

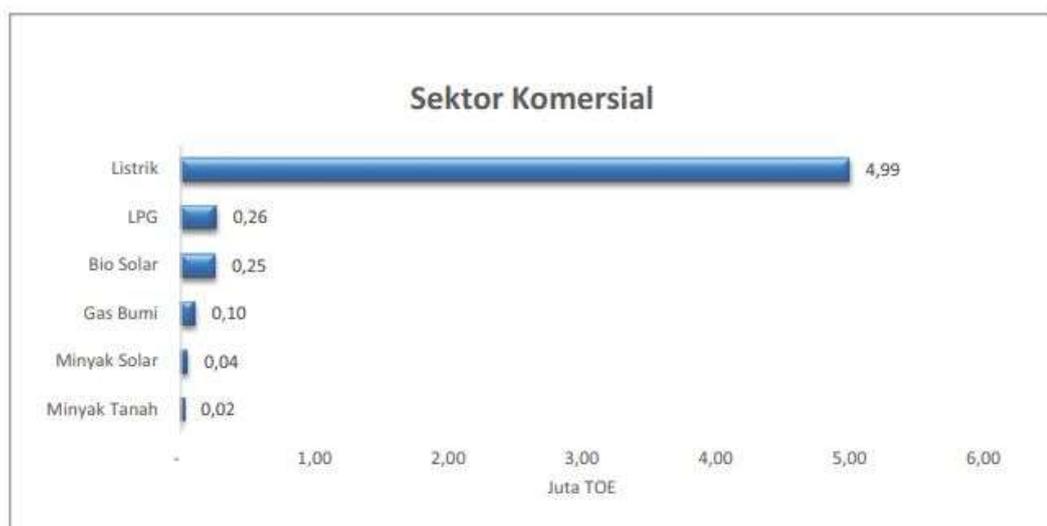
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Audit Energi

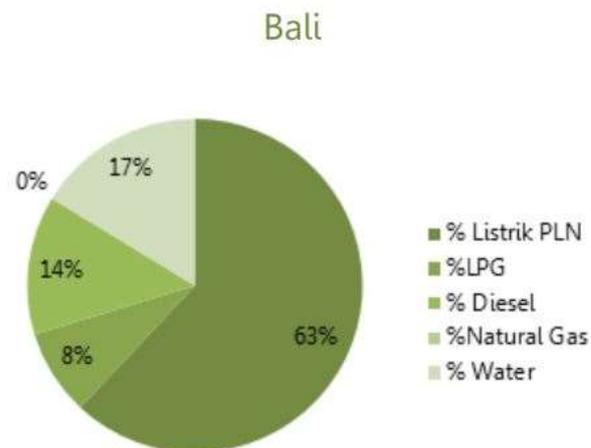
Audit Energi merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi potensi-potensi penghematan energi. Audit ini akan menghasilkan data-data penggunaan energi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam program efisiensi energi yang secara otomatis, hasil audit juga akan memberikan informasi mengenai langkah-langkah yang tepat untuk melakukan penghematan energi. Dengan mengkaji berdasarkan data historis, dapat ditetapkan dasar untuk mengidentifikasi sektor-sektor yang tinggi penggunaan energinya serta pengaruhnya terhadap peta penggunaan energi.

Total konsumsi energi di sektor komersial yang mencakup hotel, mall dan rumah sakit serta perkantoran mencapai 5,7 juta TOE yang terdiri dari listrik 88,0%, BBM 5,6%, LPG 4,6% dan gas 1,8%. Penggunaan listrik di sektor komersial terutama digunakan untuk pendingin dan penerangan, sedangkan BBM dimanfaatkan untuk bahan bakar pembangkit listrik cadangan (genset).



Gambar 2.1 Grafik Penggunaan Energi pada Sektor Komersial
 Sumber : ('Laporan Hasil Analisis Neraca Energi Nasional', 2021)

Kecenderungan pola penggunaan energi di bangunan hotel per wilayah di
 Indonesia tahun 2013



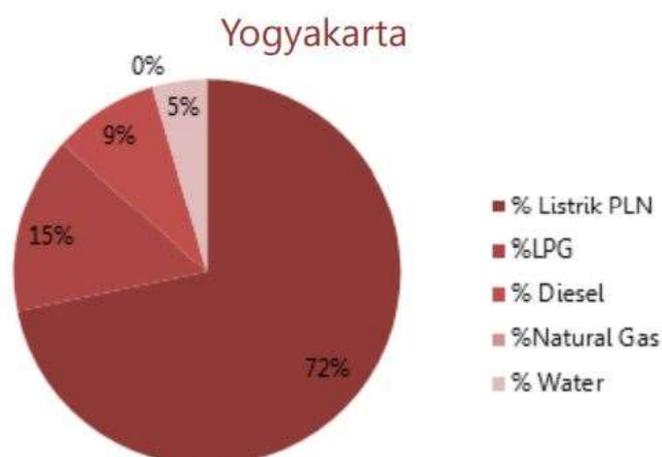
Gambar 2.2 Grafik Penggunaan Energi Hotel wilayah Bali
 tahun 2013

Sumber : (USAID, 2015)



Gambar 2.3 Grafik Penggunaan Energi Hotel wilayah Jakarta
 tahun 2013

Sumber : (USAID, 2015)



Gambar 2.4 Grafik Penggunaan Energi Hotel wilayah Yogyakarta
tahun 2013

Sumber : (USAID, 2015)

Informasi ini berguna untuk menentukan prioritas penghematan energi juga untuk memberikan gambaran pola penggunaan energi di hotel. Dikarenakan lebih dari 65% pengeluaran energi hotel dalam wujud listrik, maka pendekatan analisa dalam bagian berikut lebih menekankan pada konsumsi energi listrik. ('Panduan Praktis Penghematan Energi di Hotel', 2015)

Proses Audit energi meliputi beberapa tahapan. Tahapan pertama observasi data mengenai konsumsi energi listrik pada periode sebelumnya. Perhitungan energi listrik, perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan juga analisis Peluang Hemat Energi (PHE). (Ariwibowo, Teknik and Diponegoro, 2011)

Merangkum dari hasil data historis dan analisa tersebut maka selanjutnya membuat laporan yang disertai rekomendasi program penghematan energi pada instansi yang bersangkutan. Sehingga konsumsi energi listrik pada bangunan

tersebut lebih efisien. Tahap-tahap dalam melakukan audit energi meliputi: observasi kunjungan dan pengumpulan data, melakukan identifikasi dan wawancara dengan pihak Hotel mengenai lokasi untuk pengukuran, alat ukur, dan SDM saat ini. Mengidentifikasi sumber konsumsi energi listrik yang kurang efisien. Merekomendasikan tentang metode-metode yang diperlukan dalam usaha Peluang Hemat Energi (PHE) dalam format implementasi penghematan. (Mohammad, 2015)

2.1.1 Audit Energi Awal

Audit energi awal adalah kegiatan yang meliputi pengumpulan data energi pada bangunan dengan data historis tanpa perlu melakukan pengukuran, sehingga nantinya memperoleh gambaran umum pola penggunaan energi sebagai bekal awal untuk menentukan peluang hemat energi. Data awal yang di analisa adalah : (Baskara, 2019)

1. Konsumsi Listrik Bulanan (kWH/Bulan)
2. Data rincian dari luas bangunan (m^2)
3. Biaya penggunaan energi listrik (Rp/kWh)
4. Nilai Intensitas Konsumsi Energi pada gedung (kWh/m^2)

Untuk mengetahui luas pada suatu ruangan atau gedung dapat menggunakan rumus :

$$Luas = P \times L \quad (2.1)$$

P = Panjang

L = Lebar

2.1.2 Audit Energi Rinci

Audit energi rinci ini merupakan investigasi lanjut lokasi terjadinya pemborosan energi dan mencari besarnya peluang penghematan yang dapat dilakukan secara lebih spesifik. Kegiatan yang dilakukan dalam audit energi rinci : (Budiman, 2019)

1. Penelitian konsumsi energi
2. Pengukuran energi
3. Identifikasi peluang hemat energi
4. Analisis peluang hemat energi

2.2 Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan atau sistem penerangan merupakan sebuah sistem yang berkaitan dengan tata cahaya dan merupakan salah satu sistem yang sangat vital pada gedung atau bangunan, karena dapat mempengaruhi kenyamanan , kualitas kerja, produktifitas kerja, dan dalam lingkungan hotel tentu saja mencakup kepada kenyamanan pengunjung.

Tingkat penerangan merupakan besarnya cahaya yang dibutuhkan untuk menerangi suatu ruangan. Parameter ini dinyatakan dalam satuan *Lux* yang bisa diukur menggunakan alat bernama *Lux* meter.

Untuk menjadi tolak ukur besaran cahaya yang diperlukan dalam suatu ruangan, bisa menggunakan salah satu pedoman yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu SNI 6197-2011 dapat dilihat pada tabel 2.1 yang mana sudah direkomendasikan *Lux* yang dibutuhkan untuk setiap ruangnya. Pengukuran dilakukan dengan menentukan titik ukur pada setiap ruangan yang mana titik ukur

diambil pada suatu bidang datar yang letaknya 0,75 meter diatas lantai. Bidang ini disebut bidang kerja.(Azgara, 2014)

Tabel 2.1 Standar tingkat pencahayaan SNI 6197-2011

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm <3300 Kelvin	Warm white 3300Kelvin ~5300Kelvin	Cool Daylight > 5300Kelvin
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	◆	◆	
Ruang tamu	150	1 atau 2		◆	
Ruang makan	250	1 atau 2	◆		
Ruang kerja	300	1		◆	◆
Kamar tidur	250	1 atau 2	◆	◆	
Kamar mandi	250	1 atau 2		◆	◆
Dapur	250	1 atau 2	◆	◆	
Garasi	60	3 atau 4		◆	◆
Perkantoran :					
Ruang resepsionis.	300	1 atau 2	◆	◆	
Ruang direktur	350	1 atau 2		◆	◆
Ruang kerja	350	1 atau 2		◆	◆
Ruang komputer	350	1 atau 2		◆	◆
Ruang rapat	300		◆	◆	
Ruang gambar	750	1 atau 2		◆	◆
Gudang arsip	150	1 atau 2		◆	◆
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		◆	◆
Ruang tangga darurat	150	1 atau 2			◆
Ruang parkir	100	3 atau 4			◆
Lembaga pendidikan :					
Ruang kelas	350	1 atau 2		◆	◆
Perpustakaan	300	1 atau 2		◆	◆
Laboratorium	500	1		◆	◆
Ruang praktek komputer.	500	1 atau 2		◆	◆
Ruang laboratorium bahasa.	300	1 atau 2		◆	◆

Ruang guru	300	1 atau 2		◆	◆
Ruang olahraga	300	2 atau 3		◆	◆
Ruang gambar	750	1		◆	◆
Kantin	200	1	◆	◆	
Hotel dan restoran :					
Ruang resepsionis dan kasir	300	1 atau 2	◆	◆	
Lobi	350	1	◆	◆	
Ruang serba guna	200	1	◆	◆	
Ruang rapat	300	1	◆	◆	
Ruang makan	250	1	◆	◆	
Kafetaria	200	1	◆	◆	
Kamar tidur	150	1 atau 2	◆		
Koridor	100	1	◆	◆	
Dapur	300	1	◆	◆	

Kuat pencahayaan di suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan pada bidang kerja. Yang dimaksud bidang kerja ialah bidang Horizontal imajiner yang terletak 0,75 meter diatas lantai pada seluruh ruangan. (Baskara, 2019)

2.2.1 Perhitungan Kebutuhan Lumen Ruangan

Lumen adalah satuan fluks cahaya yang dipancarkan di dalam satuan unit padatan oleh suatu sumber cahaya. (Wibiyanti, 2008). Untuk melakukan perhitungan yang tepat terhadap sistem pencahayaan pada sebuah ruangan, maka harus diketahui nilai lumen berdasarkan luas ruangan, target nilai *lux* sesuai fungsi ruangan, dan menentukan jumlah armatur yang tepat untuk ruangan tersebut.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung lumen pada sebuah ruangan dapat menggunakan : (Mualifah, Denny and Widjasena, 2015)

$$F_{total} = \frac{E \times A}{Kp \times Kd} \quad (2.2)$$

F_{total} = Fluks luminus total (lumen)

E = Kuat Pencahayaan (lux)

A = Luas ruangan

Kp = Koefisien pengguna (CU)

Kd = Koefisien depresiasi (armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya nilai Kd nya sebesar 0,8) (LLF)

2.2.1.1 Koefisien Pengguna

Koefisien pengguna (KP) atau istilah lain *Coefficient Utilization* (CU). memperhitungkan keadaan bahwa tidak semua fluks cahaya yang dipancarkan dari sebuah lampu atau penerang, benar-benar jatuh pada bidang kerja, misalnya, apabila cahaya hilang oleh jendela gelap atau permukaan dekoratif gelap tak-memantul (Maukar *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan kurang efektifnya fluks luminus yang sampai pada bidang kerja yang dipancarkan semua lampu.

Koefisien pengguna memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menentukan nilai nya : (Rafsanjani, Yadi and Mariawati, 2002)

1. *Ceiling Cavity Ratio* (CCR) nilai perbandingan pada rongga langit-langit
2. *Room Cavity Ratio* (RCR) nilai perbandingan rongga dinding
3. Koefisien efektif Reflektansi langit-langit (ρ_{cc})
4. Koefisien efektif Reflektansi dinding (ρ_w)

Reflektansi atap dan dinding ditentukan melalui warna cat atau bahan material yang digunakan pada tabel 2.2 dan tabel 2.3 :

Tabel 2.2 Reflektivitas bahan material

Peflektansi untuk penyelesaian / pelapisan bahan.			
Material	Reflektansi (%)	Material	Feflektansi (%)
Logam		Kaca	
Aluminium, brushed	55-58	Clear or tinted	5-10
Aluminium, etched	70-85	Reflective	20-80
Aluminium, polished	60-70	Penutup tanah	
Stainless steel	50-60	Asphalt	5-10
Tin	67-72	Concrete	40
		Grass and other vegetation	5-30
		Snow	80-75
Bata		Cat	
Brick, dark buff	35-40	White	70-90
Brick, light buff	40-45	White porcelain enamen	60-83
Brick, red	10-20		
Cement, gray	20-30	Kayu	
Granite	20-25	Light birch	35-50
Limestone	35-60	Mahogany	6-12
Marble, polished	30-70	Oak, dark	10-15
Plaster, white	90-92	Oak, light	25-35
Sandstone	20-40	Walnut	5-10
Terra-cotta, white	65-80		

Tabel 2.3 Reflektivitas warna cat

Warna Cat	Persentase Pantulan Cahaya
Putih	85%
Kuning	75%
Abu-abu terang	75%
Biru terang	55%
Biru gelap	10%
Maple	7%
Mahogany	12%
Walnut	16%

(Guntur, Putra and Madyono, 2017)

Untuk mengetahui nilai CCR, dan RCR menggunakan persamaan berikut :

$$CCR = \frac{(5)(H_C)(L + W)}{L \times W} \quad (2.3)$$

$$RCR = \frac{(5)(H_R)(L + W)}{L \times W} \quad (2.4)$$

H_C = Jarak langit-langit terhadap lampu

H_R = Jarak posisi lampu terhadap bidang kerja

L = Panjang Ruangan

W = Lebar Ruangan

Setelah diketahui nilai dari CCR, RCR lalu bisa melakukan sinkronisasi terhadap Tabel 2.4 Untuk mengetahui Koefisien Reflektansi langit-langit (ρ_{cc}) dan Koefisien Reflektansi atap (ρ_w) :

Tabel 2.4 Tabel Nilai Koefisien Pemantulan langit-langit dan dinding (menjadi Koefisien Efektif reflektansi dinding atau langit-langit)

Koefisien pemantulan langit-langit (%)		90				80				70			50			30				30		
Koefisien pemantulan dinding (%)		90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
Nilai CCR/RCR	0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
	0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
	0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9
	0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
	0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
	0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	54	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
	0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
	0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
	0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
	0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8

	1	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
	1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
	1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
	1.3	85	78	71	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	220	12	9	7
	1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
	1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
	1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
	1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
	1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
	1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
	2	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6
	2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	36	29	28	28	24	20	16	13	9	6
	2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	36	29	28	28	24	19	15	13	9	6
	2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	35	28	28	28	24	19	15	13	9	6

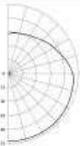
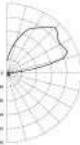
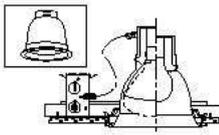
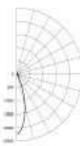
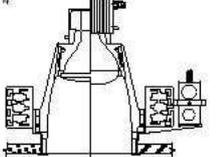
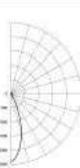
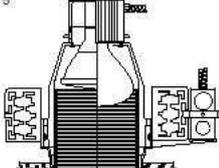
Nilai CCR/RCR	2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	35	27	28	28	24	19	14	13	9	6
	2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	34	27	27	27	23	18	14	13	9	6
	2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	34	26	27	27	23	18	13	13	9	5
	2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	33	26	27	27	23	18	13	13	9	5
	2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	33	25	27	27	23	18	13	13	9	5
	2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	33	25	27	27	23	17	12	13	9	5
	3	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	32	24	27	27	22	17	12	13	8	5
	3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	32	24	27	27	22	17	12	13	8	5
	3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	31	23	27	27	22	16	11	13	8	5
	3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	31	23	27	27	22	16	11	13	8	5
	3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	31	22	27	27	22	16	11	13	8	5
	3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	30	22	26	26	22	16	11	13	8	5
	3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	30	21	26	26	21	15	10	13	8	5
	3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	30	21	26	26	21	15	10	13	8	4

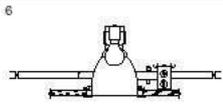
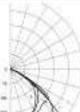
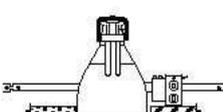
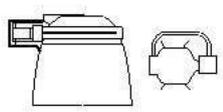
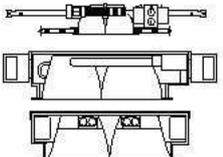
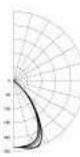
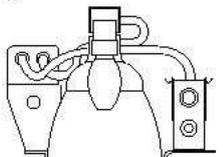
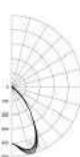
	3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	29	21	26	26	21	15	10	13	8	4
	3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	29	20	26	26	21	15	10	13	8	4
	4	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	29	20	26	26	21	15	9	13	8	4
	4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	28	20	26	26	21	14	9	13	8	4
	4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	28	19	26	26	20	14	9	13	8	4
	4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	28	19	26	26	20	14	9	13	8	4
	4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	27	19	26	26	20	14	8	13	8	4
	4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	27	19	25	25	20	14	8	14	8	4
	4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	27	18	25	25	20	14	8	14	8	4
	4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	26	18	25	25	20	13	8	14	8	4
	4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	26	18	25	25	19	13	8	14	8	4
	4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	26	18	25	25	19	13	7	14	8	4
	5	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	26	17	25	25	19	13	7	14	8	4

(Imran, 2017)

Selanjutnya dari nilai CCR,RCR dari tabel 2.4 serta Koefisien Efektif pemantulan dinding (ρ_w) atau langit-langit (ρ_{cc}) bisa mencocokkan dengan tabel 2.5 Untuk menyesuaikan Koefisien Pengguna dengan armatur yang sesuai.

Tabel 2.5 Koefisien Pengguna

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution	$\rho_{cc} \rightarrow$		80			70			50			30			10			0			
		$\rho_w \rightarrow$		70	50	30	70	50	30	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0			
		RCR ↓		EFF = 80.5%			% DN = 55.9%			% UP = 44.1%			Lamp = 150A21F SC (along, across, 45°) = 1.5, 1.5, 1.5									
 <p>Pendant diffusing sphere with incandescent lamp</p>				0	0.87	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.70	0.70	0.70	0.59	0.59	0.59	0.49	0.49	0.49	0.45		
		1	0.76	0.71	0.66	0.70	0.66	0.61	0.56	0.52	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.39	0.35	0.32	0.31	0.29	0.26	0.23
		2	0.68	0.60	0.53	0.62	0.55	0.50	0.47	0.42	0.38	0.39	0.35	0.32	0.31	0.29	0.25	0.21	0.23	0.20	0.17	0.14
		3	0.61	0.52	0.44	0.56	0.48	0.41	0.40	0.35	0.31	0.33	0.29	0.26	0.27	0.24	0.24	0.21	0.24	0.21	0.18	0.18
		4	0.55	0.45	0.37	0.51	0.42	0.35	0.35	0.30	0.26	0.29	0.25	0.21	0.23	0.19	0.15	0.12	0.23	0.20	0.17	0.14
		5	0.51	0.40	0.32	0.46	0.37	0.30	0.31	0.25	0.21	0.26	0.21	0.18	0.21	0.17	0.14	0.12	0.21	0.17	0.14	0.12
		6	0.46	0.35	0.28	0.42	0.33	0.26	0.28	0.22	0.18	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12	0.10	0.19	0.15	0.12	0.10
		7	0.43	0.32	0.25	0.39	0.29	0.23	0.25	0.20	0.16	0.21	0.16	0.13	0.17	0.13	0.11	0.09	0.17	0.13	0.11	0.09
		8	0.40	0.29	0.22	0.36	0.27	0.20	0.23	0.17	0.14	0.19	0.15	0.12	0.19	0.15	0.12	0.09	0.17	0.13	0.11	0.08
		9	0.37	0.26	0.19	0.34	0.24	0.18	0.21	0.16	0.12	0.17	0.13	0.10	0.14	0.11	0.08	0.07	0.17	0.13	0.11	0.08
		10	0.34	0.24	0.17	0.32	0.22	0.16	0.19	0.14	0.11	0.16	0.12	0.09	0.13	0.10	0.08	0.06	0.16	0.12	0.09	0.07
 <p>Porcelain-enameled ventilated standard dome with inc. lamp</p>				EFF = 86.5%			% DN = 4.0%			% UP = 96.0%			Lamp = 100A21/5B SC (along, across, 45°) = N/A, N/A, N/A									
		0	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.93	0.93	0.93	0.89	0.89	0.89	0.85	0.85	0.85	0.83	0.85	0.85	0.83	0.83
		1	0.91	0.87	0.84	0.89	0.85	0.82	0.82	0.79	0.77	0.79	0.76	0.74	0.76	0.74	0.72	0.71	0.76	0.74	0.72	0.71
		2	0.83	0.76	0.70	0.80	0.74	0.69	0.71	0.67	0.63	0.69	0.65	0.62	0.66	0.63	0.60	0.59	0.66	0.63	0.60	0.59
		3	0.75	0.66	0.59	0.73	0.65	0.59	0.62	0.57	0.53	0.60	0.55	0.52	0.58	0.54	0.51	0.49	0.58	0.54	0.51	0.49
		4	0.69	0.58	0.51	0.67	0.57	0.50	0.55	0.49	0.44	0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43	0.41	0.47	0.43	0.41	0.41
		5	0.63	0.52	0.44	0.61	0.51	0.44	0.49	0.43	0.38	0.47	0.42	0.37	0.46	0.41	0.37	0.35	0.46	0.41	0.37	0.35
		6	0.58	0.46	0.39	0.56	0.46	0.38	0.44	0.38	0.33	0.43	0.37	0.33	0.41	0.36	0.32	0.31	0.41	0.36	0.32	0.31
		7	0.53	0.42	0.34	0.52	0.41	0.34	0.40	0.33	0.29	0.39	0.33	0.29	0.38	0.32	0.28	0.27	0.38	0.32	0.28	0.27
		8	0.50	0.38	0.31	0.48	0.37	0.31	0.36	0.30	0.26	0.35	0.30	0.25	0.34	0.29	0.25	0.24	0.34	0.29	0.25	0.24
		9	0.46	0.35	0.28	0.45	0.34	0.28	0.33	0.27	0.23	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.21	0.32	0.26	0.23	0.21
10	0.43	0.32	0.25	0.42	0.32	0.25	0.31	0.25	0.21	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.20	0.19	0.29	0.24	0.20	0.19		
 <p>Bare lamp PAR-38 flood</p>				EFF = 100%			% DN = 100%			% UP = 0%			Lamp = 150PAR38FL SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6									
		0	1.20	1.20	1.20	1.17	1.17	1.17	1.12	1.12	1.12	1.07	1.07	1.07	1.03	1.03	1.03	1.00	1.03	1.03	1.03	1.00
		1	1.14	1.11	1.08	1.11	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	1.01	0.99	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93	0.97	0.96	0.95	0.93
		2	1.08	1.02	0.98	1.05	1.01	0.97	0.97	0.94	0.91	0.94	0.92	0.89	0.92	0.89	0.87	0.86	0.92	0.89	0.87	0.86
		3	1.02	0.95	0.90	1.00	0.94	0.89	0.91	0.87	0.84	0.89	0.85	0.82	0.86	0.84	0.81	0.79	0.86	0.84	0.81	0.79
		4	0.97	0.89	0.83	0.95	0.88	0.83	0.86	0.81	0.78	0.84	0.80	0.77	0.82	0.79	0.76	0.74	0.82	0.79	0.76	0.74
		5	0.92	0.84	0.78	0.91	0.83	0.77	0.81	0.76	0.72	0.79	0.75	0.72	0.78	0.74	0.71	0.70	0.78	0.74	0.71	0.70
		6	0.88	0.79	0.73	0.87	0.78	0.73	0.77	0.72	0.68	0.75	0.71	0.68	0.74	0.70	0.67	0.66	0.74	0.70	0.67	0.66
		7	0.84	0.75	0.69	0.83	0.74	0.69	0.73	0.68	0.64	0.72	0.67	0.64	0.71	0.67	0.64	0.62	0.71	0.67	0.64	0.62
		8	0.81	0.71	0.66	0.80	0.71	0.65	0.70	0.65	0.61	0.69	0.64	0.61	0.68	0.64	0.61	0.59	0.68	0.64	0.61	0.59
		9	0.78	0.68	0.62	0.77	0.68	0.62	0.67	0.62	0.58	0.66	0.61	0.58	0.65	0.61	0.58	0.57	0.65	0.61	0.58	0.57
10	0.75	0.65	0.60	0.74	0.65	0.59	0.64	0.59	0.56	0.63	0.59	0.56	0.63	0.58	0.55	0.54	0.63	0.58	0.55	0.54		
 <p>PAR-38 Flood with spec. anodized reflector (45 deg. cutoff)</p>				EFF = 66.2%			% DN = 100			% UP = 0			Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6									
		0	1.10	1.10	1.10	1.07	1.07	1.07	1.02	1.02	1.02	0.98	0.98	0.98	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.94	0.92
		1	1.06	1.03	1.02	1.03	1.01	1.00	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.88	0.91	0.90	0.90	0.88
		2	1.02	0.98	0.95	1.00	0.96	0.94	0.94	0.91	0.89	0.91	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.84	0.88	0.87	0.86	0.84
		3	0.98	0.93	0.90	0.96	0.92	0.89	0.90	0.87	0.85	0.88	0.85	0.83	0.86	0.84	0.82	0.81	0.86	0.84	0.82	0.81
		4	0.94	0.89	0.85	0.93	0.88	0.84	0.86	0.83	0.80	0.84	0.82	0.79	0.83	0.81	0.79	0.77	0.83	0.81	0.79	0.77
		5	0.91	0.85	0.81	0.90	0.84	0.80	0.83	0.79	0.77	0.81	0.78	0.76	0.80	0.77	0.75	0.74	0.80	0.77	0.75	0.74
		6	0.88	0.81	0.77	0.87	0.81	0.77	0.80	0.76	0.73	0.78	0.75	0.73	0.77	0.75	0.72	0.71	0.77	0.75	0.72	0.71
		7	0.85	0.78	0.74	0.84	0.78	0.74	0.77	0.73	0.70	0.76	0.72	0.70	0.75	0.72	0.70	0.69	0.75	0.72	0.70	0.69
		8	0.82	0.75	0.71	0.81	0.75	0.71	0.74	0.70	0.68	0.73	0.70	0.67	0.72	0.69	0.67	0.66	0.72	0.69	0.67	0.66
		9	0.79	0.72	0.68	0.78	0.72	0.68	0.71	0.68	0.65	0.70	0.67	0.65	0.70	0.67	0.65	0.64	0.70	0.67	0.65	0.64
10	0.77	0.70	0.66	0.76	0.69	0.65	0.69	0.65	0.63	0.68	0.65	0.62	0.68	0.65	0.62	0.61	0.68	0.65	0.62	0.61		
 <p>PAR-38 Flood with black baffle</p>				EFF = 66.2%			% DN = 100			% UP = 0			Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6									
		0	0.79	0.79	0.79	0.77	0.77	0.77	0.74	0.74	0.74	0.70	0.70	0.70	0.68	0.68	0.68	0.66	0.68	0.68	0.68	0.66
		1	0.76	0.75	0.73	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.66	0.66	0.65	0.64
		2	0.74	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.68	0.67	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.61	0.60	0.63	0.63	0.63	0.62
		3	0.71	0.68	0.66	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64	0.62	0.64	0.63	0.61	0.63	0.61	0.60	0.60	0.63	0.61	0.60	0.60
		4	0.69	0.65	0.63	0.68	0.65	0.62	0.63	0.61	0.60	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.58	0.58	0.61	0.60	0.58	0.58
		5	0.67	0.63	0.60	0.66	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57	0.60	0.58	0.57	0.59	0.58	0.56	0.56	0.59	0.58	0.56	0.56
		6	0.65	0.61	0.58	0.64	0.60	0.58	0.59	0.57	0.55	0.59	0.57	0.55	0.58	0.56	0.55	0.54	0.58	0.56	0.55	0.54
		7	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.57	0.55	0.53	0.57	0.55	0.53	0.56	0.54	0.53	0.52	0.56	0.54	0.53	0.52
		8	0.61	0.57	0.54	0.60	0.56	0.54	0.56	0.53	0.52	0.55	0.53	0.52	0.55	0.53	0.51	0.51	0.55	0.53	0.51	0.51
		9	0.59	0.55	0.52	0.59	0.55	0.52	0.54	0.52	0.50	0.54	0.51	0.50	0.53	0.51	0.50	0.49	0.53	0.51	0.50	0.49
10	0.58	0.53	0.51	0.57	0.53	0.50	0.53	0.50	0.49	0.52	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.48	0.52	0.50	0.48	0.48		

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution	ρcc →			70			50			30			10			0		
		ρw →			70	50	30	70	50	30	50	30	10	50	30	10	0		
		RCR ↓			EFF = 96.2%			% DN = 100%			% UP = 0%			Lamp = 150A211F SC (along, across, 45°) = 1.2, 1.2, 1.1					
 <p>A-lamp downlight with spec. anodized reflector</p>		0	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.77	0.77	0.77	0.74	0.74	0.74	0.71	0.71	0.71	0.69	
		1	0.78	0.76	0.75	0.77	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.70	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66	0.64
		2	0.74	0.71	0.68	0.73	0.70	0.67	0.67	0.65	0.63	0.65	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.59	0.57
		3	0.70	0.66	0.62	0.69	0.65	0.61	0.63	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57	0.56	0.55	0.55
		4	0.66	0.61	0.57	0.65	0.60	0.56	0.58	0.55	0.53	0.57	0.54	0.52	0.56	0.53	0.51	0.50	0.50
		5	0.63	0.56	0.52	0.61	0.56	0.52	0.55	0.51	0.48	0.53	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.46	0.46
		6	0.59	0.53	0.48	0.58	0.52	0.48	0.51	0.47	0.45	0.50	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44	0.43	0.43
		7	0.56	0.49	0.45	0.55	0.49	0.44	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.40	0.40
		8	0.53	0.46	0.41	0.52	0.45	0.41	0.45	0.41	0.38	0.44	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.37	0.37
		9	0.50	0.43	0.39	0.49	0.43	0.38	0.42	0.38	0.35	0.41	0.38	0.35	0.41	0.37	0.35	0.34	0.34
		10	0.47	0.40	0.36	0.47	0.40	0.36	0.39	0.36	0.33	0.39	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.32
 <p>8" Open reflector downlight (32W CFL)</p>		EFF = 64.9%			% DN = 100%			% UP = 0%			Lamp = CF6/32 SC (along, across, 45°) = 1.1, 1.1, 1.1								
		0	0.77	0.77	0.77	0.75	0.75	0.75	0.72	0.72	0.72	0.69	0.69	0.69	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65
		1	0.73	0.72	0.70	0.72	0.70	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.60	0.60
		2	0.69	0.66	0.63	0.68	0.65	0.62	0.63	0.61	0.59	0.61	0.59	0.58	0.59	0.58	0.57	0.55	0.55
		3	0.66	0.61	0.58	0.64	0.60	0.57	0.59	0.56	0.54	0.57	0.55	0.53	0.55	0.54	0.52	0.51	0.51
		4	0.62	0.57	0.53	0.61	0.56	0.52	0.55	0.51	0.49	0.53	0.51	0.48	0.52	0.50	0.48	0.47	0.47
		5	0.58	0.53	0.49	0.57	0.52	0.48	0.51	0.48	0.45	0.50	0.47	0.45	0.49	0.46	0.44	0.43	0.43
		6	0.55	0.49	0.45	0.54	0.48	0.45	0.47	0.44	0.41	0.46	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.40	0.40
		7	0.52	0.46	0.41	0.51	0.45	0.41	0.44	0.41	0.38	0.44	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.37	0.37
		8	0.49	0.43	0.38	0.48	0.42	0.38	0.42	0.38	0.35	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.34	0.34
		9	0.47	0.40	0.36	0.46	0.40	0.36	0.39	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.32
10	0.44	0.37	0.33	0.44	0.37	0.33	0.37	0.33	0.31	0.36	0.33	0.30	0.36	0.33	0.30	0.29	0.29		
 <p>8" Open reflector downlight (2-26W CFL)</p>		EFF = 61.6%			% DN = 100%			% UP = 0%			Lamp = (2) CFQ26 SC (along, across, 45°) = 1.5, 1.6, 1.5								
		0	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.68	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62
		1	0.69	0.67	0.66	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56
		2	0.65	0.61	0.59	0.64	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51
		3	0.61	0.56	0.52	0.59	0.55	0.52	0.53	0.51	0.48	0.52	0.49	0.47	0.50	0.48	0.47	0.46	0.46
		4	0.57	0.51	0.47	0.56	0.50	0.47	0.49	0.46	0.43	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.41	0.41
		5	0.53	0.47	0.42	0.52	0.46	0.42	0.45	0.41	0.39	0.44	0.41	0.38	0.43	0.40	0.38	0.37	0.37
		6	0.50	0.43	0.38	0.48	0.42	0.38	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.40	0.37	0.34	0.33	0.33
		7	0.46	0.39	0.35	0.45	0.39	0.35	0.38	0.34	0.31	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.31	0.30	0.30
		8	0.43	0.36	0.32	0.42	0.36	0.32	0.35	0.31	0.29	0.34	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.27	0.27
		9	0.41	0.33	0.29	0.40	0.33	0.29	0.33	0.29	0.26	0.32	0.28	0.26	0.31	0.28	0.26	0.25	0.25
10	0.38	0.31	0.27	0.37	0.31	0.27	0.30	0.26	0.24	0.30	0.26	0.24	0.29	0.26	0.24	0.23	0.23		
 <p>8" Round with cross baffles</p>		EFF = 40.2%			% DN = 100			% UP = 0			Lamp = (2) CFQ26 SC (along, across, 45°) = 1.2, 1.2, 1.1								
		0	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.44	0.44	0.44	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40
		1	0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37
		2	0.43	0.41	0.39	0.42	0.40	0.38	0.39	0.37	0.36	0.37	0.36	0.35	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34
		3	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.36	0.34	0.33	0.35	0.33	0.32	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31
		4	0.38	0.35	0.32	0.37	0.34	0.32	0.33	0.31	0.30	0.32	0.31	0.29	0.32	0.30	0.29	0.28	0.28
		5	0.36	0.32	0.29	0.35	0.32	0.29	0.31	0.29	0.27	0.30	0.28	0.27	0.30	0.28	0.27	0.26	0.26
		6	0.34	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.29	0.27	0.25	0.28	0.26	0.25	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24
		7	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.25	0.27	0.25	0.23	0.26	0.24	0.23	0.26	0.24	0.23	0.22	0.22
		8	0.30	0.26	0.23	0.29	0.25	0.23	0.25	0.23	0.21	0.25	0.23	0.21	0.24	0.22	0.21	0.20	0.20
		9	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.23	0.21	0.20	0.23	0.21	0.19	0.23	0.21	0.19	0.19	0.19
10	0.27	0.22	0.20	0.26	0.22	0.20	0.22	0.20	0.18	0.22	0.20	0.18	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17		
 <p>Metal halide downlight</p>		EFF = 63.8%			% DN = 78.4			% UP = 21.6			Lamp = M100/C/U SC (along, across, 45°) = 1.2, 1.2, 1.1								
		0	0.76	0.76	0.76	0.74	0.74	0.74	0.71	0.71	0.71	0.68	0.68	0.68	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64
		1	0.72	0.70	0.68	0.70	0.69	0.67	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	0.59
		2	0.68	0.64	0.62	0.66	0.63	0.61	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.54	0.54
		3	0.64	0.59	0.56	0.63	0.58	0.55	0.57	0.54	0.52	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.50	0.49	0.49
		4	0.60	0.55	0.51	0.59	0.54	0.50	0.52	0.49	0.47	0.51	0.48	0.46	0.50	0.48	0.46	0.45	0.45
		5	0.57	0.51	0.46	0.55	0.50	0.46	0.49	0.45	0.43	0.48	0.45	0.42	0.47	0.44	0.42	0.41	0.41
		6	0.53	0.47	0.43	0.52	0.46	0.42	0.45	0.42	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.41	0.38	0.37	0.37
		7	0.50	0.43	0.39	0.49	0.43	0.39	0.42	0.39	0.36	0.41	0.38	0.36	0.41	0.38	0.35	0.34	0.34
		8	0.47	0.41	0.36	0.46	0.40	0.36	0.39	0.36	0.33	0.39	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.32
		9	0.45	0.38	0.34	0.44	0.37	0.33	0.37	0.33	0.31	0.36	0.33	0.31	0.36	0.33	0.30	0.29	0.29
10	0.42	0.35	0.31	0.42	0.35	0.31	0.35	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.34	0.30	0.28	0.27	0.27		

(IESNA Lighting Handbook Ninth Edition)

Dalam menentukan nilai Koefisien Pemantulan dinding pada tabel 2.4 serta nilai Koefisien Pengguna pada tabel 2.5 menggunakan rumus interpolasi yang berfungsi untuk mencari nilai diantara nilai-nilai yang sudah diketahui sehingga meningkatkan akurasi dari nilai yang dibutuhkan berdasarkan data yang ada. Rumus sebagai berikut : (Al-ihwany, Sukoco and Nugroho, 2020)

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (2.5)$$

y = Nilai yang ingin diketahui dari tabel

x = Variabel bebas

x_1, y_1 = nilai pada satu titik

x_2, y_2 = nilai pada satu titik lainnya

2.2.1.2 Koefisien Depresiasi

Koefisien Depresiasi (Kd) atau *Lose Light Factor* (LLF) didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. ('SNI 03-6575-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung', 2001)

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh :

1. Kebersihan dari lampu dan armatur
2. Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan
3. Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan
4. Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik

Berlandaskan pada SNI 03-6575-2001, untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik, maka nilai dari Koefisien Depresiasi (Kd) atau *Lose Light Factor* (LLF) adalah 0,8.

2.2.2 Menentukan Jumlah Titik Lampu atau Armatur Untuk Setiap Ruang

Untuk menentukan jumlah titik lampu atau armatur memerlukan terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan (2.2)

Lalu setelah diketahui nilai dari fluks luminus total dilanjutkan dengan persamaan berikut untuk mengetahui jumlah titik lampu atau armatur yang tepat: ('SNI 03-6575-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung', 2001)

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \quad (2.6)$$

N_{total} = Jumlah titik lampu atau armatur

F_{total} = Fluks luminus total (lumen)

F_1 = Fluks luminus satu buah lampu

n = Jumlah lampu pada satu armatur

Hal yang perlu diperhatikan pada sebuah lampu adalah efikasinya yang dinyatakan dalam lumen/watt. Lumen adalah jumlah fluksi cahaya dari lampu, yang berkaitan dengan intensitas atau derajat keterangan dari sebuah lampu. Dengan demikian efisiensi merupakan ukuran efektifitas lampu dalam mengubah energi listrik menjadi cahaya terpakai. Berikut merupakan perbandingan karakteristik beberapa jenis lampu yang bermanfaat baik untuk sistem pencahayaan baru maupun renovasi sistem pencahayaan lama.

2.3 Sistem Tata Udara

Sistem tata udara merupakan suatu langkah agar tercapainya kondisi temperatur, kelembapan, kebersihan, dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Untuk kondisi iklim Indonesia yang tropis, proses pengondisian udara lebih banyak menggunakan pendingin yang kita kenal dengan istilah AC (*Air Conditioner*) dengan tujuan memberikan kenyamanan untuk beraktivitas bagi orang-orang di lingkungan tersebut.

Dalam Keputusan Menteri Kesehatan No.1405/Menkes/SK/XI/2002 memutuskan standar untuk suhu dan kelembapan berdasarkan lingkungan kerja pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Standar Suhu dan Kelembapan No.1405/Menkes/SK/XI/2002

Jenis Lingkungan Kerja	Suhu	Kelembapan
Perkantoran	18 – 28 °C	40% - 60%
Industri	18 – 30 °C	65% - 95%

Sumber : (MK1405-2002, 2002)

Sementara pada SNI T-14-1993-03 di Indonesia memiliki standar kenyamanan termal sebagai berikut :

Tabel 2.7 Standar kenyamanan termal SNI T-14-1993-03

Kondisi	Suhu	Kelembapan
Sejuk Nyaman	20,5 – 22,8 °C	50% - 80%
Nyaman Optimal	22,8 – 25,8 °C	70% - 80%
Hampir Nyaman	25, 8 – 27,1 °C	60% - 70%

Sumber : (Rahim *et al.*, 2016)

AC memiliki peran penting dalam menjaga sistem tata udara, AC sendiri memiliki beberapa fungsi seperti : (Hidayati and Irpandi, 2020)

1. Mengatur suhu udara
2. Mengatur sirkulasi udara
3. Mengatur kelembapan udara
4. Mengatur kebersihan udara

Dengan demikian, sistem tata udara merujuk kepada kenyamanan pengguna ruangan sehingga perlu diperhatikan dalam kebutuhannya sesuai dengan fungsi dan luas ruangan untuk mencapai penggunaan yang lebih efisien.

2.3.1 Pengkondisi Udara

Pengkondisi udara atau yang biasa kita kenal dengan istilah *Air Conditioner* (AC) merupakan sistem atau mesin yang dirancang untuk menstabilkan suhu udara dan kelembapan suatu area. Setiap pengkondisi udara memiliki kapasitas yang berbeda yang bisa kita sesuaikan dengan kebutuhan kita. Spesifikasi AC yang sering kita temukan biasanya memiliki satuan PK atau *PaardeKracht* yang berasal dari bahasa Belanda yang memiliki arti Tenaga Kuda (*Horse Power*). Ada juga satuan lain yang bisa kita temukan ketika menentukan kebutuhan untuk spesifikasi pengkondisi udara yaitu BTU (*British Thermal Unit*), Satuan energi ini digunakan di negara Amerika Serikat dan juga Inggris pada sistem pemanas dan pendingin lama yang mulai beralih ke satuan Joule (J). satu BTU didefinisikan sebagai jumlah panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu 1 pound (~ 454 gr) air sebanyak 1 derajat Fahrenheit.

Untuk mempermudah dalam menggunakan satuan yang ada, berikut tabel

2.8 konversi satuan PK ke BTU/h :

Tabel 2.8 Konversi satuan PK ke BTU

Jumlah PK	BTU
$\frac{1}{2}$ PK	5000 BTU/h
$\frac{3}{4}$ PK	7000 BTU/h
1 PK	9000 BTU/h
$1\frac{1}{2}$ PK	12000 BTU/h
2 PK	18000 BTU/h
$2\frac{1}{2}$ PK	24000 BTU/h

(Soleman and Pratama, 2020)

2.3.1.1 Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin diperlukan agar dapat menemukan nilai BTU yang tepat sehingga dapat diketahui penggunaan AC (*Air Conditioner*) pada setiap ruangan memiliki spesifikasi PK yang sesuai disetiap ruangnya. Berikut merupakan cara untuk menghitung kapasitas AC pada setiap ruang :

$$BP = BSB + BSO + BLO + BSL + CFM1 + CFM2 \quad (2.7)$$

- BP = Beban Pendingin
- BSB = Beban Sensibel Bangunan
- BSO = Beban Sensibel Orang
- BLO = Beban Laten Orang
- BSL = Beban Sensibel Lampu

CFM1 = Beban Infiltrasi

CFM2 = Beban Ventilasi

2.3.1.2 Beban Sensibel Bangunan

Dalam menentukan beban sensibel bangunan, perlu diketahui terlebih dahulu beban kalor pada bidang kulit bangunan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.9 Data Beban Kalor

Bidang Kulit Bangunan	Beban Kalor (BTU/Jam/m ²)
Kaca	
Sisi Utara	800
Sisi Selatan	400
Sisi Timur	900
Sisi Barat	1000
Dinding	
Arah Utara	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Selatan	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Timur	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Barat	2.16 (t ₀ - t ₁)
Atap	
-	11.5 (t ₀ - t ₁)

(Suryawangi, 2014)

Setelah diketahui nilai dari beban kalor yang dibutuhkan, maka bisa menggunakan persamaan sebagai berikut untuk menentukan beban sensibel bangunan :

$$BSB = L_{bidang} \times \text{Beban Kalor} \quad (2.8)$$

2.3.1.3 Beban Kalor Internal

Nilai beban kalor internal terdiri dari Beban Sensibel Orang (BSO), Beban Laten Orang (BLO), dan Beban Sensibel Lampu (BSL). Dengan persamaan sebagai berikut :

$$BSO = Okupansi \times 200 \text{ BTU/Jam} \quad (2.9)$$

$$BLO = Okupansi \times 250 \text{ BTU/Jam} \quad (2.10)$$

$$BSL = (\Sigma \text{watt})(1.25)(3.4) \text{ BTU/Jam} \quad (2.11)$$

2.3.1.4 Beban Infiltrasi dan Ventilasi

Kebutuhan udara pada setiap ruang dapat diukur dengan cara berikut :

1. CFM_1 :

$$CFM_1 = \frac{P \times L \times T \times AC \times 35,31}{60} \quad (2.12)$$

CFM_1 = Beban Infiltrasi

P = Panjang Ruangan (m)

L = Lebar Ruangan (m)

T = Tinggi Ruangan (m)

AC = Jumlah pertukaran udara per jam (AC minimum =2)

2. CFM_2 :

$$CFM_2 = [(t_0 - t_1) \times 1.08 + (RH0 - RH1) \times 0.67] \quad (2.13)$$

CFM_2 = Beban Ventilasi

RH0-RH1 = 0,35

2.3.1.5 Kapasitas Tata Udara

Mengetahui kapasitas tata udara merupakan menjadi nilai akhir kebutuhan spesifikasi AC untuk sebuah ruangan yang nantinya dapat direkomendasikan AC dengan spesifikasi yang cocok untuk ruangan tersebut. Menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Tata Udara} & & (2.14) \\ &= \frac{BP}{12000} \end{aligned}$$

2.4 Intensitas Konsumsi Energi

Berdasarkan SNI 03-6196-2000 mengenai prosedur audit energi pada bangunan gedung, Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah istilah yang dipakai untuk menyatakan besarnya jumlah penggunaan energi tiap meter persegi bangunan dalam kurun waktu tertentu, biasanya dalam konsumsi perbulan atau pertahun. IKE sangat penting penerapannya sebagai tolak ukur menghitung potensi penghematan energi yang mungkin diterapkan di tiap ruangan atau seluruh area bangunan tanpa mengurangi kenyamanan pengguna karena dibatasi oleh standar-standar pada setiap sektor penggunaan energi.

Secara sederhana, dalam SNI 03-6196-2011 tentang audit energi pada bangunan gedung, IKE dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini : (Badan Standarisasi Nasional, 2011)

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Gedung (m}^2\text{)}} \quad (2.15)$$

Menurut Pedoman Pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional, Standar intensitas konsumsi energi dibagi kedalam 2 kategori, yaitu standar IKE untuk ruangan yang tidak menggunakan AC dan standar ruangan yang menggunakan AC. Standar IKE bangunan tidak ber AC dan IKE bangunan ber-AC ditunjukkan pada tabel 2.10 dan Standar IKE per tahun berdasarkan jenis bangunan berdasarkan buku Panduan Praktis Penghematan Energi di Hotel :

Tabel 2.10 Kriteria IKE Bangunan Tidak ber-AC

Kriteria	Keterangan
<p>Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan prinsip konservasi energi listrik. 2. Pemeliharaan dilakukan sesuai dengan prosedur 3. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
<p>Cukup Efisien (1,68 – 2,5) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan energ cukup efisien namun memiliki peluang konservasi yang lebih baik 2. Perbaiki efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan
<p>Boros (2,6 – 3,34) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sangat direkomendasikan untuk melakukan audit energi 2. Pengoperasian dan pemeliharaan belum mempertimbangkan konservasi energi

<p>Sangat Boros</p> <p>(3,35 – 4,17)</p> <p>kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalasi peralatan, pengoperasian, dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi 2. Perlu peninjauan ulang pada sektor kelistrikan 3. Harus melakukan audit energi
---	---

(Baskara, 2019)

Tabel 2.11 Standar IKE Bangunan ber-AC

Kriteria	Keterangan
<p>Sangat Efisien</p> <p>(4,17 – 7,92)</p> <p>kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknik konservasi energi 2. Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip manajemen energi
<p>Efisien</p> <p>(7,93 – 12,08)</p> <p>kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur. 2. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi.
<p>Cukup Efisien</p> <p>(12,09 – 14,58)</p> <p>kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaa energi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih memungkinkan. 2. Pengoperasian pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi.

<p style="text-align: center;">Agak Boros (14,59 – 19,17) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan. 2. Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.
<p style="text-align: center;">Boros (19,18 – 23,75) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari 2. Instalasi peralatan dan desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi.
<p style="text-align: center;">Sangat Boros (23,76 – 37,5) kWh/m²/bulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agar ditinjau ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. 2. Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan.

(Baskara, 2019)

Tabel 2.12 Standar IKE per tahun berdasarkan gedung

Jenis Bangunan	IKE (kWh/m ² /tahun)
Perkantoran	240
Pertokoan (Mall)	330

Hotel	300
Rumah Sakit	380

(USAID, 2015)

2.5 Peluang Hemat Energi

Analisa hemat energi adalah memperhatikan peluang-peluang apa saja pada bangunan gedung yang berpotensi untuk melakukan penghematan dan menekan pemborosan energi. Analisa peluang hemat energi dapat dilakukan dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Penghematan energi pada bangunan gedung tidak dapat diperoleh begitu saja dengan cara mengurangi kenyamanan penghuni. Analisa peluang hemat energi dilakukan dengan usaha – usaha seperti, merubah perilaku pengguna energi pada bangunan gedung agar lebih sadar akan penghematan energi, penggunaan pendingin ruangan sesuai standar yang telah ditetapkan, begitu juga dengan cahaya, menggunakan cahaya sesuai dengan standar yang ditetapkan, sehingga dapat menekan pemborosan energi pada suatu gedung. (Ramadhan, 2017)

2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik ramah lingkungan yang memanfaatkan energi matahari agar dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sinar matahari agar dapat menghasilkan listrik DC yang kemudian dikonversi menjadi listrik AC dengan menggunakan komponen inverter. Pada dasarnya PLTS merupakan pencatu daya yang dibuat agar bisa mencatu keperluan listrik dari keperluan yang kecil hingga besar. (Sari, 2021)

PLTS bergantung pada sinar matahari untuk dapat bekerja dan menghasilkan output maksimal. Sementara untuk lama penyinaran matahari secara efektif (*Peak Sun Hours*) di Indonesia sekitar 3-4 jam/ hari (Sianipar, 2014) dan berdasarkan penelitian Efek *Peak Sun Hours* pada produktivitas Energi Listrik sebuah PLTS di Universitas Airlangga yang memiliki fokus utama penelitian menganalisis nilai PSH yang sebenarnya di Indonesia dengan menggunakan lokasi Universitas Airlangga sebagai titik analisis lalu menghasilkan kesimpulan untuk *Peak Sun Hours* berada pada interval 09.30-14.00. (Megantoro *et al.*, 2022)

2.7 Penelitian Terkait

Penelitian terkait mengenai Audit Energi dan Peluang Penghematan Energi pada hotel ini tidak luput dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sebagai referensi dan pelengkap informasi dalam penyelesaian penelitian dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Penelitian-Penelitian Terkait

NO	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Isi Jurnal
1	AUDIT ENERGI LISTRIK HOTEL KANA YOGYAKARTA	Syaifan Musthofi	Yogyakarta, 2020	Dari Hasil Penelitian, audit energi awal nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik pada Hotel kana Yogyakarta menunjukkan kategori dalam boros, dengan nilai IKE 251.22 kWh/m ² tahun. Sehingga perlunya dilakukan audit

				Energi rinci agar mendapatkan nilai yang diinginkan. Dari performa hasil audit energi rinci, mendapatkan kriteria “efisien” dengan nilai IKE 115.98 kWh/m ² tahun, tanpa harus mengganggu kenyamanan hotel.
2	ANALISIS AUDIT ENERGI PADA RUMAH SAKIT UMUM PANTI RAPIH YOGYAKARTA	Wisnu Ananda Priyatama	Yogyakarta, 2018	Pada jurnal ini dijelaskan untuk Rumah Sakit Panti Rapih Yogyakarta memiliki nilai IKE sebesar 195,731 kWh/m ² /tahun (sedikit boros) sehingga diperlukan tindakan hemat energi. didapatkan masih banyak ruangan yang belum memenuhi SNI 6197- 2011 sehingga diperlukan penambahan atau pergantian lampu. Dan untuk suhu ruangan ada beberapa ruangan yang perlu diganti Air Conditioner (AC) baru, khususnya ruangan karyawan (gedung infrastruktur) untuk memenuhi ketentuan dari Kepmenkes No. 1204/MENKES/SK/X/2004.

3	<p style="text-align: center;">ANALISA AUDIT ENERGI SWISSBEL HOTEL MANADO</p>	<p style="text-align: center;">Axl Atlanta Manumpil</p>	<p style="text-align: center;">Manado, 2021</p>	<p>Pada penelitian ini dilakukan perhitungan IKE dan pengukuran terhadap sistem pencahayaan di Swissbel Hotel Manado, IKE yang didapat sebesar 3,27 kWh/m² yang termasuk kategori sangat efisien faktor dari lampu yang sudah menggunakan lampu dengan jenis LED. Untuk sistem pencahayaan masih dibawah Standar SNI</p>
4	<p style="text-align: center;">AUDIT ENERGI LISTRIK DI HOTEL GRAND DAFAM ROHAN JOGJA</p>	<p style="text-align: center;">Asep Irawan</p>	<p style="text-align: center;">Yogyakarta, 2019</p>	<p>Berdasarkan perhitungan nilai IKE di hotel Grand dafam Rohan Jogja pada tahun 2018 sebesar 28,35 kWh/m²/tahun, sudah sangat efisien untuk sebuah bangunan hotel. Penggunaan lampu sudah sangat efisien karena sudah dibangun nyala lampu otomatis pada jam-jam</p>

				<p>tertentu dan selalu dilakukan pengontrolan terhadap area yang lampunya tidak berfungsi. Penghematan pada AC dilakukan dengan pengurangan waktu pemakaian selama 1 jam/hari yang dapat menghasilkan penghematan 11.020 kWh dalam setahun.</p>
5	<p>ANALISIS DAN AUDIT ENERGI LISTRIK DI HOTEL KAPUAS PALACE PONTIANAK</p>	<p>Muhammad Khadafi</p>	<p>Pontianak, 2022</p>	<p>Nilai IKE Hotel Kapuas Palace Pontianak tahun 2019 sebesar 128,33 kWh/m^2/tahun yang tergolong kedalam kategori Sangat Efisien. Untuk sistem pencahayaan total konsumsi energi sebesar 305,95 kWh/hari, sebelum penggantian lampu LED total konsumsi energinya sebesar 110.142 kWh/tahun dan setelah penggantian</p>

				<p>lampu LED total konsumsi energi sebesar 105.73 kWh/tahun dengan persentase 4,60%. Dari sistem pengkondisian udara total konsumsi energinya sebesar 18.432,2 kWh/hari. Sebelum penggantian refrigerant R-22 sebesar 6.633.592 kWh/tahun dan setelah penggantian refrigerant MC-22 sebesar 6.110.247 kWh/tahun dengan persentase 7,92%.</p>
--	--	--	--	--