

Evaluasi Kebutuhan Energi pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan untuk Ruang Laboratorium Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya

Miftahul Huda dan Ary Bachtiar Khrisna Putra

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ary_bach@me.its.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi dan informasi mengakibatkan kebutuhan energi semakin tinggi. Kebutuhan energi yang semakin tinggi tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang besar, namun persediaan energi dari tahun ketahun semakin menipis. Penggunaan energi harus seefisien mungkin salah satunya dengan menggunakan energi sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini dilakukan analisa kebutuhan energi untuk sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan pada ruang laboratorium. Sistem pengkondisian udara mengacu pada *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)* dengan metode *CLTD (Cooling Load Temperature Difference)*. Sedangkan pada sistem penerangan mengacu pada Standar Nasional Indonesia untuk menentukan besarnya intensitas penerangan. Dari penelitian ini didapatkan hasil Kapasitas AC terpasang yang masih kurang dari beban pendinginan adalah ruang Lab. Pendingin, Lab. Metalurgi, Lab. CAE, Lab. Komputer 1 dan 2, Lab. Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar dan Lab. Motor Bakar. Pengurangan beban pendinginan dilakukan dengan penambahan tirai dan penggantian lampu dengan tipe LED. Penghematan pada sistem pengkondisian udara adalah dengan mengganti *refrigerant R22* dengan *musicool MC22* dimana mampu menghemat pemakaian daya listrik sebesar 10%. Sedangkan pada sistem penerangan diperoleh hasil perhitungan intensitas penerangan yang sudah sesuai dengan standar adalah Lab. Perencanaan Dan Pengembangan Produk, Lab. Desain, dan Lab. Otomasi. Untuk mencapai kondisi standar maka rekomendasi yang diberikan adalah dengan penambahan jumlah lampu. Penghematan pada sistem penerangan dilakukan dengan penggantian lampu dengan tipe LED dan mampu menghemat daya listrik 30,11%.

Kata Kunci—kebutuhan energi, penghematan energi, sistem penerangan, sistem pengkondisian udara.

I. PENDAHULUAN

SEMAKIN bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya aktifitas manusia, kebutuhan akan energi semakin tinggi. Dari data Pembangkit Listrik Negara tahun 2014, konsumsi energi listrik mengalami kenaikan dari tahun ketahun. Pada tahun 2005 kebutuhan energi listrik 107.032 GWh dan pada tahun 2014 kebutuhan energi listrik sudah mencapai 187.541 GWh [1]. Kebutuhan energi yang semakin tinggi tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang besar, namun persediaan energi dari tahun ketahun semakin menipis terutama pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Semakin berkurangnya sumber energi tersebut akan menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini dikarenakan permintaan energi semakin meningkat namun ketersediaan jumlah energi semakin sedikit. Kondisi ini

menyebabkan nilai energi semakin hari semakin tinggi sehingga penggunaan energi yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan. Karena kondisi tersebut perlu dilakukan langkah penghematan penggunaan energi.

Pada tahun 2005 pemerintah mengeluarkan Inpres nomor 10 tentang penghematan energi dimana perlu dilakukan langkah –langkah penghematan energi di lingkungan instansi pemerintah. Dalam menanggapi hal tersebut langkah awal adalah perlu dilakukannya analisa tentang adanya peluang penghematan energi. Pada instansi pemerintahan dapat dianalisa kebutuhan energi listrik untuk sistem penerangan dan sistem pengkondisian udara karena sebagian besar penggunaan energi listrik pada gedung adalah untuk penerangan dan pengkondisian udara. Kebutuhan energi listrik terbesar pada gedung adalah untuk sistem pengkondisian udara sekitar 45-70% dan untuk sistem penerangan adalah yang terbesar kedua sekitar 10-20%. Oleh karena itu penggunaan energi listrik pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan harus seefisien mungkin.

Analisa kebutuhan energi listrik untuk sistem penerangan dan pengkondisian udara dapat mengacu pada Standar Nasional Indonesia tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan dan tata udara. Dengan mengetahui kebutuhan energi listrik pada suatu bangunan gedung dapat dibandingkan dengan kondisi eksisting pada gedung tersebut. Konsumsi energi listrik terbesar dapat dianalisa dan dilakukan penghematan dengan memberikan rekomendasi-rekomendasi. Pada akhirnya langkah tersebut menghasilkan rekomendasi untuk penggantian proses operasional atau penggantian peralatan pengonsumsi energi maupun dari manajemen peralatan yang dapat lebih efektif dalam menghemat biaya penggunaan energi.

Proses evaluasi kebutuhan energi listrik pada instansi pemerintahan masih jarang diterapkan di Indonesia, terutama pada bangunan gedung. Hal ini tentu sangat disayangkan karena rekomendasi-rekomendasi yang diberikan dapat menghemat penggunaan energi listrik, yang diharapkan dapat menurunkan biaya operasional yang harus dikeluarkan oleh pihak pengelola. Sesuai dengan inpres nomor 10 tahun 2005 tentang penghematan energi, perlu dilakukan langkah awal penghematan energi yaitu melakukan evaluasi kebutuhan energi listrik di lingkungan instansi pemerintah. Oleh karena itu penelitian ini akan mengangkat kasus evaluasi kebutuhan energi listrik di gedung Teknik Mesin ITS Surabaya.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Manajemen Energi

Manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung. Tujuan dari manajemen energi adalah untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Manajemen energi memberikan metode yang dapat diaplikasikan sebagai langkah penghematan energi. Manajemen energi tidak hanya mengacu pada permasalahan teknis, namun juga dapat dikaitkan dengan pola perilaku sumber daya manusia yang terlibat dalam penggunaan energi. Pengguna energi diharapkan mampu menggunakan energi seefisien mungkin untuk mengurangi pemborosan energi. Langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan melaksanakan audit energi.

B. Audit Energi

Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi dan mengenali cara-cara untuk penghematannya [2]. Audit energi mampu memberikan detail penggunaan energi yang mencakup konsumsi energi terbesar dan peluang dilakukannya penghematan. Rekomendasi yang diberikan dalam proses audit energi tidak hanya terbatas pada substitusi proses-proses operasional ataupun pengurangan/pergantian peralatan yang berpotensi besar terhadap penggunaan energi, namun rekomendasi dapat juga diberikan sebagai Standar Operasional Prosedur yang baik jika diterapkan kepada sumber daya manusia.

C. Konservasi Energi

Konservasi energi adalah upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana dengan menggunakan energi lebih sedikit mampu mendapatkan manfaat yang sama, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menurunkan biaya operasi serta meningkatnya nilai lingkungan.

D. Teori Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara adalah usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya, untuk menjaga persyaratan kenyamanan (*comfort*) bagi penghuni [3]. Suatu sistem pengkondisian udara belum tentu dapat mengendalikan seluruh parameter tersebut.

Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar. Apabila tidak ditentukan dalam standar, secara umum harus digunakan kondisi perencanaan dengan temperatur bola kering $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $60\% \pm 10\%$ untuk kenyamanan penghuni [4]. Kondisi udara di luar untuk

perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

E. Beban Pendinginan

Ada banyak faktor yang diperhitungkan dalam menentukan beban pendinginan pada suatu pengkondisian udara. Faktor-faktor ini mempunyai dampak bagi kapasitas sistem, pengendalian, dan perancangan, serta penempatan sistem saluran udara, atau unit-unit terminal. Sebagai contoh, penempatan unit-unit hangat di bawah jendela atau di sepanjang dinding luar dapat mengatasi pengaruh suhu rendah dari permukaan-permukaan tersebut. Perpindahan kalor melalui suatu selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan, oleh faktor geometris, seperti ukuran, bentuk, dan orientasinya, adanya sumber-sumber kalor dalam, dan faktor-faktor iklim.

Secara garis besar, beban pendinginan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban eksternal) dan beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban internal) [5]. Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca. Beban eksternal antara lain beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi beban penerangan beban penghuni dan beban peralatan.

F. Teori Sistem Penerangan

Standarisasi pencahayaan pada bangunan gedung bertujuan untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya [6].

G. Tingkat Pencahayaan Rata-rata

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan.

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan.

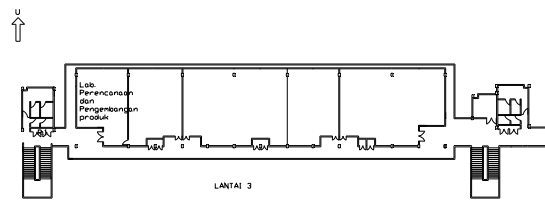
III. METODOLOGI

A. Persiapan Awal

Dalam penelitian tentang analisa kebutuhan energi listrik pada sistem penerangan dan sistem pengkondisian udara di laboratorium Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya, telah ditentukan ruang laboratorium yang akan dijadikan objek penelitian antara lain:

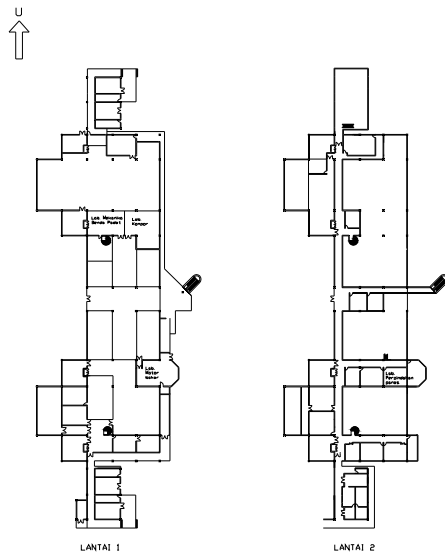
- Laboratorium Pendingin dan pengkondisian udara
- Laboratorium Mekanika Fluida
- Laboratorium Vibrasi
- Laboratorium Metallurgi
- Laboratorium Otomasi
- Laboratorium Desain
- Laboratorium CAE (*Computer Aided Engineering*)
- Laboratorium Komputer 1
- Laboratorium Komputer 2

- Laboratorium Gambar
- Laboratorium Mekanika Benda Padat
- Laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar
- Laboratorium Motor Bakar
- Laboratorium Perpindahan Panas
- Laboratorium Sistem Manufaktur
- Laboratorium Perencanaan dan Pengembangan Produk



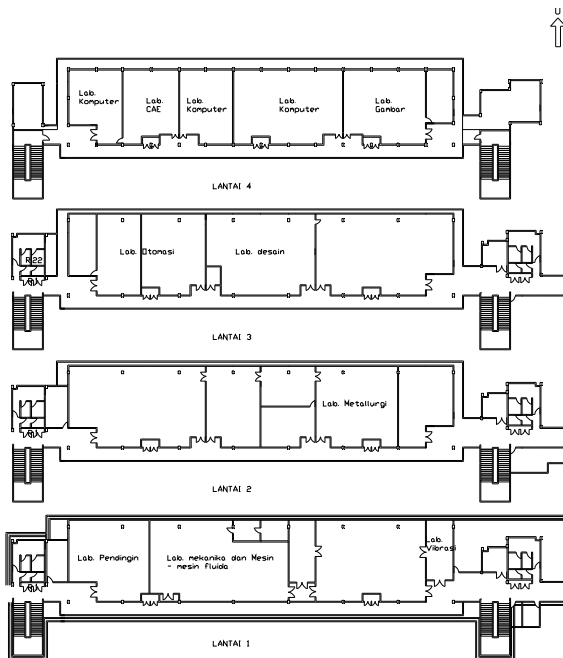
Gambar 3. Layout gedung E Teknik Mesin ITS

Sket layout dari gedung A Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Layout gedung A Teknik Mesin ITS

Sket layout dari gedung D Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Layout gedung D Teknik Mesin ITS

Sket layout dari gedung D Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya adalah sebagai berikut.

B. Peralatan

Dalam pengambilan data diperlukan peralatan – peralatan yang mendukung untuk memperoleh data penelitian. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. Laser distance meter



Gambar 5. Environmental meter



Gambar 6. Infrared thermometer

IV. HASIL PENELITIAN

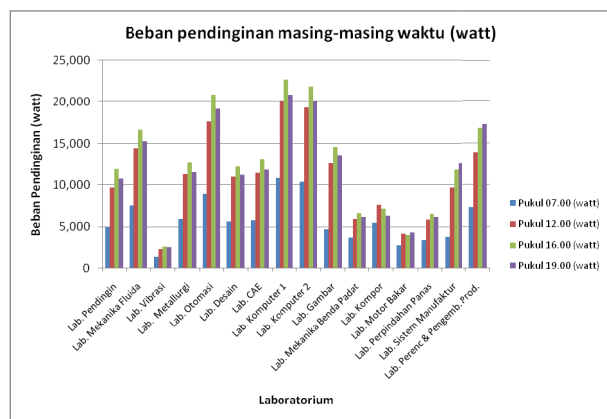
A. Sistem Pengkondisian Udara

Dari perhitungan yang telah dilakukan untuk ruang laboratorium di Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil perhitungan beban pendinginan

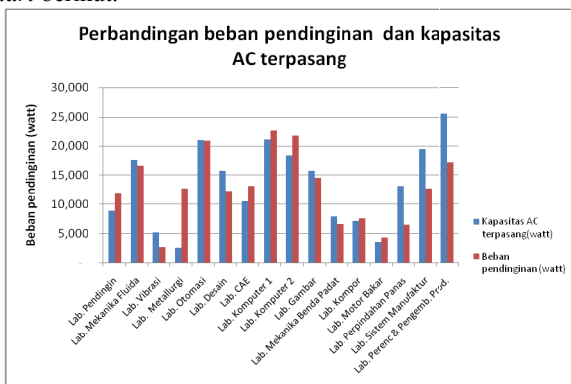
No	Ruang	Pukul 07.00 (watt)	Pukul 12.00 (watt)	Pukul 16.00 (watt)	Pukul 19.00 (watt)	Maksimal (watt)
1	Lab. Pendingin	4934.8	9671.1	11993.3	10723.3	11,993.3
2	Lab. Mekanika Fluida	7519.0	14402.1	16615.4	15244.6	16,615.4
3	Lab. Vibrasi	1395.8	2340.1	2666.4	2588.0	2,666.4
4	Lab. Metallurgi	5934.8	11327.0	12746.2	11581.8	12,746.2
5	Lab. Otomasi	8940.4	17634.3	20839.9	19169.1	20,839.9
6	Lab. Desain	5620.2	10991.2	12298.4	11317.0	12,298.4
7	Lab. CAE	5793.6	11521.6	13127.4	11857.4	13,127.4
8	Lab. Komputer 1	10847.1	20032.7	22618.8	20788.4	22,618.8
9	Lab. Komputer 2	10345.3	19279.2	21789.2	20016.0	21,789.2
10	Lab. Gambar	4705.9	12681.8	14593.9	13534.9	14,593.9
11	Lab. Mekanika Benda Padat	3740.0	5921.2	6609.1	6170.4	6,609.1
12	Lab. Kompor	5519.0	7658.2	7130.6	6345.2	7,658.2
13	Lab. Motor Bakar	2829.0	4154.7	4069.5	4380.0	4,380.0
14	Lab. Perpindahan Panas	3454.3	5887.6	6551.7	6152.1	6,551.7
15	Lab. Sistem Manufaktur	3802.0	9717.9	11877.8	12688.8	12,688.8
16	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	7320.3	13836.0	16802.9	17208.8	17,208.8
	Total	92701.6	177056.6	202330.5	189765.9	204385.5

Dari perhitungan yang telah dilakukan untuk waktu 07.00, 12.00, 16.00 dan 19.00 didapatkan besarnya beban pendinginan untuk masing-masing waktu. Pada saat pukul 07.00 besarnya beban pendinginan untuk seluruh ruang laboratorium adalah 92.702 watt, pada pukul 12.00 adalah 177.057 watt, pada pukul 16.00 adalah 202.331 watt dan sebesar 189.764 watt saat pukul 19.00. Total beban pendinginan terbesar untuk seluruh ruang laboratorium adalah saat pukul 16.00.



Gambar 7. Perbandingan beban pendinginan

Perbandingan besarnya beban pendinginan perhitungan dengan kapasitas AC terpasang dapat ditunjukkan pada bar chart berikut.



Gambar 8. Perbandingan beban pendinginan

Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai beban radiasi yang cukup besar. Langkah penghematan yang dapat dilakukan adalah dengan memasang gordena pada sisi dalam kaca. Dengan adanya gordena akan menghambat sinar matahari yang akan masuk ke ruangan sehingga akan mengurangi radiasi matahari. Beban pendinginan AC akan berkurang sehingga kebutuhan daya juga akan berkurang. Selain itu pengurangan beban pendinginan dapat dilakukan dengan penggantian lampu LED. Besar pengurangan beban pendinginan pada tabel berikut.

Tabel 2. Pengurangan beban pendinginan dengan gordena dan lampu LED

No	Ruang	Beban pendinginan (watt)	Penghematan (watt)	Beban pendinginan baru (watt)	Kapasitas AC terpasang (watt)
1	Lab. Pendingin	10493.8	370.33	10123.4	8950.1
2	Lab. Mekanika Fluida	14538.6	147.75	14390.9	17651.1
3	Lab. Vibrasi	2453.6	74.83	2378.8	5250.1
4	Lab. Metallurgi	11346.7	266.71	11080.0	2637.6
5	Lab. Otomasi	18362.4	909.51	17452.9	21025.5
6	Lab. Desain	11078.5	621.69	10456.8	15750.2
7	Lab. CAE	12838.7	178.45	12660.2	10500.2
8	Lab. Komputer 1	22186.6	251.36	21935.2	21109.3
9	Lab. Komputer 2	21359.8	251.36	21108.5	18387.9
10	Lab. Gambar	13948.9	251.36	13697.6	15804.7
11	Lab. Mekanika Benda Padat	5944.7	222.58	5722.1	7887.7
12	Lab. Kompor	6345.7	103.61	6242.1	7150.9
13	Lab. Motor Bakar	3853.0	118.97	3734.1	3575.5
14	Lab. Perpindahan Panas	5962.8	53.73	5909.0	33192.3
15	Lab. Sistem Manufaktur	12325.0	59.48	12265.6	19434.7
16	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	15206.2	590.99	14615.2	25593.3

B. Peluang Penghematan Energi Sistem Pengkondisian Udara

Langkah penghematan yang dapat dilakukan adalah mengganti refrigerant dengan musicool dan penambahan gordena. Musicool adalah refrigerant hidrokarbon produksi pertama yang ramah lingkungan dan mampu menghemat penggunaan listrik. Banyak jenis refrigerant yang merupakan bahan perusak ozon dan dapat menimbulkan efek rumah kaca. Beberapa keuntungan dari penggantian refrigerant ke musicool antara lain.

1. Tidak memerlukan penggantian komponen
2. Tidak memerlukan penggantian oli / pelumas
3. Jumlah pengisian media pendingin hanya 30% dari jumlah media pendingin CFC maupun HFC
4. Menurunkan aliran listrik rata-rata 18 - 23%
5. Menambah umur pemakaian kompresor
6. Pencapaian temperatur dingin lebih cepat
7. Momen torque terhadap motor listrik penggerak kompresor menjadi turun
8. Pada kompresor 1 phase, saat dilakukan penyalan tidak memerlukan bantuan "starting kapasitor"
9. Tidak merusak lapisan ozon
10. Tidak meningkatkan pemanasan global [7].

Besar penghematan dari pengadaan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Penghematan dari pengadaan musicool

No	Ruang	Freon R22		Musicool MC22		Besarnya Penghematan (Rp)
		Massa (kg)	Estimasi biaya (Rp)	Massa (kg)	Estimasi biaya (Rp)	
1	Lab. Pendingin	2.0	Rp 78,986.34	0.6	Rp 29,619.88	Rp 49,366.46
2	Lab. Mekanika Fluida	3.9	Rp 155,774.61	1.2	Rp 58,415.48	Rp 97,359.13
3	Lab. Vibrasi	1.2	Rp 46,333.04	0.3	Rp 17,374.89	Rp 28,958.15
4	Lab. Metallurgi	0.6	Rp 23,277.24	0.2	Rp 8,729.15	Rp 24,548.59
5	Lab. Otomasi	4.6	Rp 185,554.60	1.4	Rp 69,589.67	Rp 115,974.62
6	Lab. Desain	3.5	Rp 138,999.12	1.0	Rp 52,124.67	Rp 86,874.45
7	Lab. CAE	2.3	Rp 92,666.08	0.7	Rp 34,749.78	Rp 57,916.30
8	Lab. Komputer 1	4.7	Rp 186,294.31	1.4	Rp 69,860.37	Rp 116,433.95
9	Lab. Komputer 2	4.1	Rp 162,276.86	1.2	Rp 60,853.82	Rp 101,423.04
10	Lab. Gambar	3.5	Rp 139,480.20	1.0	Rp 52,305.07	Rp 87,175.12
11	Lab. Mekanika Benda Padat	1.7	Rp 69,610.78	0.5	Rp 26,104.04	Rp 43,506.74
12	Lab. Kompor	1.6	Rp 63,108.53	0.5	Rp 23,665.70	Rp 39,442.83
13	Lab. Motor Bakar	0.8	Rp 31,554.27	0.2	Rp 11,832.85	Rp 19,721.42
14	Lab. Perpindahan Panas	2.9	Rp 116,424.89	0.9	Rp 43,659.33	Rp 72,765.56
15	Lab. Sistem Manufaktur	4.3	Rp 171,515.54	1.3	Rp 64,318.33	Rp 107,197.21
16	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	5.6	Rp 225,866.46	1.7	Rp 84,699.92	Rp 141,166.54
	Total	47.2	Rp 1,887,723.37	14.16	Rp 707,896.26	Rp 1,179,827.11

Dengan menggunakan musicool MC22 didapatkan total penghematan sebesar Rp 1.179.827,00. Selain penghematan dari massa refrigerant, dengan menggunakan musicool

MC22 akan mampu menghemat menggunakan listrik. Berdasarkan pengalaman praktis, penghematan tenaga listrik yang diperoleh setelah dilakukan *recovery* freon dengan *musicool* berkisar antara 10% - 30% tergantung pada jenis mesin AC, merk mesin AC, umur pemakaian mesin AC, kondisi mesin AC serta kapasitas mesin AC. Mesin AC dengan listrik 1 Phase mampu menghemat daya listrik 10% - 30% sedangkan mesin AC dengan listrik 3 Phase 10% - 25%. Penghematan dari penurunan daya listrik adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Penghematan dari penurunan daya listrik

No	Ruang	Total daya (watt)	Penghematan dengan Musicool MC22 (watt)	Penghematan per tahun (kWh/tahun)	Penghematan pertahun dalam Rupiah
1	Lab. Pendingin	3,400	340	1313.8	1,988,625
2	Lab. Mekanika Fluida	6,800	680	2627.5	3,977,251
3	Lab. Vibrasi	2,360	236	911.9	1,380,340
4	Lab. Metallurgi	840	84	324.6	491,307
5	Lab. Otomasi	8,760	876	3384.9	5,123,635
6	Lab. Desain	7,080	708	2735.7	4,141,020
7	Lab. CAE	4,720	472	1823.8	2,760,680
8	Lab. Komputer 1	8,680	868	3354.0	5,076,844
9	Lab. Komputer 2	7,920	792	3060.3	4,632,327
10	Lab. Gambar	6,700	670	2588.9	3,918,762
11	Lab. Mekanika Benda Padat	3,200	320	1236.5	1,871,647
12	Lab. Kompur	2,080	208	803.7	1,216,571
13	Lab. Motor Bakar	1,040	104	401.9	608,285
14	Lab. Perpindahan Panas	5,180	518	2001.6	3,029,729
15	Lab. Sistem Manufaktur	7,360	736	2843.9	4,304,789
16	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	9,620	962	3717.2	5,626,640
Total		85740.0	8574.0	33129.9	50,148,453

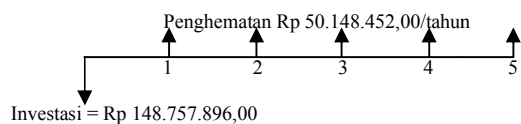
Total penghematan dari penggantian freon ke *musicool* MC22 dapat dilihat pada tabel diatas dimana besarnya penghematan listrik per tahunnya mencapai Rp 50.148.453,00.

Besarnya biaya investasi dan penghematan dari penggantian *refrigerant* R22 ke *Musicool* MC22 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Biaya invetasi dan penghematan

Keterangan	Jumlah (kg)	Harga per kg	Total Harga
Investasi :			
Pembelian <i>Musicool</i> M22	14.16	Rp 50,000.00	Rp 707,896.26
Biaya Jasa			Rp 7,050,000.00
Biaya Perawatan selama 5 tahun			Rp 141,000,000.00
Total			Rp 148,757,896.26
Penghematan			
Besar penghematan/tahun			Rp 50,148,452.82
Total			Rp 50,148,452.82

Dengan umur investasi *Musicool* MC22 5 tahun maka didapatkan aliran kas sebagai berikut:



Dengan asumsi tingkat suku bunga per tahunnya 10% maka dapat dihitung nilai *NPV* sebagai berikut.

Tabel 6. Present value dengan *Musicool* MC22

Tahun	Kas Bersih	Discount Faktor (DF) 10%	Present Value
1	50,148,452.82	0.909	45,589,502.57
2	50,148,452.82	0.826	41,445,002.33
3	50,148,452.82	0.751	37,677,274.85
4	50,148,452.82	0.683	34,252,068.04
5	50,148,452.82	0.621	31,138,243.68
Total Present Value			190,102,091.47

Total present value = Rp 190.102.091,00

Total Investasi = Rp 148.757.896,00

Net Present Value = Rp 41.344.195,00

Dari perhitungan diperoleh $NPV > 0$ sehingga investasi dapat dilakukan. Sedangkan *payback period* dari investasi tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Payback period} &= \frac{\text{Total Investasi}}{\text{Proceed rata-rata tahunan}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{148.757.896}{50.148.152} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 3 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

C. Sistem Penerangan

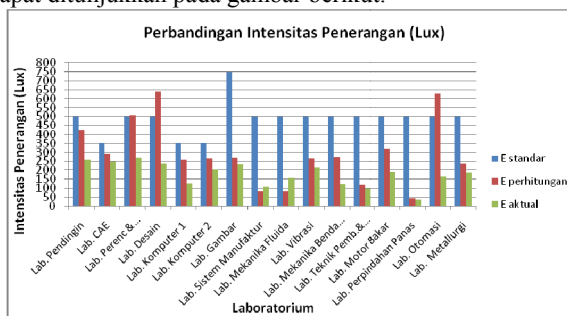
Pada ruang laboratorium untuk jenis lampu yang digunakan adalah lampu philips TLD 36 watt memiliki 2500 lumen. Nilai intensitas penerangan rata-rata untuk masing-masing laboratorium di Jurusan Teknik Mesin ITS didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7.

Perhitungan intensitas penerangan

No	Laboratorium	Luas (m ²)	Jenis Lampu	Daya (watt)	F _{sumi} (lumen)	Indeks ruang K	Kp	Kd	E _{min} - _{max} (Lux)	Daya pencahayaan (W/m ²)
1	Lab. Pendingin	103.21	Philips TLD	1296	90,000	2.92	0.61	0.80	425.52	12.6
2	Lab. CAE	64.81	Philips TLD	648	45,000	1.56	0.52	0.80	288.83	10.0
3	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	137.73	Philips TLD	2016	140,000	3.23	0.63	0.80	508.23	14.6
4	Lab. Desain	118.09	Philips TLD	2160	150,000	2.94	0.63	0.80	640.19	18.3
5	Lab. Komputer 1	102.09	Philips TLD	864	60,000	1.92	0.55	0.80	258.59	8.5
6	Lab. Komputer 2	99.66	Philips TLD	864	60,000	1.91	0.55	0.80	264.91	8.7
7	Lab. Gambar	97.45	Philips TLD	864	60,000	1.91	0.55	0.80	270.91	8.9
8	Lab. Sistem Manufaktur	73.75	Philips TLD	2160	15,000	1.60	0.51	0.80	82.98	2.9
9	Lab. Mekanika Fluida	186.83	Kribsow spiral	462	29,620	3.54	0.60	0.85	80.80	2.5
10	Lab. Vibrasi	28.17	Philips TLD	288	20,000	1.19	0.47	0.80	266.91	10.2
11	Lab. Mekanika Benda Padat	81.92	Philips TLD	792	55,000	1.47	0.51	0.80	273.91	9.7
12	Lab. Teknik Pemb. & Bahan Bakar 2	80.46	Philips TLD	360	25,000	1.21	0.47	0.80	116.83	4.5
13	Lab. Motor Bakar	42.14	Philips TLD	432	30,000	1.94	0.56	0.80	318.92	10.3
14	Lab. Perpindahan Panas	80.93	Philips Essential	154	8,680	1.63	0.46	0.85	41.94	1.9
15	Lab. Otomasi	180.07	Philips TLD	3132	217,500	3.52	0.65	0.80	628.08	17.4
16	Lab. Metallurgi	135.99	Philips TLD	936	65,000	3.37	0.62	0.80	237.08	6.9

Nilai standar intensitas penerangan yang dianjurkan sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001 adalah 350 lux untuk ruang komputer, 500 lux untuk ruang laboratorium dan 750 lux untuk ruang gambar. Setelah dilakukan perhitungan pada sistem penerangan maka didapatkan perbandingan intensitas penerangan standar, secara perhitungan dan kondisi aktual. Nilai standar didapatkan dari SNI dan nilai perhitungan didapatkan dari spesifikasi lampu sedangkan nilai aktual didapatkan dari pengambilan data langsung. Nilai standar, hasil perhitungan dan kondisi aktual dari intensitas penerangan pada ruang laboratorium dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 9. Perbandingan intensitas penerangan (lux)

Sesuai dengan tingkat pencahayaan sesuai dengan standar SNI, maka untuk mencapai standar pencahayaan dapat dihitung jumlah lampu yang terpasang. Dengan mengasumsikan jenis lampu yang digunakan sama dengan kondisi eksisting maka jumlah lampu dan jumlah armature yang terpasang adalah sebagai berikut.

Tabel 8
Jumlah lampu dan armature standar

No	Laboratorium	Jenis Lampu	Eksisting			Standar			Konsumsi daya total (watt)	Daya pencahayaan (W/m ²)	
			Daya (watt)	Jml Lampu (buah)	Jml armature	Tingkat pencahayaan (watt)	Daya total (watt)	Jumlah lampu standar			Jml Armature standar
1	Lab. Pendingin	Philips TLD	36	36	18	425.52	1296	42	21	1523	14.75
2	Lab. CAE	Philips TLD	36	18	9	288.83	648	22	11	783	12.12
3	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	Philips TLD	36	56	28	598.23	2016	56	28	1983	19.40
4	Lab. Desain	Philips TLD	36	60	20	640.19	2160	48	16	1687	14.29
5	Lab. Komputer 1	Philips TLD	36	24	12	258.59	864	32	16	1169	11.45
6	Lab. Komputer 2	Philips TLD	36	24	12	264.91	864	32	16	1143	11.45
7	Lab. Gambar	Philips TLD	36	24	12	270.91	864	33	33	2392	24.55
8	Lab. Sistem Manufaktur	Philips TLD	36	6	6	82.98	216	36	36	1301	17.65
9	Lab. Mekanika Fluida	Krisbow spiral	15 & 36	28	28	80.60	462	75	75	2691	14.41
10	Lab. Vibrasi	Philips TLD	36	8	4	266.91	288	14	7	540	19.15
11	Lab. Mekanika Benda Padat	Philips TLD	36	22	11	273.91	792	40	20	1448	17.65
12	Lab. Teknik Pemb. & Bahan Bakar 2	Philips TLD	36	10	6	116.83	360	42	21	1541	19.15
13	Lab. Motor Bakar	Philips TLD	36	12	6	318.92	432	38	18	877	16.07
14	Lab. Perpindahan Panas	Philips Essential	11	14	14	41.54	154	84	42	1520	18.79
15	Lab. Otomasi	Philips TLD	36	87	29	628.08	3132	69	23	2493	13.85
16	Lab. Metalurgi	Philips TLD	36	26	13	237.08	936	54	27	1974	14.52

Dengan penambahan jumlah lampu dengan jenis lampu yang sama untuk mencapai kondisi standar maka kebutuhan daya pencahayaan juga akan meningkat. Untuk mencapai kondisi standar namun mampu mengurangi kebutuhan daya pencahayaan dibandingkan dengan penambahan jenis lampu yang sama dapat dilakukan dengan penggunaan jenis lampu hemat energi seperti jenis lampu LED.

D. Peluang Penghematan Energi Sistem Penerangan

Penghematan pada sistem penerangan dapat dilakukan dengan mengganti jenis lampu yang digunakan dengan menggunakan lampu LED. Lampu TL-D mempunyai lifetime sekitar 13.000 jam, lampu LED untuk jenis LED bulb memiliki lifetime 15.000 jam. Dengan mengasumsikan dalam sehari lampu menyala selama 10 jam dan dalam sebulan terdapat 23 hari kerja maka untuk lampu TL-D mampu bertahan selama 4 tahun 8 bulan. Untuk jenis lampu LED bulb mampu bertahan selama 5 tahun 6 bulan. Konsumsi daya untuk lampu LED lebih kecil dibandingkan dengan jenis TL-D yaitu untuk lampu TL-D dengan lumen 2.500 membutuhkan daya 36 watt sedangkan LED bulb dengan lumen 1.400 membutuhkan daya 14 watt. Besarnya penghematan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9.

Besar penghematan penggantian lampu LED dalam rupiah

No	Laboratorium	Besar penghematan perbulan (watt)	penghematan perbulan (kWh/bulan)	penghematan pertahun (kWh/tahun)	Penghematan pertahun dalam Rupiah
1	Lab. Pendingin	386	89	1065	Rp 1.612.624.78
2	Lab. CAE	186	43	513	Rp 777.067.90
3	Lab. Perenc & Pengemb. Prod.	616	142	1700	Rp 2.573.515.19
4	Lab. Desain	648	149	1788	Rp 2.707.204.29
5	Lab. Komputer 1	262	60	723	Rp 1.094.579.51
6	Lab. Komputer 2	262	60	723	Rp 1.094.579.51
7	Lab. Gambar	262	60	723	Rp 1.094.579.51
8	Lab. Sistem Manufaktur	62	14	171	Rp 259.022.63
9	Lab. Mekanika Fluida	154	35	425	Rp 643.378.80
10	Lab. Vibrasi	78	18	215	Rp 325.867.18
11	Lab. Mekanika Benda Padat	232	53	640	Rp 969.245.98
12	Lab. Teknik Pemb. & Bahan Bakar 2	108	25	298	Rp 451.200.72
13	Lab. Motor Bakar	124	29	342	Rp 518.045.27
14	Lab. Perpindahan Panas	56	13	155	Rp 233.955.93
15	Lab. Otomasi	948	218	2616	Rp 3.960.539.61
16	Lab. Metalurgi	278	64	767	Rp 1.161.424.06
	Total	4662	1072	12867	Rp 19.476.830.87

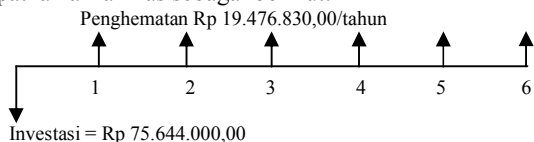
Biaya investasi dan penghematan untuk penggantian lampu dari TL-D ke LED adalah sebagai berikut:

Tabel 10.

Besar biaya investasi dan penghematan dengan lampu LED

Keterangan	Jumlah	Harga satuan	Total Harga
Investasi :			
Pembelian lampu LEDbulb 14w	773	Rp 85,000.00	Rp 65,705,000.00
Pembelian Fitting lampu	773	Rp 9,000.00	Rp 6,957,000.00
Biaya Jasa		Rp 2,400,000.00	
Total			Rp 75,062,000.00
Penghematan			
Besar penghematan/tahun			Rp 19,476,830.87
Total			Rp 19,476,830.87

Dengan umur investasi lampu LED 6 tahun maka didapatkan aliran kas sebagai berikut:



Dengan asumsi tingkat suku bunga per tahunnya 10% maka dapat dihitung nilai NPV sebagai berikut.

Tabel 11.

Present value dengan lampu tipe LED

Tahun	Kas Bersih	Discount Faktor (DF) 10%	Present Value
1	19,476,830.87	0.909	17,706,209.88
2	19,476,830.87	0.826	16,096,554.44
3	19,476,830.87	0.751	14,633,231.31
4	19,476,830.87	0.683	13,302,937.55
5	19,476,830.87	0.621	12,093,579.59
6	19,476,830.87	0.564	10,994,163.27
Total Present Value			84,826,676.05

Total present value = Rp 84.826.676,00

Total Investasi = Rp 75.062.000,00

Net Present Value = Rp 9.764.676,00

Dari perhitungan diperoleh NPV > 0 sehingga investasi dapat dilakukan.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kapasitas AC terpasang yang masih kurang dari beban pendinginan adalah ruang Lab. Pendingin, Lab. Metalurgi, Lab. CAE, Lab. Komputer 1 dan 2, Lab. Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar dan Lab. Motor Bakar. Beban pendinginan setelah dilakukan penghematan untuk Lab. Pendingin adalah 10.123 watt dengan kapasitas terpasang 8.950 watt, Lab. Metalurgi 11.080 watt dengan kapasitas terpasang 2.637 watt, Lab. CAE 12.660 watt dengan kapasitas terpasang 10.500 watt, Lab. Komputer 1 21.935 watt dengan kapasitas terpasang 21.109 watt, Lab. Komputer 2 21.108 watt dengan kapasitas terpasang 18.387 watt, dan lab.motor bakar 5.097 watt dengan kapasitas terpasang 3.575 watt. Peluang penghematan energi adalah dengan mengganti refrigeran R22 dengan musicool MC22 dimana didapat penghematan Rp 50.148.453,00 dimana diperoleh NPV Rp. 41.344.195,00 dan payback period selama 3 tahun. Pada sistem penerangan diperoleh hasil perhitungan intensitas penerangan yang sudah sesuai adalah Lab. Perencanaan dan Pengembangan Produk, Lab. Desain, dan Lab. Otomasi. Rekomendasi untuk mencapai standar penerangan sesuai dengan SNI adalah dengan penambahan jumlah lampu. Penghematan pada sistem penerangan dengan mengganti lampu TL ke tipe LED dimana diperoleh penghematan daya sebesar 30,11% dengan NPV sebesar Rp 9.764.676,00 dan payback period selama 3 tahun 11 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pembangkit Listrik Negara, 2014. Statistik PLN 2013. Jakarta : Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero).
- [2] SNI 03-6196-2000. Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung
- [3] Stoecker, W.F and Jones, 1996. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, alih bahasa Ir.Supratman Hara. Jakarta : Erlangga.
- [4] SNI 03-6572-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara.
- [5] ASHRAE. 2009. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Fundamental.
- [6] SNI 03-6575-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan
- [7] Pertamina, 2015. Musicool 22. <URL:http://www.pertamina.com/our-business/hilir/pemasaran-dan-niaga/produk-dan-layanan/solusi-bisnis/gas-produk/musicool/musicool-22/>
- [8] Carrier. 1965. Air Conditioning System Design. New York: Mc GRAW HILL
- [9] Incopera, Frank P. 2007. Fundamental of Heat and Mass Transfer, Sixth Edition. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Rudoy, William. 1980. Cooling and Heating Load Calculation Manual. Washington, D.C: Department of Housing and Urban Development.