



# PROSIDING



## SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN

# 4

**MENINGKATKAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI  
DAN INDUSTRI MELALUI RISET DAN INOVASI DI  
BIDANG TEKNIK MESIN**

Editor:  
Hariyo Priambudi Setyo Pratomo  
Oegik Soegihardjo  
Willyanto Anggono

30 Juni 2009

Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 - 131  
Surabaya 60236





# PROSIDING



## SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN

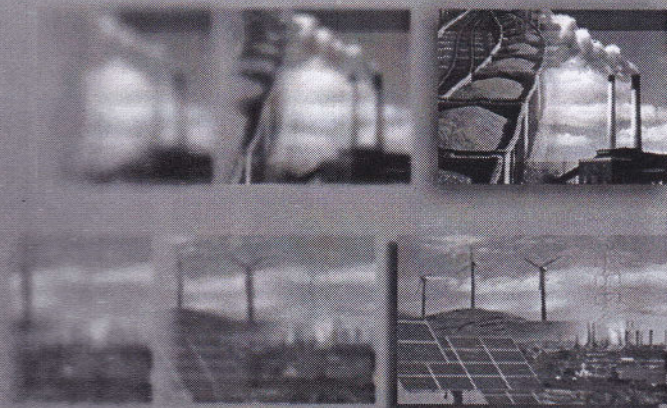
# 4

**MENINGKATKAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI  
DAN INDUSTRI MELALUI RISET DAN INOVASI DI  
BIDANG TEKNIK MESIN**

Editor:  
Hariyo Priambudi Setyo Pratomo  
Oegik Soegihardjo  
Williyanto Anggono

30 Juni 2009

Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 - 131  
Surabaya 60236



**PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN 4**  
**Meningkatkan Kerjasama Perguruan Tinggi Dan Industri**  
**Melalui Riset Dan Inovasi Di Bidang Teknik Mesin**

Hak Cipta @ 2009 oleh SNTM 4  
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra  
Dilarang mereproduksi, mendistribusikan bag  
dari publikasi ini dalam segala bentuk maup  
media 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: 978-979-25-4413-8**

**TIM PENGARAH  
(REVIEWER):**

Ir. Sunaryo PhD.CEng. MRINA. MIMarEST	Universitas Indonesia
Dr. Ir. Winarto MSc.	Universitas Indonesia
Dr. Ir. T. A. Fauzi Soelaiman, MSc.	Institut Teknologi Bandung
Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya	Institut Teknologi Bandung
Ir. R. Soekrisno, MSME.,PhD.	Universitas Gadjah Mada
Prof. Ir. Houtman P. Siregar, MSi.,PhD.	Institut Teknologi Indonesia
Prof. Dr.Ir.Wayan Berata, DEA	institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dr. Ing. Suwandi Sugondo	Universitas Kristen Petra - PT. Agrindo
Dr. Juliana Anggono, ST, MSc.	Universitas Kristen Petra

## PANITIA PELAKSANA

Ketua Panitia	:Fandi D. Suprianto. ST., M.Sc.
Sekretaris	:Ir. Ekadewi Anggraini Handoyo, M.Sc
Bendahara	:Ir.Joni Dewanto,MS
Publikasi	:Stefanus Ongkodjojo,ST,MSc
Makalah	:Hariyo Priambudi Setyo Pratomo, S.T, M.Phil
Acara	:Soejono Tjitro, MT.Manf.
Konsumsi	:Dr. Juliana Anggono, S.T.,M.Sc.
Perlengkapan	:Ian Hardianto ST,MT

Kerja  
merupakan s  
Dengan dem  
menjadi sebu  
Universitas  
Mesin, sebag  
Tema  
Industri Me  
bidang keilm  
terbarukan, s  
fluida, pemo  
meliputi pro  
meliputi kon  
mekatronika,  
media ini da  
hasil-hasil pe  
Dalam  
akademisi pe  
dengan isu y  
adalah meng  
Kiran  
di Indonesia  
era pasar glo

## KATA PENGANTAR

Kerjasama antara Perguruan Tinggi dan Industri dalam riset, rekayasa dan inovasi merupakan strategi yang perlu dibangun untuk meningkatkan kemampuan industri nasional. Dengan demikian peran para peneliti dan praktisi yang serasi melalui pertukaran informasi menjadi sebuah kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Pada kesempatan ini Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra untuk yang keempat kalinya mengadakan Seminar Nasional Teknik Mesin, sebagai media untuk maksud tersebut.

Tema seminar kali ini adalah **Meningkatkan Kerjasama Perguruan Tinggi Dan Industri Melalui Riset Dan Inovasi Di Bidang Teknik Mesin**. Sebuah tema dengan jangkauan bidang keilmuan cukup luas, diantaranya: Konversi Energi yang meliputi energi baru dan terbarukan, sistem pengkonversi energi termal, pengering, pendingin, pembakaran, mesin-mesin fluida, pemodelan dan simulasi, otomotif, dan TTG (Teknologi Tepat Guna); Manufaktur yang meliputi proses manufaktur, sistem manufaktur, dan pengembangan material; Disain yang meliputi konstruksi, peralatan handling material, pemodelan dan simulasi mekanik, disain produk, mekatronika, alat pertanian, dan TTG. Dengan topik-topik beragam yang ditawarkan, diharapkan media ini dapat dimanfaatkan oleh banyak pihak untuk ikut ambil bagian dalam diskusi ilmiah hasil-hasil penelitian dan pengalaman praktis di industri.

Dalam kesempatan ini dipresentasikan 53 makalah terpilih, yang dikirim oleh peneliti dan akademisi perguruan tinggi negeri maupun swasta di berbagai kawasan di Indonesia. Sesuai dengan isu yang sedang dihadapi dunia saat ini, maka makalah yang paling banyak disampaikan adalah mengenai Konversi Energi, disusul oleh makalah bidang Disain, dan bidang Manufaktur.

Kiranya segenap upaya yang telah dilakukan berguna bagi kemajuan dan penguasaan Iptek di Indonesia serta bagi peningkatan kemampuan Industri Nasional, khususnya dalam menghadapi era pasar global. Selamat berseminar.

Hariyo P.S. Pratomo  
Oegik Soegihardjo  
Willyanto Anggono

## DAFTAR ISI

TIM PENGARAH ( REVIEWER ).....	iii
PANITIA PELAKSANA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi

### D - DISAIN

1. An Elastic-Plastic Running-In Analysis Of Rolling Contacts: Model And Experiment (Jamari).	1
2. Maksimum Pada Kontak Antara Roda Dan Rel Dengan Fem (I Made Parwata, I G. N. Wiraatmaja Puja, D. J. Schipper, Satryo S. B.)	7
3. Pengujian Loadcell Jenis Ring Untuk Pengukuran Beban Dalam Tiga Orientasi (Tono Sukarnoto, Soeharsono, Supriyadi)	13
4. Peningkatan Unjuk Kerja Table Top Chain Conveyor Dengan Menggunakan Pressless Combiner Conveyor (Willyanto Anggono, Stefanus Ongkodjojo, Sonny Wijaya)	19
5. Perancangan Pemegang Singkong Pada Mesin Pemotong Singkong (Arum Soesanti)	24
6. Perancangan Program Sistem Pengkodean Fitur Produk ( <i>Coding System</i> ) Metode Opitz Dengan Menggunakan <i>Pro/Engineer</i> (Sunardi Tjandra)	29
7. Perencanaan Multi Timbangan Pada Mesin Pengepakan Pada Industri Makanan Dengan Kontrol Fuzzy Logic (Sampurno, Taufiq Arifiyanto)	34
8. Rancangan Alternatif Propeller Komposit Bagi Kapal Ikan Tradisional (Ida Bagus Putu Sukadana, I Wayan Suastawa)	42
9. Rancang Bangun Alat Pengujian Sederhana Speed Control Untuk Mobil Listrik (Amin, Kristian Ismail, Puji Widiyanto, Mulia Pratama)	50
10. Rancang Bangun Pemutar Rak Telur Pada Mesin Tetas Telur Otomatis (Budi Luwar Sanyoto, Sri Bangun Setyawati)	55
11. Rancang Bangun Push-Belt Cvt Menggunakan Mekanisme Governor Tipe Richardson Sebagai Penggerak Variator Driver Pulley (Achmad Syaifudin, J. Lubi)	61
12. Simulasi Gerakan Belok Kendaraan 4 WS (Four Wheel Steering) Menggunakan Metode Quasi Dinamik Untuk Rancangan Software Vehicle Dynamic (GUI) (Ian Hardianto Siahaan)	67
13. Simulasi Jalur Perambatan Retak Lelah Unik Pada Pelat Aluminium Murni Menggunakan Parameter Faktor Intensitas Tegangan (Yudy Surya Irawan)	74

14. Simulasi Panjang *Wheelbase* Berbagai Kendaraan 2 WS Sebagai Pembanding Performa Stabilitas Gerakan Belok Dengan Metode Quasi Dinamik Berdasarkan (Ian Hardianto Siahaan) 79
15. Sustainable Product Development Mesin Shrink Tunnel Botol Polyethelin Theretalate Dengan Menggunakan Virtual Reality (Willyanto Anggono, Ninuk Jonoadji, Andrianto Nurhalim) 85

## K - KONVERSI ENERGI

1. Hydrogen Generator (Teknologi Alternatif Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Motor Bakar) (Fx. Agus Unggul Santoso) 91
2. Kaji Pemilihan Unit Pendingin Dalam Kondisi Suplai Air Dingin Mati (Toto Supriyono) 96
3. Kajian Teoritik Koefisien Kerugian Kalor Overall Berbasis Metode Malhotra Et.Al. Pada Parameter Disain Kolektor Surya Plat Datar Termosipon (Philip Kristanto) 101
4. Karakteristik Limbah Batubara Pada Pabrik Tesktil Dan Kemungkinan Pemanfaatannya: Studi Kasus Di Kabupaten Bandung, Jawa Barat (Slamet Suprpto) 108
5. Optimasi Pemakaian Energi Pada Crude Destilation Unit Menggunakan Metode Optimasi Pinch (Agus Hermanto) 116
6. Pengaruh Kadar Abu Semikokas Terhadap Mutu Karbon Aktif Dari Batubara (Ika Monika, Slamet Soeprpto) 124
7. Pengaruh Temperatur Pengeringan Dan Kestabilan Kadar Air Batubara Binungan Dan Samaranggau (Wahid Supriatna, Datin Fatia Umar) 128
8. Pengaruh Ukuran Partikel Dan Persen Padatan Terhadap Suhu Pembakaran Coal Water Mixture (Datin Fatia Umar, Toton Sentana Kunrat, Liston Setiawan) 133
9. Penyelesaian Numerik Persoalan Invers Perpindahan Panas Konduksi (IHCP) Pada Sirip Pelat Vertikal Untuk Estimasi Koefisien Perpindahan Panas Dan Efisiensi (R. Lulus Lambang G H, W. Endra Juwana, Tri Istanto) 138
10. Rancang Bangun Dan Analisis Pengujian Sistem Refrigerasi Ice Condenser Pada Mesin Freeze Drier (Sumeru) 146
11. Simulasi Konveksi Alamiah Pada Rongga Persegi Dengan *Code Saturne* Perangkat Lunak Cfd Kode Terbuka (Bintoro Aji) 152
12. Studi Eksporasi Potensi Mikroalga Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan (Heru Suryanto, Sukarni, Uun Yanuhar) 157
13. Studi Penggunaan Energi Pada Monitor CRT Dan LCD (Stephanus Antonius Ananda, Iwan Handoyo Putro) 162
14. Studi Penurunan Tekanan Air Dalam Filter Pasir (Toto Supriyono) 166
15. Studi Tegangan Geser Dinding Dan Perpindahan Panas Untuk Sebuah Fin Bersirip Tunggal Berputar Dengan Dan Tanpa Aliran Silang (Berkah Fajar) 170



- |   |     |
|---|-----|
| 16. Studi Tentang Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Ellips Tunggal (AR=1/3) Teriris Pada Sisi Depan (Wawan Aries Widodo, Triyogi Yuwono, P. Indiyono) | 176 |
| 17. Understanding On Mineral Structure And Chemical Property Of Indonesian Coal For Making Briquette (Athanasius P. Bayuseno)                               | 184 |

#### M - MANUFAKTUR

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Pemanfaatan Logam Paduan Sebagai Logam Sisipan Pada Sisi Potong (Cutting Edge) Guna Meningkatkan Mutu Produk Pande Besi (Nur Husodo, Budi Luwar Sanyoto)   | 190 |
| 2. Pengaruh Fly Ash Terhadap Kekuatan Tekan Dan Kekerasan Cetakan Pasir (Soejono Tjitro, Hendri)  | 196 |
| 3. Pengaruh Temperatur Sinter Dan Fraksi Volume Penguat Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/Sic-Al/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Produk Metalurgi Serbuk (Anne Zulfia, Franciska P. L., Widyastuti) | 200 |
| 4. Perancangan Punch Die Produk Washer Untuk Mereduksi Tahapan Dan Efisiensi Proses (Susila Candra, Yon Haryono Dan Robin Anggradi)   | 206 |
| 5. Ragam Vibrasi Ikatan C-H Pada Diamond-Like Carbon (Putut Marwoto)  |     |
| 6. Studi Efek <i>Work Hardening</i> Melalui Penumbukan Pada Baja Mangan Austenitik S <sub>cmn</sub> 11 (Juliana Anggono, Limawan)   | 218 |
| 7. Studi Kasus Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Melalui Implementasi Total Productive Maintenance (Tpm) (Didik Wahjudi, Soejono Tjitro, Rhismawati Soeyono)  | 222 |
| 8. Utilization Of Genetic Algorithm For Cutting Force Optimization When Machining Ti-6al-4v Using TiAlN Coated End Millis (A. S. Mohruni, S. Sharif, M.Y. Noordin, A. Ardiansyah)   | 227 |

## KAJI PEMILIHAN UNIT PENGKONDISIAN UDARA DALAM KONDISI SUPLAI AIR DINGIN MATI

**Toto Supriyono**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan  
Jl. Dr. Setiabudi No. 193 Bandung, Telp. 022-2019352, Fax. 022-2019329  
E-mail : toto\_supriyono@yahoo.com

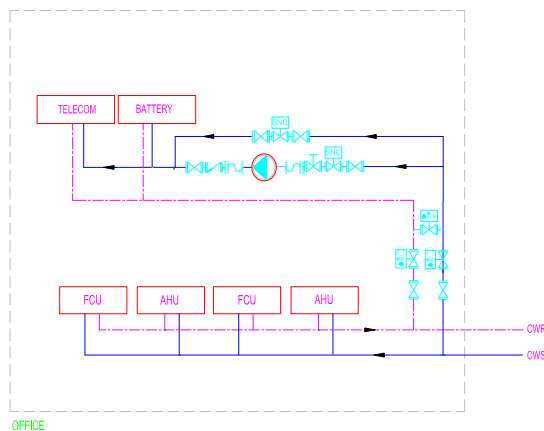
### ABSTRAK

Dalam penelitian ini kajian pemilihan unit pengkondisian udara dalam kondisi darurat telah dilakukan. Dalam kondisi operasi normal, battery dan telecommunication room dikondisikan menggunakan FCU. FCU mendapatkan suplai air dingin (*chilled water*) dari pendingin air (*chiller*). Dalam kondisi darurat, *chiller* tidak dapat mensuplai air dingin padahal proses pengkondisian udara dalam ruangan-ruangan tersebut harus tetap berlangsung agar peralatan didalamnya dapat beroperasi pada temperatur kerja kurang dari 30°C. Ada dua alternatif pemilihan unit pengkondisian udara dalam kondisi darurat untuk mengkondisikan ruangan-ruangan tersebut. Yang pertama adalah sistem pengkondisian udara menggunakan FCU air dingin yang dilengkapi dengan pompa sirkulasi dan berbagai katup sehingga ketika suplai air dari *chiller* berhenti, air dingin masih tetap dapat dialirkan dalam FCU walaupun hanya untuk beberapa saat. Yang kedua adalah ruangan-ruangan tersebut dilengkapi dengan unit pengkondisian udara lainnya seperti FCU jenis *split-high wall mounted* yang suplai daya listriknya diperoleh dari UPS. Jadi dalam ruangan-ruangan tersebut ada dua unit pengkondisian udara, yaitu FCU dengan suplai air dingin dan FCU jenis *split-high wall mounted*. Hasil analisis termodinamika dan biaya dapat disimpulkan bahwa alternatif kedua lebih baik dibandingkan dengan yang pertama. Alternatif pertama sangat rumit dan relatif mahal serta hanya dapat beroperasi selama 7 menit untuk mencapai temperatur keseimbangan termodinamika sebesar 30°C, sedangkan alternatif kedua, lebih sederhana dan FCU jenis *split-high wall mounted* yang dipilih dapat beroperasi bergantung pada pilihan jenis UPS. UPS dapat memberikan proteksi waktu mulai 30 menit hingga beberapa jam.

*Kata kunci: Chiller, FCU, Air Conditioning, Battery Room, Telecommunication Room*

### 1. Pendahuluan

Unit pengkondisian udara untuk *battery room* dan *telecommunication room* yang diamati diperlihatkan pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Unit pengkondisian udara ruang baterai dan telekomunikasi

Ruangan tersebut (baterai dan telekomunikasi) dikondisikan menggunakan FCU yang mendapat suplai air dingin (*chilled water*) dari mesin pendingin (*chiller*). Dalam kondisi darurat, di mana *chiller* atau pompanya tidak dapat berfungsi, maka suplai air dingin dari *chiller* ke FCU tersebut akan terhenti sehingga proses pengkondisian udara dalam ruangan-ruangan tersebut akan berhenti pula. Hal ini harus dihindari agar peralatan dalam ruangan tersebut dapat berfungsi dengan baik pada temperatur kerja peralatan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji alternatif pemilihan unit pengkondisian udara untuk ruangan baterai dan telekomunikasi, dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh rekomendasi pilihan unit yang terbaik agar pengkondisian udara dalam ruangan-ruangan itu masih dapat beroperasi dalam kondisi darurat namun sistem pengkondisian udara tersebut tidak rumit dan relatif murah serta mudah pemasangannya.

*Battery room* adalah sebuah ruangan yang digunakan sebagai tempat atau rumah baterai dalam jumlah yang cukup banyak untuk cadangan suplai daya listrik atau UPS yang memberikan daya listrik untuk keperluan telekomunikasi, komputasi, dan sebagainya.

Baterai memberikan listrik DC untuk berbagai UPS agar suplai daya listrik AC tetap berlangsung. Baterai dapat memberikan suplai daya dalam beberapa menit, beberapa jam hingga beberapa hari bergantung pada disain sistem listriknya.

Beberapa jenis Baterai akan menghasilkan gas hydrogen terutama apabila baterai mengalami *overcharged*. Umur baterai akan berkurang bila bekerja pada temperatur tinggi, namun kapasitas penyimpanan energinya juga dapat berkurang jika beroperasi pada temperatur rendah. Oleh karena itu, ruangan baterai harus dikondisikan udaranya untuk mempertahankan temperatur kerja yang sesuai. Temperatur ruangan baterai yang dianjurkan adalah  $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$  selama enam bulan. Temperatur ruangan yang tinggi dapat mempercepat laju *self-discharge* baterai, dapat merusak cell permanen, dan memperpendek umur baterai.



Gambar 2. Foto ruang baterai meledak

Gambar 2 di atas memperlihatkan ruang baterai yang meledak. Gas hydrogen dihasilkan oleh baterai selama operasi pengisian (*charging*) baterai. Ledakan dapat terjadi karena ventilasi yang tidak memadai atau peralatan yang tidak dilengkapi dengan pelindung api (*flameproof*). Konsentrasi hydrogen antara 4.1% hingga 75% yang bercampur dengan udara dapat menyebabkan ledakan. Nyala api atau udara panas atau permukaan panas dapat menyalakan campuran udara dan hydrogen tersebut. Umumnya, konsentrasi hydrogen maksimum yang diijinkan dalam suatu ruangan adalah 1.5% dari volume ruangan. Untuk menjaga konsentrasi hydrogen di bawah 4%, ventilasi yang memadai harus disediakan dan temperatur udara dalam ruangan dipertahankan pada temperatur kerja baterai antara  $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ .

Menurut NFPA 76, ventilasi untuk baterai room adalah sebagai berikut: "*Kapasitas exhaust fan baterai room adalah 1 cfm per 1 ft<sup>2</sup>*". Menurut ASHRAE 62, persyaratan ventilasi untuk baterai room adalah *1 cfm per 1 ampere pengisian, tapi tidak boleh lebih kecil dari 6 ACH*. Sedangkan menurut IS:12332, persyaratan minimal ventilasi baterai room adalah *12 ACH, suplai*

*udara paksa dan sistem positif exhaust, menggunakan fitting listrik yang flameproof, udara masuk harus dilewatkan dekat lantai dan udara keluar pada lokasi yang lebih tinggi dalam ruangan baterai.*

Untuk mencegah ledakan yang terjadi dalam ruang baterai, ventilasi untuk ruang baterai harus *interlocked* dengan sistem monitoring hydrogen. Sensor hydrogen akan memberikan peringatan apabila terjadi produksi hydrogen yang berlebihan dalam ruang baterai sehingga unit penanggulangan darurat akan data lebih cepat sebelum terjadi ledakan atau ada antisipasi cepat untuk mencegah terjadinya ledakan yang disebabkan oleh meningkatkan kandungan hydrogen dalam ruang baterai.

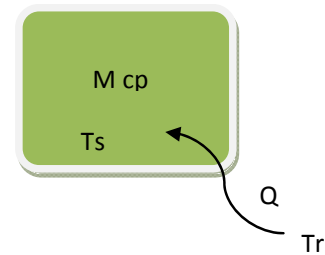
## 2. Metodologi

Penelitian telah dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Mempelajari/mereview disain ruangan baterai dan telekomunikasi berdasarkan gambar dari arsitektur.
- Mereview disain HVAC untuk ruangan baterai dan telekomunikasi serta sistem pengkondisian ruangan secara keseluruhan.
- Menentukan alternatif pilihan unit pengkondisian udara untuk ruangan baterai dan telekomunikasi.
- Melakukan analisis energi menggunakan termodinamika dan melakukan analisis biaya.
- Membandingkan kelebihan dan kekurangan alternatif pilihan unit pengkondisian udara dengan mempertimbangkan aspek termodinamika, biaya, instalasi, operasi dan pemeliharaan.
- Menyusun kesimpulan dan saran.

## 3. Analisis Termodinamika

Analisis termodinamika dilakukan untuk menganalisis energi dalam sistem FCU pada kondisi darurat. Pada kondisi darurat, susunan katup akan mengisolasi air dingin yang mengalir dari chiller sehingga air dingin yang ada hanya air dalam pipa dan dalam FCU. Secara skematik sistem FCU pada kondisi darurat diperlihatkan pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Sistem FCU dalam kondisi darurat

Pada kondisi darurat di mana suplai air dingin dari

chiller berhenti, air dingin yang ada dalam pipa dan coil pendingin digunakan untuk mendinginkan ruangan dengan beban pendinginan sebesar 4.35 kW. Jumlah air dalam pipa dan coil pendingin sebanyak 20 kg. Dari balans energi untuk sistem seperti diperlihatkan dalam gambar 3 diperoleh persamaan energi sebagai berikut:

(1)

Di mana,  $m$  adalah masa air dalam sistem (kg),  $cp$  adalah kapasistas panas air ( $=4.678 \text{ kJ/kg.K}$ ),  $\Delta T$  adalah beda temperatur ruangan dan air ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $Q$  adalah daya panas yang diserap oleh air dari udara dalam ruangan ( $=4.35 \text{ kW}$ ).

Pada kondisi keseimbangan termodinamika, temperatur air dan temperatur udara akan sama. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi keseimbangan termodinamika tersebut adalah

(2)

Persamaan di atas adalah persamaan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan agar temperatur air sama dengan temperatur ruangan. Pada kondisi itu, air tidak dapat lagi berfungsi untuk mendinginkan atau mengkondisikan ruangan. Temperatur air ( $T_r$ ) rata-rata dalam pipa dan FCU adalah  $(12+9)/2=10.5^{\circ}\text{C}$ , yaitu rata-rata temperatur air masuk dan keluar sistem, sedangkan temperatur udara ( $T_r$ ) adalah  $26^{\circ}\text{C}$ .

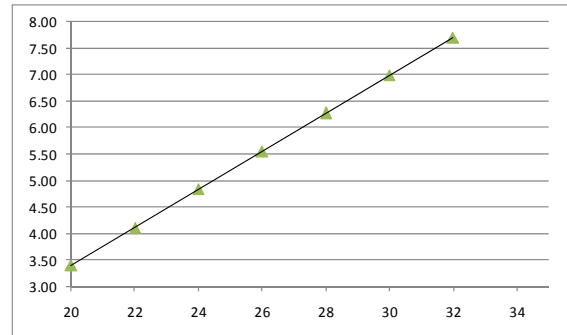
Jadi, waktu pendinginan yang dapat dimanfaatkan selama kondisi darurat adalah 333 detik atau 5.6 menit. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan hubungan temperatur air dan waktu pendinginan yang dapat dilakukan oleh air.

Tabel 1. Temperatur air dan waktu

Ts ( $^{\circ}\text{C}$ )	t (menit)
20	3.41
22	4.12
24	4.84
26	5.56
28	6.27
30	6.99
32	7.71

Dari tabel 1 di atas ditunjukkan bahwa jika temperatur ruangan yang dikehendaki sebesar  $30^{\circ}\text{C}$  maka waktu operasi pompa sirkulasi hanya 30 menit. Semakin besar temperatur ruangan yang ingin dicapai maka semakin lama waktu operasi pompa. Namun hal ini dibatasi oleh temperatur kerja baterai yang tidak boleh terlalu tinggi

bahkan sebaiknya baterai bekerja pada temperatur  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $26^{\circ}\text{C}$ . Hubungan temperatur ruangan dan waktu juga diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Waktu (menit) vs Temperatur air ( $^{\circ}\text{C}$ )

#### 4. Analisis Biaya

Berikut ini adalah biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan barang-barang untuk mensirkulasikan air dalam FCU.

Tabel 2. Biaya pengadaan barang

No.	Barang	Qty	Harga	
			Satuan	Jumlah
1.	Gate valve	6	550,000	3,300,000
2.	Flexible Joint	2	700,000	1,400,000
3.	Solenoid valve	5	687,500	3,437,500
4.	Pompa	1	1,500,000	1,500,000
5.	UPS	1	1,000,000	1,000,000
<b>TOTAL</b>				<b>10,637,500</b>

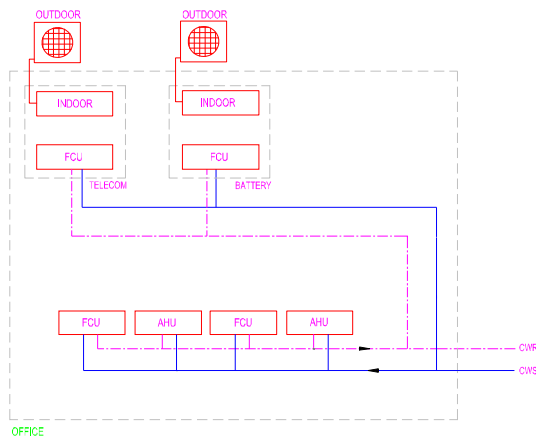
Biaya yang diperlukan untuk pengadaan barang-barang mekanik di atas 10 juta. Biaya tersebut belum termasuk biaya barang-barang pendukung seperti panel listrik, kabel, dan sebagainya, biaya instalasi serta biaya-biaya tidak langsung lainnya.

#### 5. Alternatif unit

Alternatif unit pengkondisian udara yang lain yang dapat beroperasi pada kondisi darurat adalah seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut ini. Pada sistem tersebut susunan pompa dan berbagai katup ditiadakan dan diganti dengan sebuah FCU jenis *high wall mounted – split (FCU backup)*. Pada kondisi darurat FCU utama yang didinginkan oleh air dingin dari chiller tentu saja tidak akan bekerja, dan sebagai gantinya FCU backup akan bekerja dengan suplai daya listrik dari UPS.

Sistem demikian lebih sederhana dibandingkan sistem sebelumnya yang menggunakan berbagai peralatan tambahan pompa dan berbagai katup. Peralatan lebih mudah dipasang dan dioperasikan serta pemeliharaannya pun lebih mudah dibandingkan dengan memelihara pompa serta katup-katup yang terpasang dalam atap gedung. Biaya pengadaan barang lebih murah karena hanya untuk membeli dua buah unit pendingin dan UPS. Jumlah biaya pengadaan barang

untuk pembelian unit pendingin dan UPS adalah kurang dari 9 juta rupiah.



Gambar 5. Sistem pengkondisian udara alternatif

## 6. Kesimpulan

Dari hasil kajian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Unit pengkondisian udara FCU yang dilengkapi dengan susunan pompa dan katup dapat bekerja selama kurang dari 6 menit sejak sistem pompa dan katup bekerja hingga temperatur air dalam FCU mencapai temperatur keseimbangan dengan temperatur ruangan sebesar 26°C atau selama 7 menit untuk mencapai temperatur keseimbangan sebesar 30°C. Dari analisis biaya, biaya tambahan yang diperlukan untuk tambahan pompa dan berbagai katup solenoid minimal 10 juta rupiah. Biaya tersebut belum termasuk biaya yang diperlukan untuk pemasangan dan panel kontrol serta biaya tidak langsung yang berkaitan dengan pengadaan dan instalasi sistem tersebut.
- Unit pengkondisian udara FCU jenis *high wall mounted – split* yang mendapat suplai daya listrik dari UPS dalam kondisi darurat, yaitu tidak ada suplai listrik. Unit pengkondisian udara ini dapat beroperasi selama 30 menit, atau bahkan beberapa jam bergantung pada jenis UPS yang digunakan. Pengadaan unit pengkondisian udara jenis ini relatif murah dan mudah pemasangannya, dengan demikian sistem menjadi lebih sederhana. Untuk pengadaan dua unit pengkondisian udara jenis ini beserta UPSnya diperkirakan membutuhkan biaya sebesar kurang dari 10 juta rupiah.
- Untuk mencegah terjadinya ledakan yang tidak diinginkan yang disebabkan oleh produksi hidrogen di atas 1% dari volume ruangan, ventilasi untuk ruang baterai harus *interlocked*

dengan sistem *monitoring* hidrogen. Ruangan harus dilengkapi dengan Sensor hidrogen yang akan memberikan peringatan apabila terjadi produksi hidrogen yang berlebihan dalam ruang baterai sehingga unit penanggulangan darurat akan data lebih cepat sebelum terjadi ledakan atau ada antisipasi cepat untuk mencegah terjadinya ledakan yang disebabkan oleh meningkatkan kandungan hidrogen dalam ruang baterai.

- Untuk menjaga konsentrasi hidrogen di bawah 4%, ventilasi yang memadai harus disediakan dan temperatur udara dalam ruangan dipertahankan pada temperatur kerja baterai antara 20°C – 25°C.
- Menurut berbagai standar, ventilasi yang memadai untuk ruang baterai adalah sekurang-kurangnya 6 ACH. Suplai udara paksa dan sistem positif exhaust, menggunakan fitting listrik yang flameproof, udara masuk harus dilewatkan dekat lantai dan udara keluar pada lokasi yang lebih tinggi dalam ruangan baterai.
- Unit pengkondisian udara alternatif kedua, yaitu FCU dengan pendingin air dingin dari chiller dan FCU jenis *high wall mounted – split* lebih sederhana, lebih mudah pemasangannya, dan lebih murah serta dapat diandalkan operasinya pada keadaan darurat. Sistem ini juga lebih mudah dalam pemeliharannya.

## 7. Daftar Notasi/Singkatan

FCU	: Fan Cooling Unit
UPS	: Uninterruptible Power Supply
DC	: Direct Current
AC	: Alternating Current
NFPA	: National Fire Protection Association
ACH	: Air Change Per Hour
CFM	: Cubic Feet per Minute
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigeration and Engineering
IS	: Industrial Standard
Tr	: Temperatur Ruang
Ts	: Temperatur Air

## 8. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada **PT. Tata Udara Nusantara** yang telah memberikan banyak fasilitas dan kesempatan untuk mempelajari berbagai masalah disain terutama yang berkaitan dengan HVAC dan utilitas untuk berbagai gedung lainnya. Mudah-mudahan berbagai hal yang diberikan dapat bermanfaat bagi penulis dan PT. Tata Udara Nusantara.

## 7. Daftar Pustaka

- Wikipedia, 2009, Battery Room

- (<http://en.wikipedia.org/wiki/batteryroom>, last visited on Tuesday, 9 June 2009).
- b. C&D Technologies, Inc., Power Solutions, Valve Regulated Lead-Acid Batteries, 1991.
  - c. National Fire Protection Association, NFPA 76, Fire Protection for Telecommunication facilities.
  - d. American Society of Heating, Refrigeration and Engineering, ASHRAE, 62 , Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
  - e. Battery Room Guidelines by EXIDE Technologies.
  - f. National Fire Protection Association, NFPA 70 E, Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces.
  - g. Reynold C & Perkins, Engineering Thermodynamics, McGraw Hill.
  - h. <http://www.cholarisk.com>, Explosion Risks in Battery Rooms.