan Pada Program Simulator Mengemudi Hemat Energi Smart Driving*, Prosiding, Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang, Juni 2011.
23. **Mrihardjono, Juli dan N. Sinaga.** *Pengujian Model Driving Cycle Kendaraan Honda City Berbahan Bakar Premium*, Majalah Gema Teknologi, Volume 16, Nomor 3, April - Oktober 2011, ISSN : 0852 0232.
24. **Sinaga, Nazaruddin dan Tabah Priangkoso.** *Tinjauan/Review Model Empirik Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan*, Journal Momentum, Vol. 7, No. 1, April 2011.
25. **Supriyo dan N. Sinaga.** *Perencanaan Daya Pendingin pada Dinamometer Arus Eddy*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Volume 7, Nomor 3, ISSN : 0216-8685, September 2011.
26. **Supriyo dan N. Sinaga.** *Perancangan Dinamometer Arus Eddy Kapasitas 250 KW*, Majalah Eksergi, Volume 7, Nomor 3, ISSN : 0216-8685, September 2011.
27. **Sinaga, Nazaruddin.** *Pengujian Teknik Mengemudi Hemat Energi pada Kendaraan Penumpang untuk Mendukung Program Smart Driving di Indonesia*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin X (SNTTM X), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, November 2011.
28. **Yunianto, Bambang dan N. Sinaga.** *Peningkatan Efisiensi Pembakaran Tungku Kayu Bakar Tradisional Dengan Modifikasi Disain*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin X (SNTTM X), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, November 2011.
29. **Sinaga, Nazaruddin, T. Priangkoso, D. Widayana dan K. Abdurrohman.** *Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter Berkendaraan Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Penumpang Kapasitas Silinder 1500-2000cc*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin X (SNTTM X), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, November 2011.
30. **Sinaga, Nazaruddin dan B. Prasetyo.** *Kaji Eksperimental Karakteristik Sebuah Dinamometer Sasis Arus Eddy*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Volume 8, Nomor 2, Mei 2012, ISSN : 0216-8685.

31. **Sinaga, Nazaruddin dan A. Dewangga.** *Pengujian Dan Pembuatan Buku Petunjuk Operasi Chassis Dinamometer Tipe Water Brake*, Majalah Rotasi, Volume 14, Nomor 3, Juli 2012, ISSN:1411-027X.
32. **Sinaga, Nazaruddin.** *Smart Driving : Menghemat Bahan Bakar, Meningkatkan Kualitas Emisi Dan Menurunkan Resiko Kecelakaan*, Makalah, Seminar Astra – Jurusan Teknik Mesin Undip, Jurusan Teknik Mesin FT UNDIP, November 2012.
33. **Sinaga, Nazaruddin dan Mulyono.** *Kaji Eksperimental Dampak Pemakaian Pertamina Dan Pertamina-Plus Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor*, Prosiding, Seminar Nasional Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Semarang 2013, ISBN : 978-979-3514-66-6, Halaman 168-172.
34. **Sinaga, Nazaruddin, dan M. H. Sonda.** *Pemilihan Kawat Enamel Untuk Pembuatan Selenoid Dinamometer Arus Eddy Dengan Torsi Maksimum 496 Nm*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi Vol 9 No.1 Januari 2013.
35. **Sinaga, Nazaruddin dan S. J. Purnomo.** *Hubungan Antara Posisi Throttle, Putaran Mesin dan Posisi Gigi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Beberapa Kendaraan Penumpang*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi, Vol.9 No. 1, Januari 2013.
36. **Sinaga, Nazaruddin.** *Pelatihan Teknik Mengemudi Smart Driving Untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca Dan Menekan Biaya Transportasi Angkutan Darat*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin XII (SNTTM XII), Fakultas Teknik Universitas Lampung, Oktober 2013.
37. **Sinaga, Nazaruddin, S. J. Purnomo dan A. Dewangga.** *Pengembangan Model Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Efisien Untuk Mobil Penumpang Berbahan Bakar Bensin Sistem Injeksi Elektronik (EFI)*, Prosiding, Seminar Nasional Teknik Mesin XII (SNTTM XII), Fakultas Teknik Universitas Lampung, Oktober 2013.
38. **Yunianto, Bambang dan N. Sinaga.** *Pengembangan Disain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen*, Majalah Rotasi, Volume 16, Nomor 1, Januari 2014, ISSN:1411-027X.
39. **Sinaga, Nazaruddin dan Y.N. Rohmat.** *Perbandingan Kinerja Sepeda Motor Berbahan Bakar Lpg Dan Bensin*, Prosiding, Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau, Semarang 21 Mei 2014, Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang, BPKIMI, Kementrian Perindustrian, Mei 2014.

40. **Syachrullah, L.I, dan N. Sinaga.** *Optimization and Prediction of Motorcycle Injection System Performance with Feed-Forward Back-Propagation Method Artificial Neural Network (ANN)*, Prosiding, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-2, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Juni 2014.
41. **Paridawati dan N. Sinaga.** *Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Sistem Injeksi Menggunakan Metode Optimasi Artificial Neural Network Dengan Algoritma Back-Propagation*, Prosiding, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-2, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Juni 2014.
42. **Nazaruddin Sinaga, Abdul Zahri.** *Simulasi Numerik Perhitungan Tegangan Geser Dan Momen Pada Fuel Flowmeter Jenis Positive Displacement Dengan Variasi Debit Aliran Pada Berbagai Sudut Putar Rotor*, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 4, Tahun 2014.
43. **Haryanto, Ismoyo, MSKTS Utomo, N. Sinaga, C. A. Rosalia dan A. P. Putra.** *Optimization Of Maximum Lift To Drag Ratio On Airfoil Design Based On Artificial Neural Network Utilizing Genetic Algorithm*, International Journal on Applied Mechanics and Materials Vol. 493, pp 123-128, 2014.
44. **M. Rifal dan N. Sinaga.** *Impact of Methanol-Gasoline Fuel Blend on The Fuel Consumption and Exhaust Emission of an SI Engine*, Proceeding, The 3<sup>rd</sup> International Conference on Advanced Materials Science and Technology (ICAMST 2015), Universitas Negeri Semarang, April 2015.
45. **Sinaga, Nazaruddin dan Mulyono.** *Studi Eksperimental Karakteristik Kinerja Sepeda Motor Dengan Variasi Jenis Bahan Bakar Bensin*, Majalah Eksergi, Volume 11, Nomor 1, ISSN:0216-8685, Halaman 1-6 Januari 2015.
46. **Septianto, Fajar, A. Widodo dan N. Sinaga.** *Analisa Penurunan Efisiensi Motor Induksi Akibat Cacat Pada Cage Ball Bantalan*, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. 4, Tahun 2015.
47. **Syahrullah, L. I. dan N. Sinaga.** *Optimization and Prediction of Motorcycle Injection System Performance with Feed-Forward Back-Propagation Method Artificial Neural Network (ANN)*, American Journal of Engineering and Applied Sciences, Volume 9, Issue 2, ISSN: 1941-7039, Halaman 222-235, Februari 2016.
48. **Rojak, Amirur dan N. Sinaga.** *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar LGV Pada Mobil Penumpang 1200 CC Dan 1500 CC Terhadap Kebutuhan Udara Dan Bahan Bakar*, Politeknosains, Volume XV, Nomor 1, ISSN: 1829-6181, Maret 2016.

49. **Fajrin, D. H. dan N. Sinaga.** *Efek Variasi Kandungan Air Terhadap Kerja Gas Engine Cooler Suatu PLTB Limbah Organik Pasar Induk*, Politeknosains, Volume XV, Nomor 1, ISSN: 1829-6181, Maret 2016.
50. **Khudhoibi dan N. Sinaga.** *Pengaruh Engine Remap Terhadap Beberapa Parameter Operasi Mobil Berbahan Bakar LGV*, Jurnal Ilmiah Momentum, Volume 12, Nomor 1, ISSN : 0216-7395, April 2016.
51. **Rifal, Mohamad dan N. Sinaga.** *Impact of Methanol-Gasoline Fuel Blend on The Fuel Consumption and Exhaust Emission of an SI Engine*, AIP Conf. Proc. 1725, 020070-1–020070-6; Published by AIP Publishing, 978-0-7354-1372-6, Maret 2016.
52. **Sinaga, Nazaruddin dan A. S. B. Nasution.** *Simulasi Pengaruh Komposisi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Pome) Terhadap Kandungan Air Biogas dan Daya Listrik yang Dihasilkan Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 12 No. 3, September 2016.
53. **Sinaga, Nazaruddin dan D. Alcita.** *Perbandingan Beberapa Parameter Operasi Mesin Mobil Injeksi Terhadap Penggunaan Bahan Bakar Bensin dan Campuran Metanol-Bensin M15*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 12 No. 3, September 2016.
54. **Fatichuddin, Mochamad dan N.Sinaga.** *Pengaruh Komposisi Air Terhadap Kebutuhan Daya Kompresor Pada Sistem Pembangkit Listrik Biogas Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Jurnal Ilmiah Momentum, Vol. 12 No. 2, Oktober 2016.
55. **Nazaruddin Sinaga.** *Perancangan Awal Converter Kit LPG Sederhana untuk Konversi Mesin Bensin Skala Kecil*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 13, No. 1, Januari 2017.
56. **Nazaruddin Sinaga.** *Kaji Numerik Aliran Jet-Swirling Pada Saluran Annulus Menggunakan Metode Volume Hingga*, Jurnal Rotasi Vol. 19, No. 2, April 2017.
57. **Nazaruddin Sinaga dan M. Rifal.** *Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC*, Jurnal Rotasi Vol. 19, No. 3, Juli 2017.
58. **Nazaruddin Sinaga.** *Analisis Aliran Pada Rotor Turbin Angin Sumbu Horisontal Menggunakan Pendekatan Komputasional*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 13, No. 3, September 2017.

59. **Nazaruddin Sinaga.** *Perancangan dan Pembuatan Data Logger Sederhana untuk Dinamometer Sasis Sepeda Motor*, Jurnal Rotasi, Vol. 20, No. 1, Januari 2018.
60. **Mohamad Rifal dan Nazarudin Sinaga.** *Kaji Eksperimental Rasio Metanol-Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang, Torsi Dan Daya*, Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering, Vol 1 (1), April 2018, pp. 47-54.
61. **Nazaruddin Sinaga, Maizirwan Mel, Rezeki Pakpahan, Nor Azwadi Che Sidik.** *Influence of Volatile Fatty Acid Concentration on Biogas Production in Synthropic Anaerobic Digestion*, Journal of Advanced Research in Biofuel and Bioenergy, Vol. 1 No. 1, June 2018
62. **Sinaga, N., Nasution, S.B., Mel, M.** *Process Optimization of Biogas Production From Palm Oil Mill Effluent: A Case Study of a Crude Palm Oil Factory in Muaro Jambi, Indonesia*, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, Vol. 49, Issue 2, pp. 155-169 , September 2018, ISSN: 2289-7879
63. **Nurjehan Ezzatul Ahmad, Maizirwan Mel, Nazaruddin Sinaga.** *Design of Liquefaction Process of Biogas Using Aspen HYSYS Simulation*, pp. 10-15, Journal of Advanced Research in Biofuel and Bioenergy, Vol. 2 No.1, September 2018.
64. **Nugroho, A., Sinaga, N., Haryanto, I.** *Performance of a Compression Ignition Engine Four Strokes Four Cylinders on Dual Fuel (Diesel-LPG)*, Proceeding, The 17th International Conference on Ion Sources, Vol. 2014, 2018, 21 September 2018, AIP Publishing.
65. **Nazaruddin Sinaga, P. Paryanto, Susilo A. Widyanto, R. Rusnaldy, Alexander Hetzner, and Jorg Franke.** *An Analysis of the Effect of Gravitational Load on the Energy Consumption of Industrial Robots*, 6th CIRP Global Web Conference, Procedia CIRP 78 (2018), pp. 8 – 12, September 2018.
66. **Syaiful, Sinaga, N., Wulandari, R., Bae, M.W.** *Effect of Perforated Concave Delta Winglet Vortex Generators on Heat Transfer Augmentation of Fluid Flow Inside a Rectangular Channel: An Experimental Study*. International Mechanical and Industrial Engineering Conference 2018 (IMIEC 2018), MATEC Web of Conferences Vol.204 , 2018 , 21-Sep-18 , EDP Sciences 12 , ISSN: 2261-236X
67. **Muchammad, M., Sinaga, N., Yunianto, B., Noorkarim, M.F., Tauviqirrahman, M.** *Optimization of Texture of The Multiple Textured Lubricated Contact with Slip*, International Conference on Computation in Science and Engineering, Journal of Physics: Conf. Series 1090-

012022, 5 November 2018, IOP Publishing, Online ISSN: 1742-6596  
Print ISSN: 1742-6588.

68. **Nazaruddin Sinaga, B. Yunianto, Syaiful, W.H. Mitra Kusuma.** *Effect of Addition of 1,2 Propylene Glycol Composition on Power and Torque of an EFI Passenger Car Fueled with Methanol-Gasoline M15*, Proceeding of International Conference on Advance of Mechanical Engineering Research and Application (ICOMERA 2018), Malang, October 2018.
69. **Nazaruddin Sinaga, Mohammad Tauviqirrahman, Arif Rahman Hakim, E. Yohana.** *Effect of Texture Depth on the Hydrodynamic Performance of Lubricated Contact Considering Cavitation*, Proceeding of International Conference on Advance of Mechanical Engineering Research and Application (ICOMERA 2018), Malang, October 2018.
70. **Syaiful, N. Sinaga, B. Yunianto, M.S.K.T. Suryo.** *Comparison of Thermal-Hydraulic Performances of Perforated Concave Delta Winglet Vortex Generators Mounted on Heated Plate: Experimental Study and Flow Visualization*, Proceeding of International Conference on Advance of Mechanical Engineering Research and Application (ICOMERA 2018), Malang, October 2018.
71. **Nazaruddin Sinaga, K. Hatta, N. E. Ahmad, M. Mel.** *Effect of Rushton Impeller Speed on Biogas Production in Anaerobic Digestion of Continuous Stirred Bioreactor*, Journal of Advanced Research in Biofuel and Bioenergy, Vol. 3 (1), December 2019, pp. 9-18.
72. **Nazaruddin Sinaga, Syaiful, B. Yunianto, M. Rifal.** *Experimental and Computational Study on Heat Transfer of a 150 KW Air Cooled Eddy Current Dynamometer*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
73. **Nazaruddin Sinaga.** *CFD Simulation of the Width and Angle of the Rotor Blade on the Air Flow Rate of a 350 kW Air-Cooled Eddy Current Dynamometer*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
74. **Ahmad Faoji, Syaiful Laila, Nazaruddin Sinaga.** *Consumption and Smoke Emission of Direct Injection Diesel Engine Fueled by Diesel and Jatropha Oil Blends with Cold EGR System*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
75. **Johan Firmansyah, Syaiful Laila, Nazaruddin Sinaga.** *Effect of Water Content in Methanol on the Performance and Smoke Emissions*

- of Direct Injection Diesel Engines Fueled by Diesel Fuel and Jatropha Oil Blends with EGR System*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
76. **Syaiful, Anggie Restue, Saputra, Nazaruddin Sinaga.** *2-D Modeling of Interaction between Free-Stream Turbulence and Trailing Edge Vortex*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
77. **Anggie Restue, Saputra, Syaiful, and Nazaruddin Sinaga.** *2-D Modeling of Interaction between Free-Stream Turbulence and Trailing Edge Vortex*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, January 21, 2019.
78. **Sinaga, Nazaruddin, M. Mel, D.A Purba, Syaiful, and Paridawati.** *Comparative Study of the Performance and Economic Value of a Small Engine Fueled with B20 and B20-LPG as an Effort to Reduce the Operating Cost of Diesel Engines in Remote Areas*, Joint Conference of 6th Annual Conference on Industrial and System Engineering (6th International Conference of Risk Management as an Interdisciplinary Approach (1<sup>st</sup> ICRMIA) 2019 on April 23-24, 2019 in Semarang, Central Java, Indonesia.
79. **Sinaga, Nazaruddin, B. Yuniyanto, D.A Purba, Syaiful and A. Nugroho.** *Design and Manufacture of a Low-Cost Data Acquisition Based Measurement System for Dual Fuel Engine Researches*, Joint Conference of 6th Annual Conference on Industrial and System Engineering (6th International Conference of Risk Management as an Interdisciplinary Approach (1<sup>st</sup> ICRMIA) 2019 on April 23-24, 2019 in Semarang, Central Java, Indonesia.
80. **Y Prayogi, Syaiful, and N Sinaga.** *Performance and Exhaust Gas Emission of Gasoline Engine Fueled by Gasoline, Acetone and Wet Methanol Blends*, International Conference on Technology and Vocational Teacher (ICTVT-2018), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 535 (2019) 012013 doi:10.1088/1757-899X/535/1/012013.
81. **E. Yohana, B. Farizki, N. Sinaga, M. E. Julianto, I. Hartati.** *Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water Terhadap Efektivitas Kondensor di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng*, Journal of Rotasi, Vol. 21 No. 3, 155-159.



82. **B. Yuniato, F. B. Hasugia, B. F. T. Kiono, N. Sinaga.** *Performance Test of Indirect Evaporative Cooler by Primary Air Flow Rate Variations*, Prosiding SNTTM XVIII, 9-10 Oktober 2019, 1-7.