

MANUAL DESAIN BANGUNAN SEHAT





**MANUAL
DESAIN BANGUNAN SEHAT**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	I
BAGIAN I PENDAHULUAN.....	1
1. LATAR BELAKANG	1
2. APLIKASI	1
3. CAKUPAN BUKU	1
4. REFERENSI	1
BAGIAN II BANGUNAN SEHAT	1
1. PENYEBAB TERJADINYA SINDROM BANGUNAN SAKIT	2
2. CARA MENGINVESTIGASI BANGUNAN SAKIT	3
3. PENCEGAHAN SINDROM BANGUNAN SAKIT	4
3.1. <i>Faktor Fisik Bangunan Dan Lingkungan</i>	4
3.2. <i>Faktor Pekerjaan</i>	5
4. INDIKATOR PERFORMA BANGUNAN SEHAT	5
5. PENGHAWAAN BANGUNAN	6
6. PENCAHAYAAN BANGUNAN	7
6.1. <i>Persyaratan Umum Sistem Pencahayaan</i>	8
6.2. <i>Pencahayaan Alami</i>	9
6.3. <i>Pencahayaan Alami Siang Hari yang Baik</i>	9
6.4. <i>Tingkat Pencahayaan Alami dalam Ruang</i>	9
6.5. <i>Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari</i>	9
6.6. <i>Langit Perancangan</i>	11
6.7. <i>Faktor Langit</i>	12
6.8. <i>Titik Ukur</i>	12
6.9. <i>Lubang Cahaya Efektif</i>	14
6.10. <i>Kualitas Pencahayaan</i>	15
6.11. <i>Persyaratan dan Penetapan Faktor Langit Dalam Ruangan</i>	15
6.12. <i>Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari</i>	22
6.13. <i>Pengujian dan Pemeliharaan</i>	26
6.14. <i>Perhitungan Pencahayaan Alami Siang Hari</i>	27
7. PENCAHAYAAN BUATAN	32
7.1. <i>Kriteria Perancangan</i>	32
7.2. <i>Pemilihan Peralatan</i>	47
7.3. <i>Pengujian, Pengoperasian, dan Pemeliharaan</i>	59
BAGIAN III SANITASI BANGUNAN	1
1. PERSYARATAN SANITASI	1
2. PERSYARATAN PLAMGING DALAM GEDUNG.....	8

3. PERSYARATAN INSTALASI GAS MEDIK	13
4. PERSYARATAN PENYALURAN AIR HUJAN	14
5. PERSYARATAN FASILITAS SANITASI DALAM BANGUNAN GEDUNG	15

BAGIAN I

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Prinsip bangunan sehat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai rancangan dan konstruksi bangunan yang dapat membuat pengguna bangunan menjadi lebih sehat dan sejahtera. Pengertian dari bangunan sehat atau *healthy buildings*, diperkenalkan oleh Levin pada tahun 1995, tentang pengaruh bangunan pada pengguna dan lingkungannya. "*A healthy building is one adversely affects neither the health of its occupants nor the larger environment.*" (Levin, H, 1995).

Pembahasan prinsip bangunan sehat akan menjawab dua permasalahan yaitu (1) bagaimana mendesain bangunan sehat dalam bidang arsitektur seperti konstruksi bangunan, keberlanjutan, dan ketahanan; (2) bagaimana hidup sehat di dalam bangunan sehat sebagai manusia, perannya dalam komunitas, dan pengaruh dalam bekerja dan lingkungan hidup yang sehat.

2. APLIKASI

Prinsip bangunan sehat seharusnya diterapkan pada semua tipologi bangunan. Namun terdapat tipologi bangunan yang diutamakan karena lama penggunaan tipologi tersebut dalam sehari sangat tinggi, yaitu: lingkungan bangunan pendidikan (6 jam/hari), lingkungan kantor (8 jam/hari), dan lingkungan tempat tinggal (16 jam/hari). Ketiga tipologi bangunan ini memiliki koneksi langsung dalam kebutuhan ruang kota.

3. CAKUPAN BUKU

Prinsip bangunan sehat melingkupi pembahasan mengenai aspek-aspek dalam merancang bangunan sehat. Persyaratan kesehatan bangunan gedung meliputi persyaratan sistem penghawaan, pencahayaan, sanitasi, dan penggunaan bahan bangunan gedung. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/Prt/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung).

4. REFERENSI

Modul ini disusun dengan meringkas pengetahuan mengenai bangunan sehat yang dikumpulkan dari beberapa sumber. Informasi lebih lengkap dan detail mengenai tiap prinsip dapat langsung merujuk ke referensi utama tersebut. Berikut adalah referensi yang digunakan dalam penyusunan modul ini.

[1] Health and Safety Executive. 2000. How to Deal with Sick Building Syndrome (SBS).

- [2] Quantitative Relationship of Sick Building Syndrome Symptoms with Ventilation Rates
- [3] Theories and Knowledge about Sick Building Syndrome Complaints in Air-Conditioned Offices: Benchmarks for Facility Performance
- [4] Indoor Air Quality : A Guide for Building Owners, Managers, and Occupants
- [5] Molina, Claude. European Concerted Action. 1989. Indoor Air Quality and Its Impact on Man: Report No.4 Sick Building Syndrome. A Practical Guide.
- [6] Green Buildings and Health
- [7] Indoor Air Quality Factors in Designing a Healthy Buildings
- [8] Jutraz, Anja and Stimac, Sanja. 2015. "How to Design Healthy Building for Healthy Living? Complex Network of Health". 2nd International Academic Conference, Places and Technologies 2015: Keeping Up with Technologies to Make Healthy Places, 18-19 June 2015. Slovenia
- [9] Levin, Hal. "Design and Construction of Healthy and Sustainable Buildings". Building Ecology Research Group. USA.
- [10] WBDG
- [11] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/Prt/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung
- [12] SNI 03-2396-2001 : Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung
- [13] SNI 03-6575-2001 : Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung
- [14] SNI 03-6481-2000 : Sistem Plumbing

BAGIAN II

BANGUNAN SEHAT

Konsep bangunan sehat ialah konsep yang dikembangkan sebagai lanjutan dari konsep bangunan hijau. Konsep ini tidak hanya mempertimpangkan dampak bangunan ke lingkungan, tetapi juga dampak bangunan bagi kesehatan penghuninya. Hal ini kemudian menjadi pertimbangan baru bagi arsitek dan desainer dalam proses desain bangunan. Selain kesehatan fisik manusia, pada bangunan sehat dipertimbangkan pula kesehatan mental manusia. Hal ini menjadi penting karena ruang yang kita huni dan tempati pada dasarnya memiliki pengaruh yang kuat terhadap kondisi psikis kita. Sebuah ruang seringkali membuat kita merasa nyaman, sejuk, damai, atau bahkan kita justru merasa suntuk, stres, atau marah. Sebagai contoh, bahwa saat seseorang dalam keadaan stress, maka kerja hormonnya akan meningkat dan kemudian menekan sistem imun, sehingga akan mudah terserang penyakit.

Konsep bangunan sehat yang telah berkembang di Indonesia ialah konsep rumah sehat. Konsep tersebut dijelaskan sebagai bangunan tempat berlindung dan beristirahat serta sebagai sarana pembinaan keluarga yang menumbuhkan kehidupan sehat secara fisik, mental dan sosial, sehingga seluruh anggota keluarga dapat bekerja secara produktif (Sherli, 2012).

Dalam UU tentang perumahan dan pemukiman No.4/1992 bab III pasal 5 ayat I menyatakan "Setiap warga negara mempunyai hak untuk menempati dan atau menikmati dan atau memiliki rumah yang layak dan lingkungan yang sehat, aman, serasi, dan teratur". Hal ini menjelaskan bahwa sudah sewajarnya masyarakat menempati rumah yang sehat dan layak huni. Rumah tidak cukup hanya sebagai tempat tinggal dan berlindung dari panas cuaca dan hujan. Suatu rancangan desain yang kurang baik akan mempengaruhi kondisi fisik dan mental penghuninya. Hasil survei *Enviromental Protection Agency* (EPA), menyatakan bahwa manusia menghabiskan waktunya 90% di dalam lingkungan konstruksi, baik itu di dalam bangunan kantor ataupun tempat tinggal.

Sejak tahun 1984, *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) USA dalam penelitiannya telah melaporkan terdapatnya sekumpulan gejala gangguan kesehatan pada tenaga kerja yang bekerja di gedung-gedung bertingkat yang disebut *Sick Building Syndrome* (SBS). Sindrom bangunan sakit atau *sick building syndrome* adalah sebuah kondisi yang tidak dapat dikatakan penyakit tetapi sebuah kondisi untuk menjelaskan fenomena pengguna bangunan yang sakit secara bersamaan karena berada di sebuah ruangan. Fenomena ini tidak dapat didiagnosa secara tepat karena banyaknya pengaruh dari faktor-

faktor di luar bangunan yang juga dapat mempengaruhi keberadaan sindrom sakit dalam bangunan. Seperti pendapat Mendell dan Fisk (2007) [2], *"Sick building syndrome symptoms do not implicate specific disease or exposure; however, there is considerable evidence that their prevalence, and severity are affected by indoor environmental conditions as well as by psychosocial conditions."*

Gelaja-gejala utama yang mungkin terjadi secara massal bila terjadi sindrom ini terjadi di dalam bangunan adalah:

- Kulit yang kering, gatal atau radang
- Mata, hidung, atau tenggorokan yang kering atau gatal
- Pusing, lesu, iritasi, atau konsentrasi yang buruk
- Hidung tersumbat atau pilek [1]

Gejala-gejala umum ini kemudian dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat gejala yang ringan sampai gejala yang parah.

1. PENYEBAB TERJADINYA SINDROM BANGUNAN SAKIT

Teori umum mengenai penyebab dari sindrom bangunan sakit dapat disebabkan oleh beberapa faktor di bawah ini [3]:

- *Building materials (identified in the book of Leviticus in the Bible). The building materials may allow micro organisms to grow on or in them, or the building materials may have chemicals or other substances in them or off gassed from them that may irritate the person's skin or pollute the building air that people breathe.*
- *Poor sanitation (identified in the Ohio State Capital Building investigation).*
- *Ozone, organic solvents and formaldehyde in the atmosphere (Jeanne Stellman of the Women's Occupational Health Resource Centre).*
- *Office equipment, furnishings and other materials and products located or used in the building which can produce fumes or contact dermatitis (Jeanne Stellman of the Women's Occupational Health Resource Centre).*
- *Air borne chemical fumes or gasses from anything in the building (these cause were publicised by Gray Robertson, President of Healthy Buildings International, and supported by the tobacco industry).*
- *Building air conditioning, inadequate ventilation (which could cause a buildup of carbon dioxide, carbon monoxide or other gasses) and pollutants from inside or outside the building that were circulated by the air conditioning system (these cause were publicised by Gray Robertson President of Healthy Buildings International, and supported by the tobacco industry).*

- *Mould, bacteria, dust mites, other micro organisms; endotoxins and other microbial products (these causes were publicised by Professor Ragnar Rylander of the University of Geneva, and supported by the tobacco industry).*
- *Poor building cleaning and maintenance resulting in air borne dust and fibres (Environmental Protection Authority (EPA) building investigation).*
- *Inadequate light and /or space for work tasks (EPA building investigation).*
- *Vermin (particularly mice, rats and cockroaches) infestation (EPA building investigation).*
- *Poor indoor air quality (this cause was brought to prominence by the research work of Lance Wallace of the EPA).*
- *Other environmental factors that include building temperature, humidity, lack of negative ions in the workplace atmosphere, building odours, noise, electrostatic charges, electro-magnetic fields and/or vibration in the building (Godish 1995).*
- *Psycho social issues (identified in an American court decision).*
- *Poor management practices (identified in an American court decision).*

Penyebab sindrom bangunan sakit ini juga tidak terlepas dari bahan-bahan kimia berbahaya yang mungkin terdapat di dalam bangunan.

2. CARA MENGINVESTIGASI BANGUNAN SAKIT

Dari gejala-gejala pengguna bangunan yang sakit dapat menyebabkan pekerjaan menjadi kurang efisien, pekerja yang absen bahkan keluar dari tempat kerja, memperpanjang waktu istirahat atau mengurangi lembur, atau menghabiskan waktu mereka dengan mengeluh. Untuk mengindikasikan adanya sindrom bangunan sakit pada bangunan dapat mengikuti investigasi ringan seperti di bawah ini:

- *Look for the obvious*
- *Check the symptoms*
- *Ask the staff what the problems are*
- *Check procedures and working practices*
- *Seek professional help [1]*

Untuk lebih jelasnya, langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk melakukan investigasi faktor penyebab bangunan sakit dapat mengikuti tabel langkah di bawah ini:

Table 3. *Summary of stepwise investigations of buildings with problems [5]*

No	Type of Investigation	Performed by (proposals)	Actions (examples)
1	Technical survey and use of questionnaire	Industrial physician Safety representatives	Contact experts for evaluation, organize new

		<i>Maintenance engineer</i>	<i>actions, inform.</i>
2	<i>Inspection and guiding measurements of climate-indicators</i>	<i>Safety engineer Ventilation engineer</i>	<i>Clean and adjust ventilation, stop humidifiers, remove smokers and pollution sources</i>
3	<i>Measurements of ventilation, climate indicators, and other implicated factors</i>	<i>Safety engineer Industrial hygienist Ventilation engineer</i>	<i>Increase ventilation, arrange sun-shielding</i>
4	<i>Medical investigation, specific measurements of suspected components</i>	<i>Medical doctor Industrial hygienist</i>	<i>Renew furniture, change ongoing activities or building materials; move staff, mount local exhaust</i>

3. PENCEGAHAN SINDROM BANGUNAN SAKIT

Sindrom bangunan sakit dapat dicegah dengan melakukan perawatan dan perhatian pada dua faktor, yaitu:

- Faktor fisik dan lingkungan – melingkupi kondisi fisik seperti ventilasi, pembersihan dan perawatan, dan rancangan tempat kerja
- Faktor Pekerjaan – seperti variasi dan minat pekerjaan tertentu dan kemampuan manusia dalam mengatur aspek tertentu dan lingkungan pekerjaannya. [1]

3.1.Faktor Fisik Bangunan Dan Lingkungan

Good maintenance procedures are often the best way to prevent or reduce Sick Building Syndrome symptoms, and careful planning will help procedure the best results. The maintenance should be covers [1]:

- *The fabric of the building*
- *Building services (eg heating, ventilation, air-conditioning, and lighting systems)*
- *Building furnishings,*
- *Office equipments*

An effective scheme will include drawing up schedules to record the type and frequency of system performance testing; visual inspections of physical condition; examination of system components; replacement of items with fixed life spans, such as filters; and cleaning operations. Cleaning operation can be major preventing Sick Building Syndrome. Cleaning patterns for particular areas should be set according to individual circumstances but the following frequencies of cleaning operations are suggested as a guide:

- *Wet areas of plant including cooling coils and humidifiers (annually);*
- *Ventilation systems including grills and vents (annually);*

- *Windows and light fittings (monthly/3 monthly;*
- *Internal surfaces, office carpeting, furnishings and furniture including desks and chairs (daily), and deep cleaning of soft furnishings (annually)*

Proper preventative maintenance (PM) not only improves the useful life of the systems and building structures, but it can lend to good indoor air quality and prevent "sick building" syndromes.

- *Ensure all maintenance and operation documentation, especially an equipment inventory, is submitted to the building owner/operator prior to building occupancy.*
- *Follow manufacturer recommendations for proper building operations and maintenance.*
- *Include safety training of operator personnel as part of the construction contractor's deliverables.*
- *Require the use of integrated pest management (IPM) for all pest management services, interior and exterior of the building.*
- *Require building maintenance personnel to maintain the HVAC air infiltration devices and condensate water biocides appropriately.*
- *Monitor chemical inventories to identify opportunities to substitute green products.*
- *Consider incorporating continuous commissioning (PDF 840 KB) into your building maintenance program. Federal mandate for continuous commissioning are found in EAct 2005 (PDF 1.36 MB) and EISA 2007 (PDF 738 KB).*

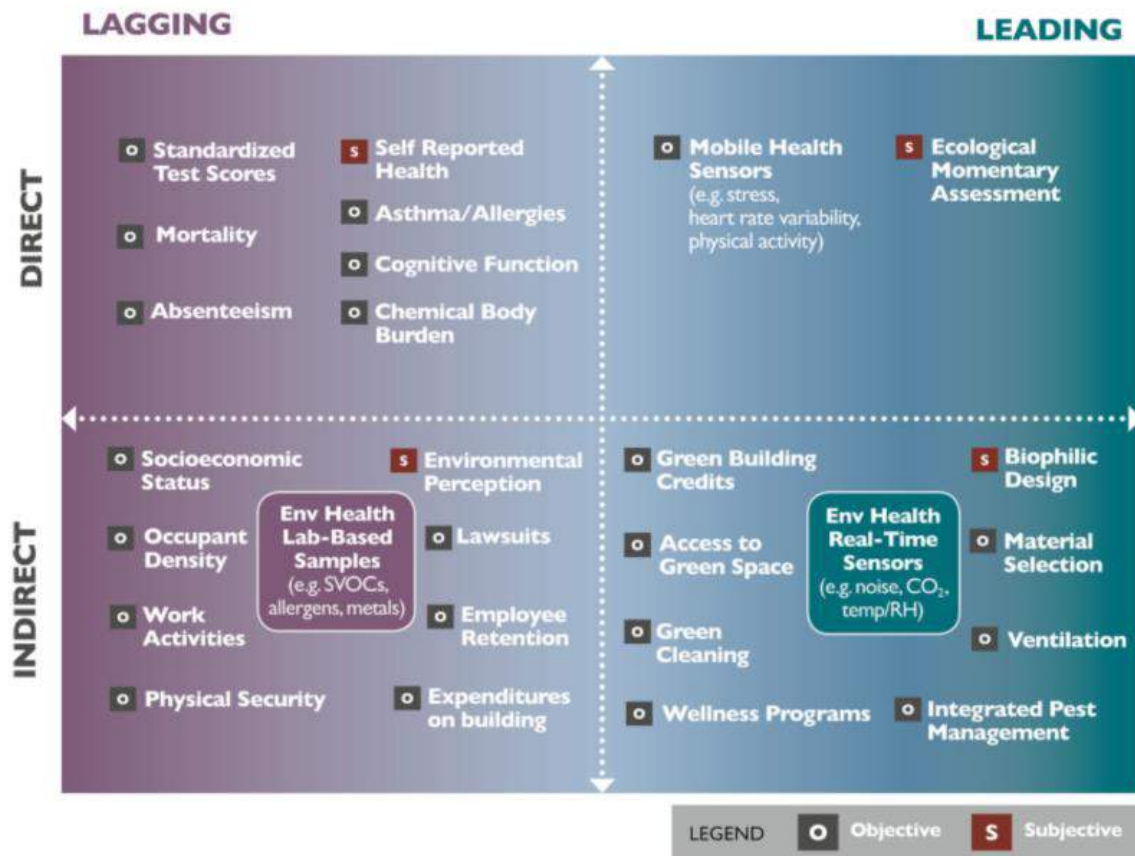
3.2.Faktor Pekerjaan

Faktor pekerjaan ini melingkupi sistem manajerial dan organisasi pekerjaan. Sistem manajerial dan organisasi pekerjaan yang baik sebaiknya memiliki kondisi pekerjaan yang sebagai berikut:

- *Well motivated staff, confident that their concerns are taken seriously, will be more likely to give early warning of developing problems and more appreciate of efforts to improve situation, particularly where the scope of altering the physical characteristics of office areas may be limited;*
- *Good communication and good relationship between management and staff;*
- *Proper job design is the most important aspect of work for most people;*
- *Open plan of access to external windows where possible, the provision of plants, and careful choice of colour scheme can all help towards greater satisfaction;*
- *Care should be taken to ensure workstations are suitable for the people using them, reviewed regularly and adapted, as necessary, when there is a change of staff.*

4. INDIKATOR PERFORMA BANGUNAN SEHAT

Indikator bangunan yang sehat dapat mengikuti kerangka berfikir menurut G. Allen (2015).



Gambar 2. *Health Performance Indicators Framework with example metrics*

5. PENGHAWAAN BANGUNAN

Penghawaan merupakan proses pertukaran udara di dalam bangunan untuk merekayasa pergerakan udara dan temperatur udara secara alami melalui bantuan elemen-elemen bangunan yang terbuka ataupun pengkondisian udara dengan alat mekanis. Untuk mencapai kenyamanan, kesehatan dan kesegaran hidup dalam rumah tinggal atau bangunan-bangunan bertingkat, khususnya di daerah beriklim tropis dengan udara yang panas dan tingkat kelembaban tinggi, diperlukan usaha untuk mendapatkan udara segar baik udara segar dari alam dan aliran udaran buatan.

Penghawaan bangunan menurut Satwiko (2009) dapat berupa :

- Penghawaan alami (tidak melibatkan mesin)
- Penghawaan buatan (melibatkan mesin pengkondisi udara yang akan menurunkan suhu dan kelembaban)
- Penghawaan semi-buatan (ventilasi alami yang dibantu oleh kipas angin untuk menggerakkan udara tetapi tidak melibatkan alat penurun suhu udara ruang)

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 829/Menkes/SK/VII/1999, ketentuan persyaratan kualitas udara untuk kesehatan rumah tinggal adalah sebagai berikut :

- Suhu udara nyaman, antara 18 – 30 oC

- Kelembaban udara, antara 40 – 70 %
- Gas SO₂ kurang dari 0,10 ppm per 24 jam
- Pertukaran udara 5 kali 3 per menit untuk setiap penghuni;
- Gas CO kurang dari 100 ppm per 8 jam;
- Gas formaldehid kurang dari 120 mg per meter kubik.

Persyaratan Umum Ventilasi

- Setiap bangunan gedung harus mempunyai ventilasi alami dan/atau ventilasi mekanik/buatan sesuai dengan fungsinya.
- Bangunan gedung tempat tinggal, bangunan gedung pelayanan kesehatan khususnya ruang perawatan, bangunan gedung pendidikan khususnya ruang kelas, dan bangunan pelayanan umum lainnya harus mempunyai bukaan permanen, kisi-kisi pada pintu dan jendela dan/atau bukaan permanen yang dapat dibuka untuk kepentingan ventilasi alami.
- Jika ventilasi alami tidak mungkin dilaksanakan, maka diperlukan ventilasi mekanis seperti pada bangunan fasilitas tertentu yang memerlukan perlindungan dari udara luar dan pencemaran.
- Persyaratan teknis sistem ventilasi, kebutuhan ventilasi, harus mengikuti:
 - SNI 03-6390-2000 Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung;
 - SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
 - Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi;
 - Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi mekanis.
 - Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

6. PENCAHAYAAN BANGUNAN

Pencahayaan alami yang digunakan dalam bangunan biasanya memanfaatkan cahaya bola langit, bukan cahaya matahari langsung karena cahaya matahari langsung biasanya membawa panas dan bersifat menyilaukan yang mengakibatkan mata penat. Berdasarkan hal tersebut, maka Satwiko (2009) menjelaskan bahwa dalam sistem pencahayaan alami, seorang arsitek perlu mempertimbangkan:

- Pembayangan, untuk menjaga agar sinar matahari langsung tidak masuk ke dalam ruangan melalui bukaan, yang dapat dilakukan melalui penggunaan tritisan dan tirai.
- Pengaturan letak dan dimensi bukaan untuk mengatur agar cahaya bola langit dapat dimanfaatkan dengan baik, seperti bukaan sebaiknya menghadap utara atau ke selatan untuk memperkecil kemungkinan sinar matahari langsung masuk ke dalam ruangan.

- Pemilihan warna dan tekstur permukaan dalam dan luar ruangan untuk memperoleh pemantulan yang baik (efisiensi pemerataan cahaya) tanpa menyilaukan.

Dalam mendesain pencahayaan sebuah bangunan, di samping menggunakan pencahayaan alami, seorang perancang juga dimungkinkan untuk menggunakan pencahayaan buatan jika pencahayaan alami tidak dapat sepenuhnya memenuhi kebutuhan keraktivitas pengguna bangunan. Menurut Satwiko (2009), pencahayaan buatan diperlukan jika:

- Tidak tersedianya cahaya alami pada siang hari saat antara matahari terbenam dan terbit.
- Tidak tersedianya cahaya matahari alami yang cukup, seperti saat mendung tebal yang mengakibatkan intensitas cahaya bola langit berkurang.
- Cahaya alami dari matahari tidak dapat menjangkau tempat tertentu di dalam ruangan yang jauh dari jendela.
- Diperlukannya cahaya yang merata pada ruang lebar (cahaya alami dari jendela tidak dapat menjangkau bagian tengah ruangan).
- Dibutuhkannya intensitas cahaya yang konstan atau diperlukannya efek khusus pada ruangan.

6.1.Persyaratan Umum Sistem Pencahayaan

- Setiap bangunan gedung untuk memenuhi persyaratan sistem pencahayaan harus mempunyai pencahayaan alami dan/atau pencahayaan buatan, termasuk pencahayaan darurat sesuai dengan fungsinya.
- Bangunan gedung tempat tinggal, pelayanan kesehatan, pendidikan, dan bangunan pelayanan umum harus mempunyai bukaan untuk pencahayaan alami.
- Pencahayaan alami harus optimal, disesuaikan dengan fungsi bangunan gedung dan fungsi masing-masing ruang di dalam bangunan gedung.
- Pencahayaan buatan harus direncanakan berdasarkan tingkat iluminasi yang dipersyaratkan sesuai fungsi ruang-dalam bangunan gedung dengan mempertimbangkan efisiensi, penghematan energi yang digunakan, dan penempatannya tidak menimbulkan efek silau atau pantulan.
- Pencahayaan buatan yang digunakan untuk pencahayaan darurat harus dipasang pada bangunan gedung dengan fungsi tertentu, serta dapat bekerja secara otomatis dan mempunyai tingkat pencahayaan yang cukup untuk evakuasi yang aman.
- Semua sistem pencahayaan buatan, kecuali yang diperlukan untuk pencahayaan darurat, harus dilengkapi dengan pengendali manual, dan/atau otomatis, serta ditempatkan pada tempat yang mudah dicapai/dibaca oleh pengguna ruang.
- Pencahayaan alami dan buatan diterapkan pada ruangan baik di dalam bangunan maupun di luar bangunan gedung.
- Persyaratan pencahayaan harus mengikuti:

- SNI 03-6197-2000 Konservasi energi sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
- SNI 03-2396-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
- SNI 03-6575-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru.
- Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

6.2. Pencahayaan Alami

Prinsip-prinsip pencahayaan alami menurut SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung adalah sebagai berikut:

6.3. Pencahayaan Alami Siang Hari yang Baik

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila

- pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.
- distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu

6.4. Tingkat Pencahayaan Alami dalam Ruang

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

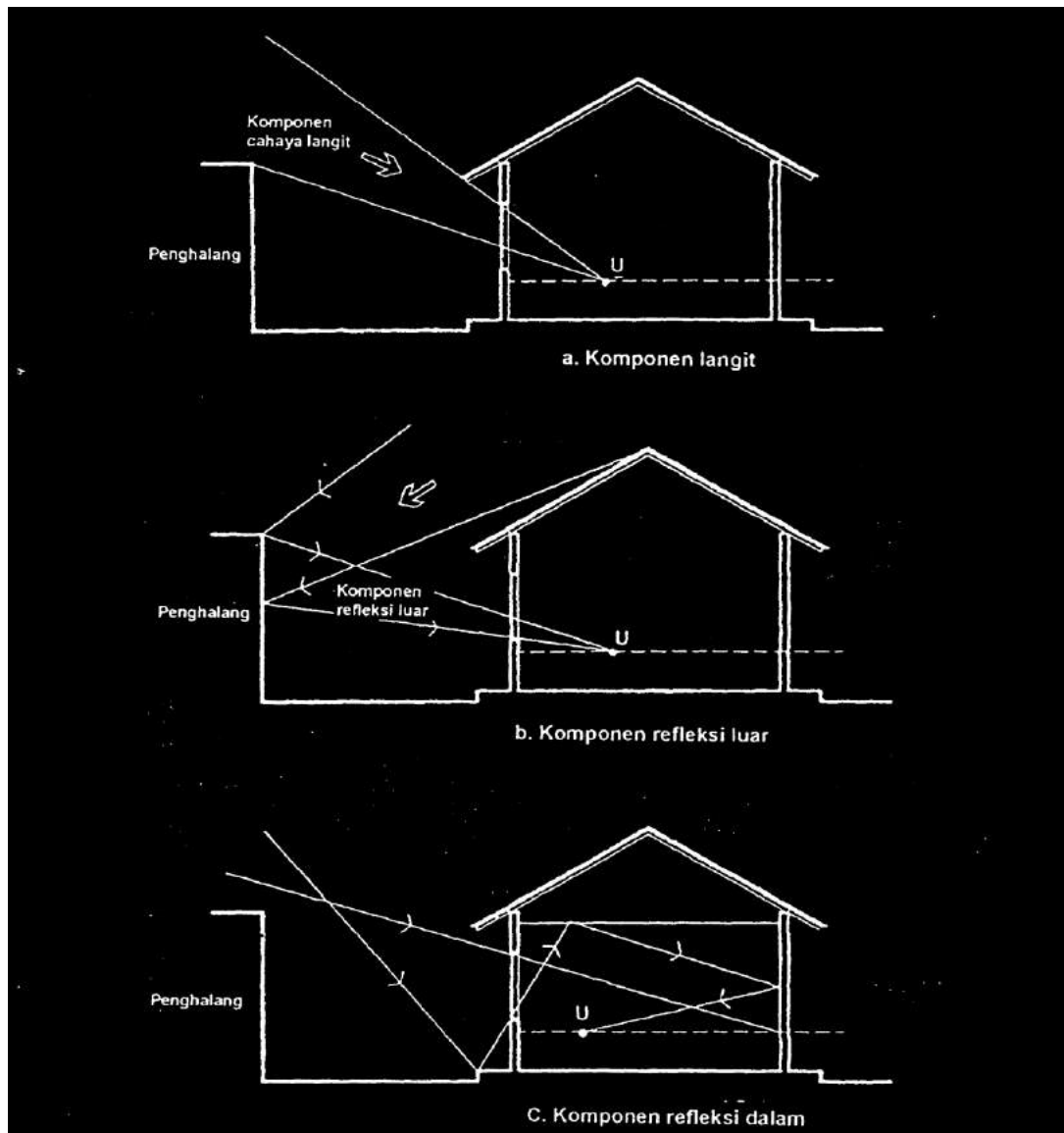
- a) hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya.
- b) ukuran dan posisi lubang cahaya.
- c) distribusi terang langit.
- d) bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

6.5. Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari

Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut :

- a) Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :
 - Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.

- Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
- Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (lihat gambar 1).



Gambar 1. Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja.

b) Persamaan-persamaan untuk menentukan faktor pencahayaan alami

Faktor pencahayaan alami siang hari ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut ini

$$1) \quad f_l = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + (H/D)^2}} \arctan \frac{L}{\sqrt{1 + (H/D)^2}} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

L = lebar lubang cahaya efektif.

H = tinggi lubang cahaya efektif.

D = jarak titik ukur ke lubang cahaya

$$2) \quad f_{rl} = (f_l)_p \times L_{rata-rata} \dots\dots\dots (2).$$

$$3) \quad f_{rd} = \frac{\tau_{kaca}}{A \cdot (1 - R)} \times (C \cdot R_{fw} + 5 \cdot R_{cw}) \dots\dots\dots (3).$$

Keterangan :

(f_l)_p = faktor langit jika tidak ada penghalang.

L rata-rata = perbandingan antara luminansi penghalang dengan luminansi rata-rata langit.

T kaca = faktor transmisi cahaya dad kaca penutup lubang cahaya, besarnya tergantung pada jenis kaca yang nilainya dapat diperoleh dad katalog yang dikeluarkan oleh produsen kaca tersebut.

A = luas seluruh permukaan dalam ruangan

R = faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan

W = luas lubang cahaya.

R_{cw} = faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

C = konstanta yang besarnya tergantung dad sudut penghalang.

R_{fw} = faktor refleksi rata-rata lantai dan dinding bagian bawah dimulai dad bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

6.6.Langit Perancangan

Dalam ketentuan ini sebagai terang langit diambil kekuatan terangnya langit yang dinyatakan dalam lux. Karena keadaan langit menunjukkan variabilitas yang besar, maka syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh keadaan langit untuk dipilih dan ditetapkan sebagai Langit Perancangan adalah :

- o bahwa langit yang demikian sering dijumpai.
- o memberikan tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka, dengan nilai dekat minimum, sedemikian rendahnya hingga frekuensi kegagalan untuk mencapai nilai tingkat pencahayaan ini cukup rendah.

- o nilai tingkat pencahayaan tersebut dalam butir kedua pasal ini tidak boleh terlampaui rendah sehingga persyaratan tekno konstruktif menjadi terlampaui tinggi.

Sebagai Langit Perancangan ditetapkan : 1) langit biru tanpa awan atau 2) langit yang seluruhnya tertutup awan abu-abu putih.

Langit Perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya (*uniform luminance distribution*).

6.7.Faktor Langit

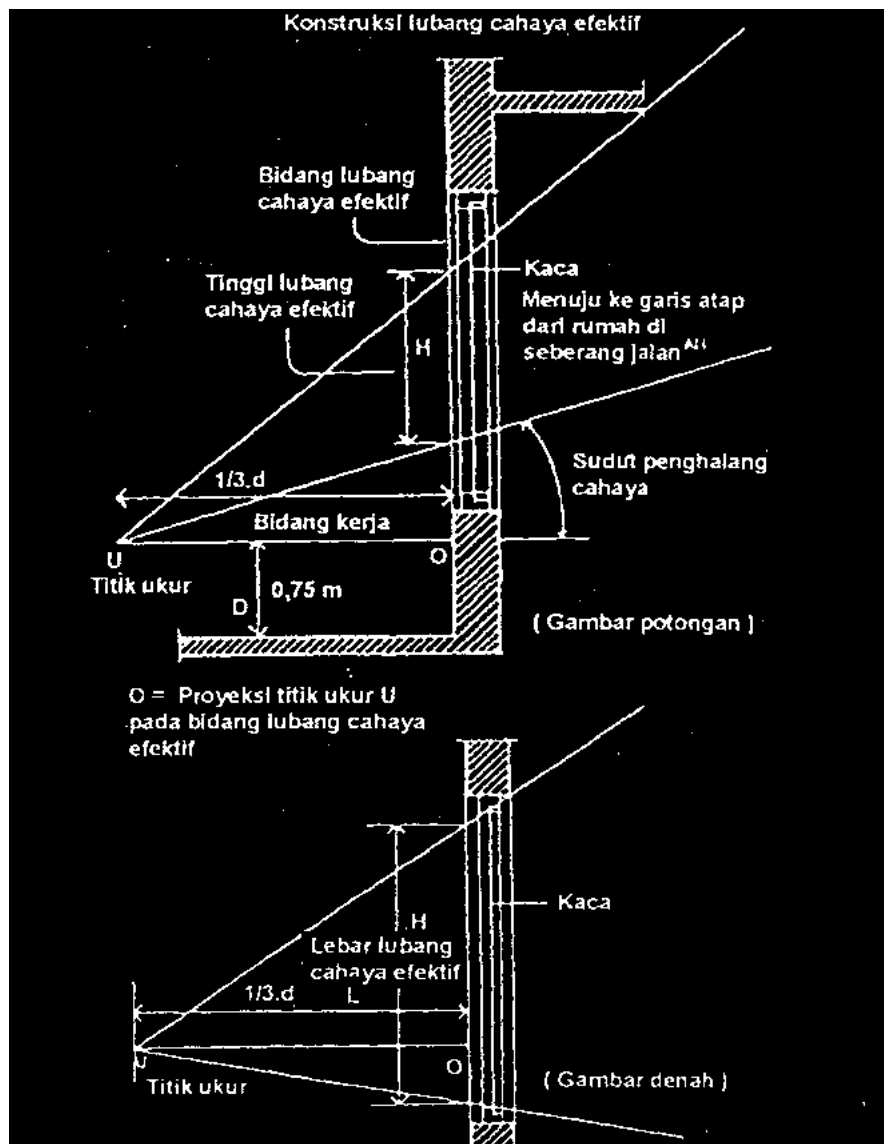
Faktor langit (fl) suatu titik pada suatu bidang di dalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat pencahayaan langsung dari langit di titik tersebut dengan tingkat pencahayaan oleh Terang Langit pada bidang datar di lapangan terbuka. Pengukuran kedua tingkat pencahayaan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai-berikut:

- o Dilakukan pada saat yang sama.
- o Keadaan langit adalah keadaan Langit Perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- o Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Suatu titik pada suatu bidang tidak hanya menerima cahaya langsung dari langit tetapi juga cahaya langit yang direfleksikan oleh permukaan di luar dan di dalam ruangan. Perbandingan antara tingkat pencahayaan yang berasal dari cahaya langit baik yang langsung maupun karena refleksi, terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka disebut faktor pencahayaan alami siang hari. Dengan demikian faktor langit adalah selalu lebih kecil dari faktor pencahayaan alami siang hari. Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena fl merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur.

6.8.Titik Ukur

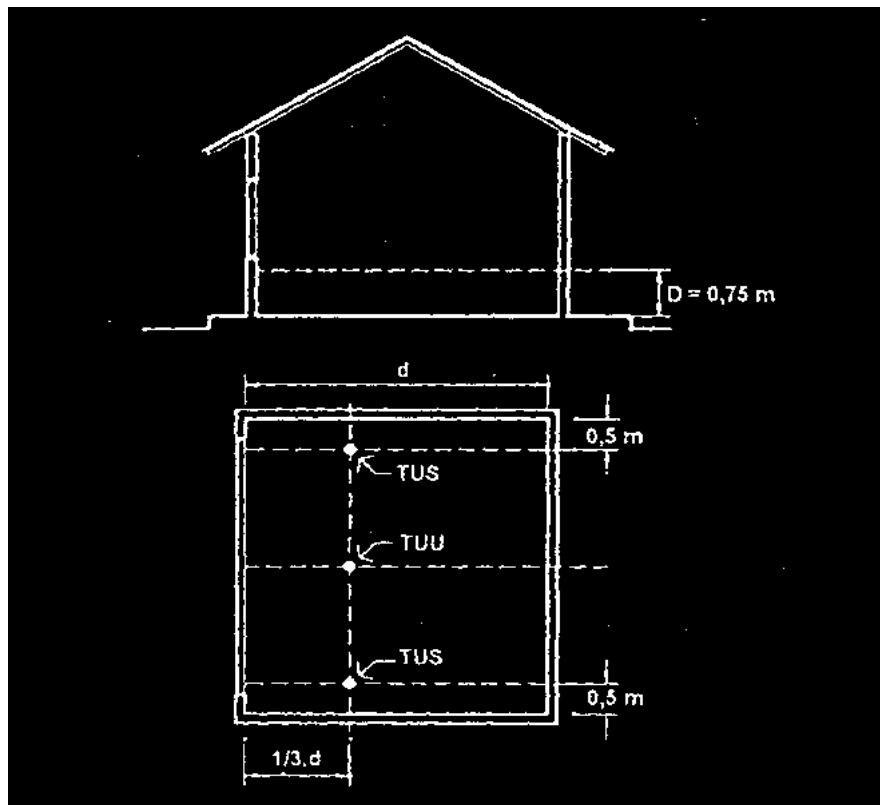
Titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja (lihat gambar 2).



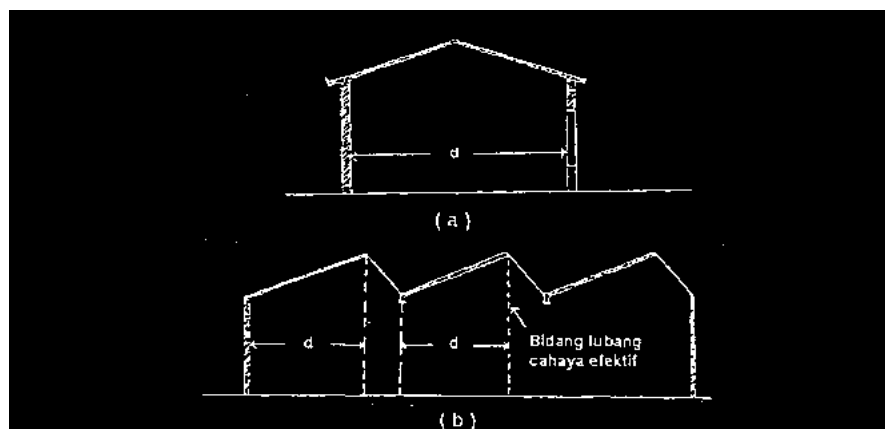
Gambar 2. Tinggi dan Lebar cahaya efektif

Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan pencahayaan yang cukup memuaskan maka Faktor Langit (fl) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangnya. Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur:

- 1) titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak $\frac{1}{3}d$ dari bidang lubang cahaya efektif,
- 2) titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak $\frac{1}{3}d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu (lihat gambar 3a dan 3b).



Gambar 3a. Penjelasan mengenai jarak d

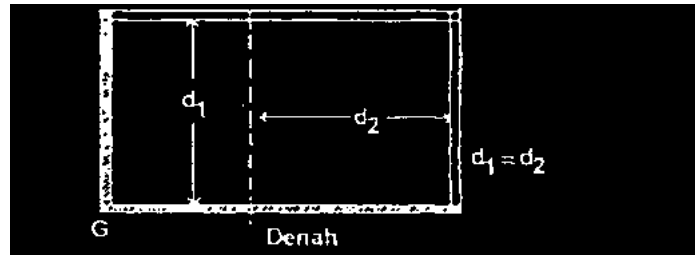


Gambar 3b. Penjelasan mengenai jarak d

Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak di tengah antara kedua dinding samping tadi, atau diambil jarak rata-ratanya. Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang dari pada 6 meter, maka ketentuan jarak $1/3.d$ diganti dengan jarak minimum 2 meter.

6.9.Lubang Cahaya Efektif

Bila suatu ruangan mendapatkan pencahayaan dari langit melalui lubang-lubang cahaya di beberapa dinding, maka masing-masing dinding ini mempunyai bidang lubang cahaya efektifnya sendiri-sendiri lihat gambar 4).



Gambar 4. Penjelasan mengenai jarak d

Umumnya lubang cahaya efektif dapat berbentuk dan berukuran lain daripada lubang cahaya itu sendiri. Hal ini, antara lain dapat disebabkan oleh

- Penghalangan cahaya oleh bangunan lain dan atau oleh pohon.
- Bagian-bagian dari bangunan itu sendiri yang karena menonjol menyempitkan pandangan ke luar, seperti balkon, konstruksi "sunbreakers" dan sebagainya.
- Pembatasan-pembatasan oleh letak bidang kerja terhadap bidang lubang cahaya .
- Bagian dari jendela yang dibuat dari bahan yang tidak tembus cahaya.

6.10. Kualitas Pencahayaan

Kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan, ditentukan oleh :

- Penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan itu.
- Lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memedukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.

Klasifikasi kualitas pencahayaan adalah sebagai berikut

- Kualitas A: keda halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- Kualitas B: keda halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- Kualitas C: keda sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- Kualitas D: kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada guclang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

6.11. Persyaratan dan Penetapan Faktor Langit Dalam Ruangan

Persyaratan faktor langit dibagi berdasarkan kondisi bukaan-bukaan dalam ruangan. Kondisi-kondisi yang harus diperhatikan sebagai berikut:

[1] Ruangan berdasarkan klasifikasi kualitas pencahayaan, nilai faktor langit (f_l) untuk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum (f_{lmin}) yang tertera pada Tabel 1, 2 dan 3, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.
- nilai f_{lmin} dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam BANGUNAN UMUM untuk TUUnya, adalah seperti tertera pada tabel 1; dimana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif ke dinding di seberangnya, dinyatakan dalam meter. Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dari f_{lmin} untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10 d .

Tabel 1. Nilai Faktor Langit untuk Bangunan Umum

Klasifikasi pencahayaan	f_{lmin} TUU
A	0,45.d
B	0,35.d
C	0.25.d
D	0.15.d

Tabel 2. Nilai Faktor Langit Untuk Bangunan Sekolah

Jenis Ruangan	f_{lmin} TUU	f_{lmin} TUS
Ruang kelas biasa	0,35.d	0,20.d
Ruang kelas khusus	0,45.d	0,20.d
Laboratorium	0,35.d	0,20.d
Bengkel kayu/besi	0,25.d	0,20.d
Ruang olahraga	0,25.d	0,20.d
Kantor	0,35.d	0,15.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- nilai dari f_{lmin} dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan sekolah adalah seperti pada tabel 2; Untuk ruangan-ruangan kelas biasa, kelas khusus dan laboratorium dimana dipergunakan papan tulis sebagai alat penjelasan, maka f_{lmin} pada tempat $\frac{1}{3}d$ di papan tulis pada tinggi 1,20 m , ditetapkan sama dengan $f_{lmin} = 50\%$ TUU.
- nilai dari f_{lmin} dalam prosentase untuk ruangan-ruangan dalam bangunan tempat tinggal seperti pada tabel 3;

Tabel 3. Nilai Faktor Langit Untuk Bangunan Tempat Tinggal

Jenis Ruangan	f_{lmin} TUU	f_{lmin} TUS
---------------	----------------	----------------

Ruang tinggal	0,35.d	0,16.d
Ruang keda	0,35.d	0,16.d
Kamar tidur	0,18.d	0,05.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- o untuk ruangan-ruangan lain yang tidak khusus disebut dalam tabel ini dapat diperlakukan ketentuan-ketentuan dalam tabel 1.

[2] Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di satu dinding dengan nilai fl diperlakukan sebagai berikut:

- o dari setiap ruangan yang menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di satu dinding saja, harus diteliti fl dari satu TUU dan dua TUS
- o jarak antara dua titik ukur tidak boleh lebih dari 3 m. misalnya untuk suatu ruangan yang panjangnya lebih dari 7 m, harus diperiksa (fl) lebih dari tiga titik ukur (jumlah TUU ditambah).

[3] Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang berhadapan. Nilai faktor langit (fl) untuk ruangan semacam ini harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

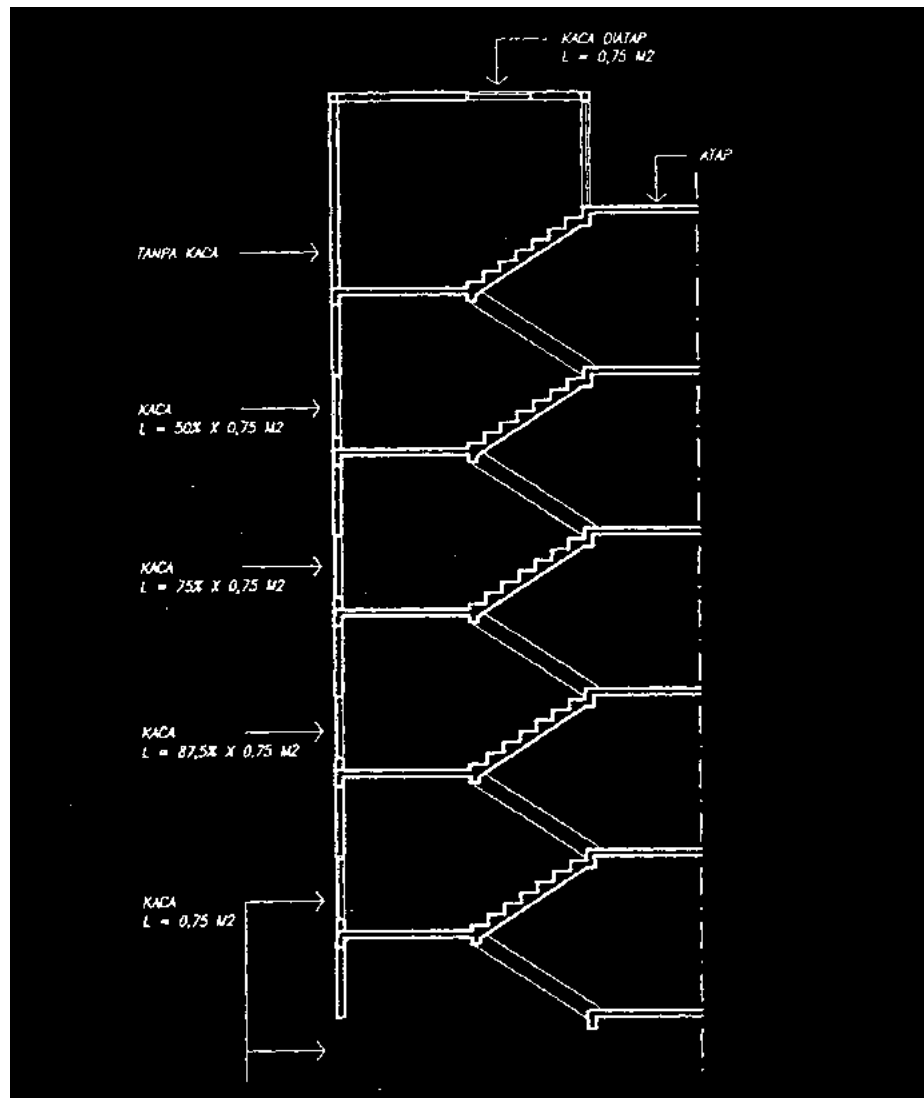
- o bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang berhadapan (sejajar), maka setiap bidang lubang cahaya efektif mempunyai kelompok titik ukurnya sendiri.
- o untuk kelompok titik ukur yang pertama, yaitu dari bidang lubang cahaya efektif yang paling penting, berlaku ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
- o untuk kelompok titik ukur yang kedua ditetapkan syarat minimum sebesar 30% dari yang tercantum pada ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
- o dalam hal ini (fl) untuk setiap titik ukur adalah jumlah faktor langit yang diperolehnya dari lubang-lubang cahaya di kedua dinding.
- o ketentuan untuk kelompok titik ukur yang kedua ini seperti yang termaksud dalam ayat 3, tidak berlaku apabila jarak antara kedua bidang lubang cahaya efektif kurang dari 6 meter.
- o bila jarak tersebut dalam butir 5) adalah lebih dari 4 meter dan kurang dari 9 meter dianggap telah dipenuhi apabila luas total lubang cahaya efektif kedua ini sekurang-kurangnya 40% dari luas lubang cahaya efektif pertama. Dalam hal yang belakangan ini, luas lubang cahaya efektif kedua adalah bagian dari bidang lubang cahaya yang letaknya di antara tinggi 1 meter dan tinggi 3 meter.

- [4] Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang saling memotong, nilai faktor langit ditentukan dengan memperhitungkan:
- bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang saling memotong kurang lebih tegak lurus, maka untuk dinding kedua, yang tidak begitu penting, hanya diperhitungkan satu Titik Ukur Utama tambahan saja.
 - syarat untuk titik ukur yang dimaksud dalam butir 1) pasal ini adalah 50% dari yang berfaku untuk titik ukur utama bidang lubang cahaya efektif yang pertama.
 - jarak titik ukur utama tambahan ini sampai pada bidang lubang cahaya efektif kedua diambil Y , d , dimana d adalah ukuran dalam menurut bidang lubang cahaya efektif pertama (lihat gambar 3)
- [5] Ruangan dengan lebih dari satu jenis penggunaan harus diberlakukan syarat-syarat yang terberat dari kedua jenis keperluan tersebut.
- [6] Penerimaan cahaya pada koridor atau gang dalam bangunan rumah tinggal harus dapat menerima cahaya melalui luas kaca sekurang-kurangnya 0.10m^2 dengan ketentuan, bahwa untuk:
- Luas kaca dinding luar atau atap diperhitungkan 100%.
 - Luas kaca dinding dalam, yang dapat merupakan batas dengan kamar tidur, kamar tinggal, kamar keda dan sebagainya, diperhitungkan 30%.
 - Luas kaca ruangan lainnya, seperti gudang, kamar mandi, dan sebagainya, diperhitungkan 0%.
- [7] Penerimaan cahaya siang hari pada koridor atau gang/lorong dalam bangunan harus sekurang-kurangnya dapat menerima cahaya siang hari melalui luas kaca minimal 0.30m^2 . Untuk setiap 5 meter panjang gang atau lorong, dengan ketentuan bahwa untuk:
- Luas kaca dinding luar atau atap, diperhitungkan 100%
 - Luas kaca dinding dalam yang merupakan batas dengan ruangan dengan kualitas pencahayaan A dan B, diperhitungkan 20%
 - Luas kaca untuk perbatasan dengan ruangan dengan pencahayaan kualitas C, diperhitungkan 10%
 - Luas kaca ruangan lainnya, diperhitungkan 0%
- [8] Penerimaan cahaya siang hari pada ruang tangga umum. Ruang tangga umum ini harus dapat menerima cahaya siang hari melalui luas kaca sekurang-kurangnya 0.75m^2 (lihat gambar 5). Untuk setiap setengah tinggi lantai dengan ketentuan:

- Lubang cahaya dinding luar, diperhitungkan 100%
- Apabila terdapat kaca di atap maka cahaya di:
 - Tingkat yang paling atas : 100%
 - Tingkat pertama di bawahnya : 50%
 - Tingkat kedua di bawahnya : 25%
 - Tingkat ketiga di bawahnya : 12.5%
 - Tingkat di bawah selanjutnya : 0%

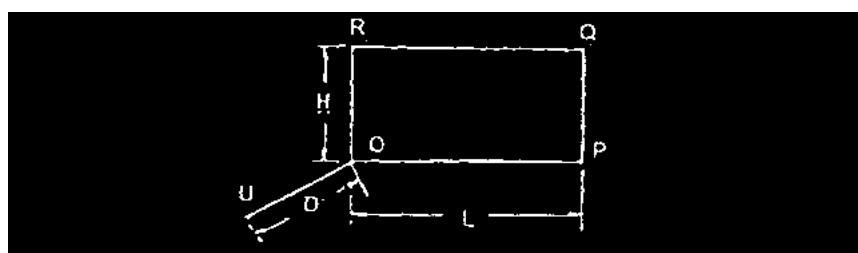
[9] Sudut penghalang cahaya. Sudut penghalang cahaya hendaknya tidak melebihi 600 ditinjau dari sudut tata letak bangunan-bangunan sesuai dengan perencanaan tata ruang kota, bila hal tersebut tidak dapat dipenuhi, maka pencahayaan tambahan yang diperlukan diperoleh dari pencahayaan buatan.

[10] Faktor langit dalam ruangan yang menerima pencahayaan tidak langsung. Untuk lubang cahaya efektif dari suatu ruangan yang menerima cahaya siang hari tidak langsung dari langit akan tetapi melalui kaca atau lubang cahaya dari ruangan lain, misalnya lewat teras yang beratap, maka fl dari titik ukur dalam ruangan ini dihitung melalui ketentuan-ketentuan dalam persyaratan teknis ini, hanya boleh diambil maksimal 10% dari faktor langit dalam keadaan dimana titik ukur langsung menghadap langit.



Gambar 5. Potongan Ruang Tangga

Penetapan Nilai Faktor Langit, didasarkan atas keadaan langit yang terangnya merata atau kriteria Langit Perancangan untuk Indonesia yang memberikan kekuatan pencahayaan pada titik dibidang atar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Perhitungan besarnya faktor langit untuk titik ukur pada bidang kerja di dalam ruangan dilakukan dengan menggunakan metoda analitis di mana nilai f_l dinyatakan sebagai fungsi dari H/D dan UD . Posisi titik ukur U , yang jauhnya D dari lubang cahaya efektif berbentuk persegi panjang $OPQR$ (tinggi H dan lebar L) sebagaimana dilukiskan di bawah ini:



Ukuran H dihitung dari 0 ke atas,

Ukuran L dihitung dari 0 ke kanan, atau dari P ke kiri sama saja.

H : tinggi lubang cahaya efektif

L : lebar lubang cahaya efektif

D : jarak titik ukur ke bidang lubang cahaya efektif.

Tabel 4. Faktor Langit sebagai fungsi H/D dan L?D

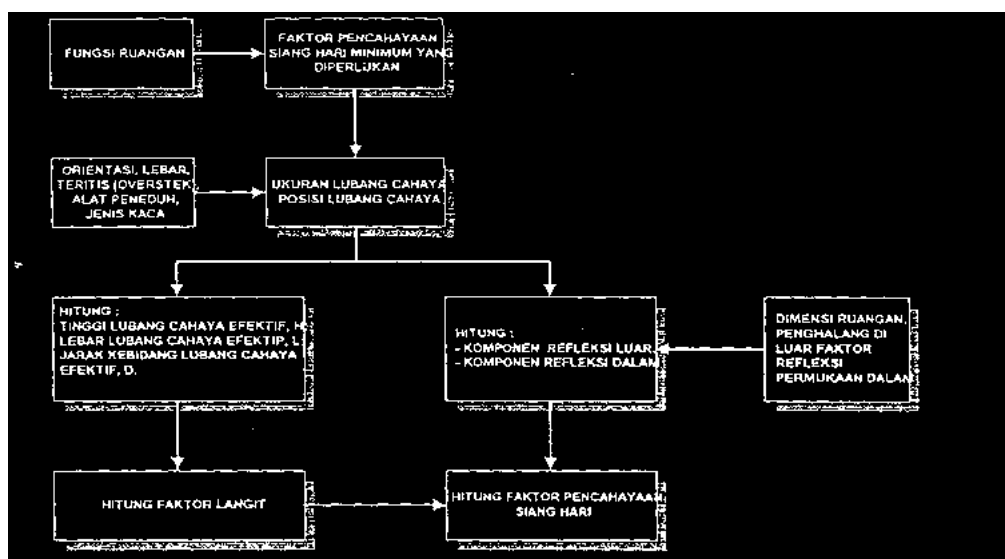
L/D	0.1	0,2	0,3	0.4	0,5	0.6	0,7	0,8	0,9	1.0
H/D										
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0.1
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0.4
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86
0,4	0,22	0.43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02	2,11
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69	2,83
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38	3,55
0.8	0,62	1122	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05	4,26
0.9	0,71	1,40	2,04	2,64	3.17	3,63	4,04	4.39	4,69	4,94
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29	5,57
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58	8,03
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94	9,51
2,5	1,37.	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76	10,40
3	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27	10,96
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60	11,33
4,0	1,49	2,96	4,36	4,36	6.91	8,04	9,07	10,00	10,83	11.58
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00	11,76
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12	11,90
6,0	1154	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

L/D	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5.0	6.0
H/D										
0,1	0,11	0,11	0.12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,2	0,45	0,45	0.47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
0,3	0,97	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04	1.05	1,05	1,05	1,05
0,4	1,63	1,63	1.71	1.74	1,76	1,77	1,78	1,78	1,78	1,78
0,5	2,40	2,40	2,52	2,57	2,60	2,61	2,63	2,63	2,63	2,63

0,6	3,22	3,22	3,39	3,46	3,50	3,52	3,54	3,54	3,54	3,55
0,7	4,07	4,07	4,129	4,39	4,4	4,47	4,48	4,50	4,50	4,51
0,8	4,90	4,90	5,118	5,31	5,37	5,41	5,43	5,45	5,45	5,46
0,9	5,71	5,71	6,04	6,04	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,40
1,0	6,47	6,47	6,87	7,06	7,16	7,22	7,25	7,28	7,28	7,30
1,5	9,52	9,52	10,23	10,59	10,79	10,90	10,97	11,05	11,05	11,08
2,0	11,44	11,44	12,43	12,96	13,26	13,44	13,55	13,62	13,67	13,73
2,5	12,64	12,64	13,85	14,52	14,92	15,16	15,32	15,42	15,49	15,58
3	13,41	13,41	14,78	15,58	16,06	16,36	16,56	16,7	16,79	16,91
3,5	13,93	13,93	15,42	16,31	16,87	17,22	17,46	17,64	17,74	17,89
4,0	14,30	14,30	15,88	16,84-	17,45	17,85	18,13	18,32	18,46	18,63
4,5	14,56	14,56	16,21	17,23	17,89	18,3	18,63	18,85	19,01	19,21
5,0	14,75	14,75	16,45	17,52	18,22	18,69	19,03	19,26	19,44	19,67
6,0	15,01	15,01	16,79	17,92	18,68	19,20	19,58	19,85	20,06	20,33

6.12. Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari

[1] Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari dilaksanakan dengan mengikuti bagan di bawah ini:



Gambar 6. Prosedur perancangan sistem pencahayaan alami siang hari.

[2] Untuk memperoleh kualitas pencahayaan yang diinginkan maka di dalam perancangan perlu diperhatikan hal-hal yang mempengaruhi kualitas pencahayaan tersebut. Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam ruangan ditentukan oleh:

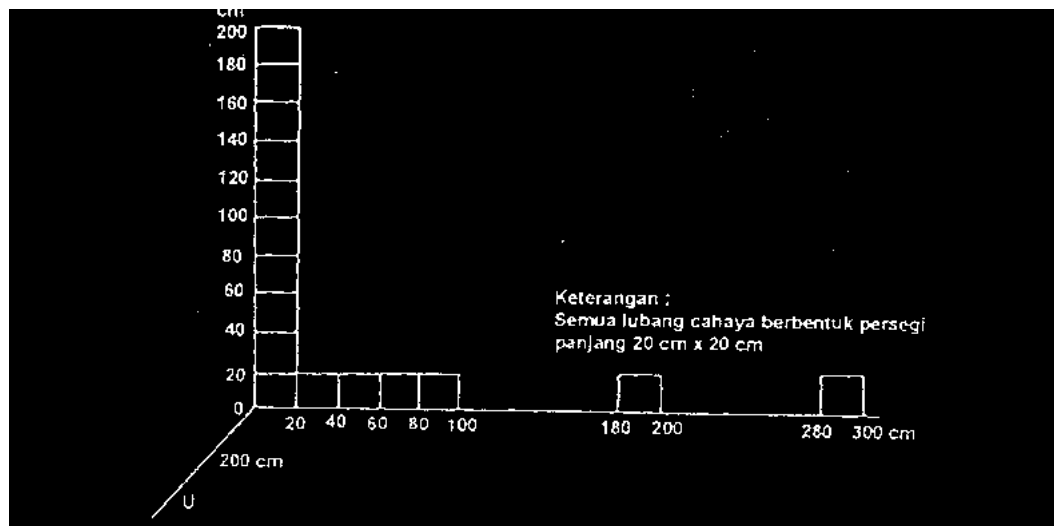
- Perbandingan luas lubang cahaya dan luas lantai
- Bentuk dan letak lubang cahaya
- Faktor refleksi cahaya dari permukaan di dalam ruangan

- [3] Kedudukan lubang cahaya terhadap bagian lain dari bangunan dan keadaan lingkungan sekitarnya yang dapat merupakan penghalang bagi masuknya cahaya ke dalam ruangan.
- [4] Letak dan Bentuk Lubang Cahaya. Letak atau posisi lubang cahaya berpengaruh terhadap nilai faktor langit serta distribusi cahaya ke dalam ruang sebagai berikut:
- o lubang cahaya yang sama besarnya, mempunyai nilai f_l yang lebih besar untuk kedudukan yang lebih tinggi. Hingga suatu ketinggian tertentu nilai f_l akan menurun lagi. (lihat tabel 5).
 - o dalam tabel berikut ini telah dihitung nilai faktor langit untuk titik ukur yang terletak 2m dari bidang lubang cahaya efektif. Titik ukur tersebut memperoleh pencahayaan dari lubang cahaya efektif yang berbentuk bujur sangkar dengan sisi 20 cm dengan letak tinggi yang berbeda-beda.

Tabel 5. Hubungan antara tinggi tempat lubang cahaya dengan nilai faktor langit relatif

Tinggi tempat lubang cahaya (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0-20	1
20-40	2
40-60	3,5
60-80	4
80-100	5
100-120	5
120-140	5
140-160	5
160-180	4,5
180-200	4

Salah satu sisi dad lubang cahaya efektif berimpit dengan gads potong bidang vertikal yang melalui titik ukur Proyeksi titik ukur pada bidang lubang cahaya. efektif disebut titik 0 (lihat gambar 7). Nilai faktor langit diambil terhadap tempat yang terendah.



Gambar 7. Pengaruh kedudukan lubang cahaya atas besarnya faktor langit.

- o lubang cahaya efektif yang sama besarnya apabila kedudukannya lebih ke samping dari bidang vertikal yang lewat titik ukur dan tegak lurus pada bidang lubang cahaya efektif, akan memberikan nilai faktor langit pada titik ukur yang lebih kecil. Faktor langit dengan sisi 20 cm dan garis bawahnya berimpitan dengan ketinggian bidang kerja (titik ukur), diambil sebagai dasar satuan.

Tabel 6. Hubungan antara jarak kesamping dengan Nilai Faktor Langit Relatif

Jarak kesamping (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0-20	1
20-40	0,5
40-60	1
60-80	0,5
80-100	0,5
180-200	0
280-300	0

- o nilai faktor langit untuk lubang cahaya efektif yang letaknya sentral dan tinggi terhadap titik ukur lebih efektif dibandingkan lubang cahaya yang letaknya ke samping dan rendah.
- o bagian-bagian dari lubang cahaya efektif yang letaknya tinggi akan lebih efektif dalam distribusi cahaya ke bagian-bagian dari ruangan yang letaknya lebih dalam dari pada ke samping.

Bentuk lubang cahaya memberikan pengaruh terhadap distribusi cahaya sebagai berikut :

- o lubang cahaya yang melebar akan berguna untuk mendistribusikan cahaya lebih merata dalam arah lebar ruangan.

- o lubang cahaya efektif yang ukuran tingginya lebih besar dari ukuran lebarnya . memberikan penetrasi ke dalam yang lebih baik.

Penghalang cahaya

- o Unsur unsur dad jendela (kusen, palang palang dan lainnya) yang terbuat dari bahan yang tidak tembus cahaya akan merubah luas ukuran lubang cahaya efektif.
- o Pengurangan ukuran lubang cahaya efektif tidak hanya disebabkan unsur-unsur yang tedetak pada bidang lubang cahaya efektif atau bidang yang sejajar, tetapi juga oleh bidang yang tegak lurus pada bidang ini.
- o Perhitungan faktor langit suatu titik ukur tertentu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
- o Pertama menetapkan ukuran utama lubang cahaya efektif, sehingga H/D dan
 - L/D dapat ditetapkan.
 - Kemudian dihitung berapa prosen bagian-bagian yang dilihat dari titik ukur itu yang tidak tembus cahaya.
 - Faktor langit yang dapat dikalikan dengan $(100 - a)\%$ dimana a adalah bagian yang tidak tembus cahaya. Harga tersebut merupakan harga faktor langit yang telah dikoreksi untuk bagian-bagian yang ticlak tembus cahaya

Penghalang cahaya lainnya yang berupa bagian dari bangunan itu sendiri seperti:

- o tebal dinding atau bagian bangunan yang menonjol.
- o bagian atas lubang cahaya efektif yang dibatasi oleh teritisan dan lain-lain.

Bangunan lain yang berada di hadapan lubang cahaya umumnya akan membatasi bagian bawah dari lubang cahaya efektif. Apabila pada saat perancangan bangunan belum ada bangunan lain di sekitarnya, sedangkan dalam rencana kota akan dibangun bangunan lain maka hal ini harus dipertimbangkan pada saat perancangan bangunan.

Tanaman clapat merupakan penghalang cahaya karena hal ini sukar sekali untuk diperkirakan maka pengaruhnya sering tidak diperhitungkan. Untuk memperhitungkan hal ini dianjurkan dalam perancangan diambil nilai faktor langit 10% sampai 20% lebih tinggi dari persyaratan yang diberikan. Juga dianjurkan pohon-pohon yang tinggi dan rindang jangan ditanam terlampau dekat pada bangunan.

Distribusi cahaya dalam ruangan. Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam suatu ruangan dapat dikatakan baik apabila :

- o tingkat pencahayaan yang minimal dibutuhkan selalu dapat dicapai atau dilampaui tidak hanya pada daerah-daerah di dekat jendela atau lubang cahaya tetapi untuk ruangan secara keseluruhan.

- o tidak terjadi kontras antara bagian yang terang dan gelap yang terlalu tinggi (40:1) sehingga dapat mengganggu penglihatan

Untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami siang hari di dalam ruangan perlu diperhatikan petunjuk-petunjuk di bawah ini :

- o Apabila kondisi bangunan memungkinkan, hendaknya ruangan dapat menerima cahaya lebih dari satu arah. Hal ini akan membantu meratakan distribusi cahaya dan mengurangi kontras yang mungkin terjadi.
- o Untuk memanfaatkan sebaik-baiknya pemasukan cahaya alami ke dalam ruangan, hendaknya permukaan ruangan bagian dalam menggunakan warna yang cerah.
- o Vitrase (gorden transparan) dapat membantu membaurkan cahaya, tetapi juga mengurangi cahaya yang masuk. Pengurangan cahaya dapat mencapai 50% atau lebih tergantung pada bahan yang digunakan.
- o Kasa nyamuk dapat mengurangi banyaknya arus cahaya yang masuk sekurangnya 15%.
- o Penggunaan kaca khusus untuk mengurangi radiasi termal sebaiknya tidak mengurangi cahaya yang masuk.

6.13. Pengujian dan Pemeliharaan

Pengujian pencahayaan alami siang hari dimaksudkan menguji dan atau menilai/ memeriksa kondisi pencahayaan alami siang hari pada bab 4. Pengujian dilakukan dengan mengukur atau memeriksa tingkat pencahayaan dan indeks kesilauan.

Ukur tingkat pencahayaan di Titik Ukur Utama (TUU). Titik Ukur Samping (TUS), Titik di luar ruangan di tempat terbuka dan pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan. Hitung faktor langit di TUU dan TUS. Bandingkan hasil perhitungan pada butir b dengan ketentuan pada bab 4.

Silau terjadi diakibatkan oleh masuknya cahaya matahari langsung atau adanya pantulan dari benda-benda reflektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi sumber cahaya, posisi sumber cahaya terhadap penglihatan pengamat dan adanya kontras pada permukaan bidang kerja.

Nilai Indeks Kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual dibolehkan pada tabel 7. Nilai Indeks Kesilauan dapat dihitung dengan rumus-rumus yang ada pada *CIBSE Publication TM 10. (CIBSE = Chartered Institution of Building Services Engineering)*

Tabel 7. Nilai Indeks Kesilauan Maksimum Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior

Jenis Tugas Visual/ Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus	28	Pefbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
Pengendalian silau dipedukan secara terbatas	25	Gudang, cold stores, Bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, plant Rooms
Tugas visual dan Interior Normal	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan. pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
Pengendalian silau sangat penting	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), lobby, ruangan kantor
Tugas visual sangat teliti - Pengendalian silau tingkat tinggi sangat dipedukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti)

Pada pencahayaan alami siang hari sebagai sumber masuknya cahaya ke dalam ruangan adalah lubang cahaya. Pemeliharaan yang perlu dilakukan adalah menghindarkan adanya penghalang yang dapat mengurangi terang langit yang masuk ke dalam ruangan dan membersihkan kaca-kaca.

6.14. Perhitungan Pencahayaan Alami Siang Hari

Perhitungan faktor langit berdasarkan Tabel 4 hubungan faktor langit sebagai fungsi H/D dan L/D sebagai berikut:

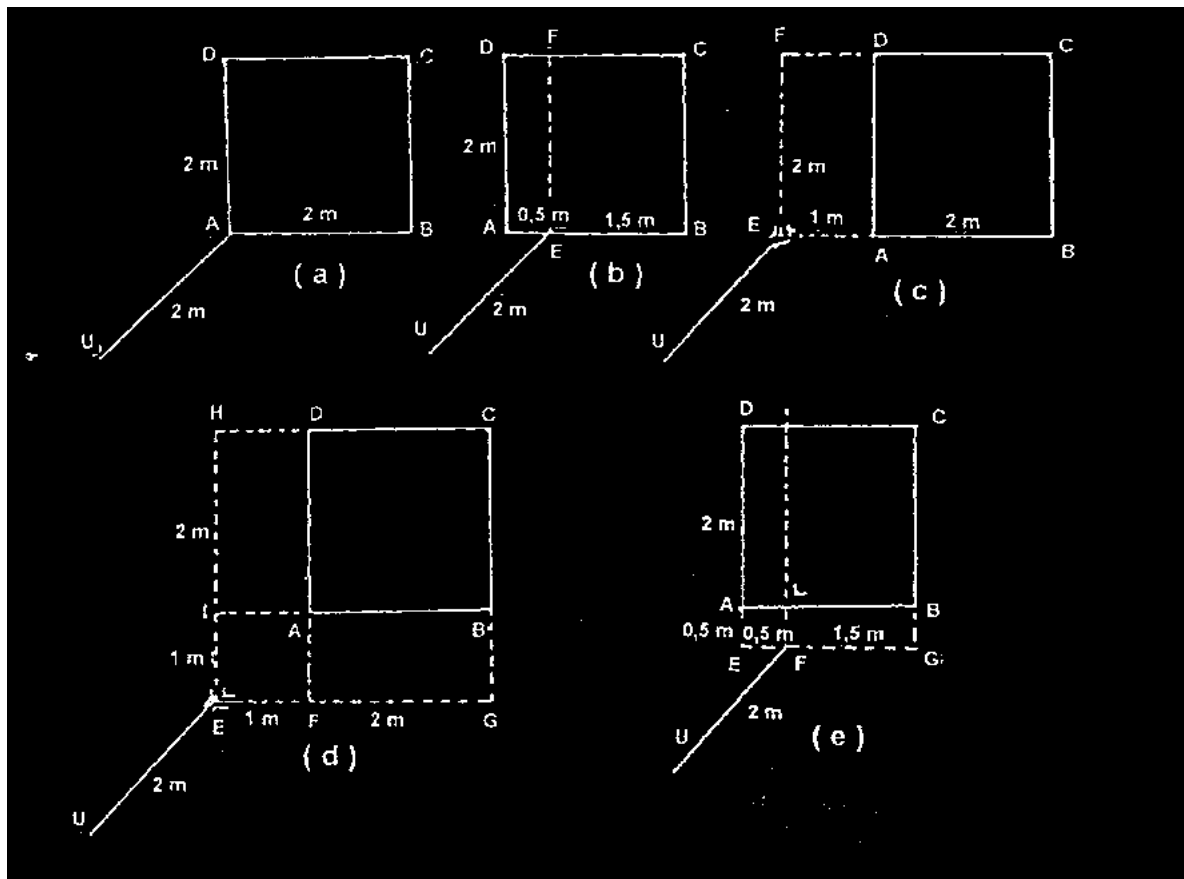
- 1) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m

titik ukur U 2 meter ke dalam, posisi lihat gambar 8 (a)
 didapat : (1) lubang cahaya ABCD,
 $D=2m, H=2m, L=2m$
 (2) $H/D = 1, L/D = 1$
 (3) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah

- 2) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (b)
 didapat : (1) lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-
 AEFD dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,25$
 ABCF dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,75$
 (2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah
 $AEFD = 1,93\%$
 $EBCF = 4,75\%$
 ----- +
 $ABCD = 6,68\%$

Untuk memperoleh angka-angka faktor langit dilakukan interpolasi.

- 3) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (c)
 didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-
 EBCF dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 1,15$ dikurangi
 EADF dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 0,5$
 (2) menurut tabel 4, faktor langit untuk U adalah
 $EBCF = 6,47\%$
 $EADF = 3,56\%$
 ----- +
 $ABCD = 2,91 \%$



Gambar 8. Posisi titik ukur

- 4) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (d)
didapat : (1) Lubang cahaya diar-iggap terdid atas lubang-
EGCH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 1,5$ dikurangi
EFDH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 0,5$ dikurangi
EGBI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 1,5$ ditambah
EFAI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 0,5$
- (2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah
- | | |
|-------|----------|
| EGCH | = 9,52 % |
| EFDH | = 4,99 % |
| ----- | |
| | = 4,53 % |
| EGBI | = 2,40 % |
| ----- | |
| | = 2,13 % |
| EFAI | = 1,39 % |

$$\text{ABCD} = 3,52 \%$$

- 5) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (e)
didapat
- (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-
FGCI dengan $H/D = 1,25$ dan $UD = 0,75$
FEDI dengan $H/D = 1,25$ dan $UD = 0,25$
FGBH dengan $H/D = 0,25$ dan $UD = 0,75$
FEAH dengan $H/D = 0,25$ dan $UD = 0,25$
 - (2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah
FGCI = 5,75 %
FEDI = 2,30 %
- $$= 8,05 \%$$
- $$\text{FGBH} = 0,55 \%$$
- $$= 7,50 \%$$
- $$\text{FEAH} = 0,23\%$$
- $$\text{ABCD} = 7,27 \%$$

Contoh Perhitungan Untuk Perencanaan

Perhitungan untuk perancangan pencahayaan alami siang hari dari suatu sudut ruangan sebagai berikut:

- o Ukuran ruang duduk: panjang 6 m, lebar 5 m
Titik-titik ukur utama pada 2 m. Persyaratan berdasarkan bab 5 :
fl untuk TUU $0,35 d = 1,75\%$
fl untuk TUS $0,16 d = 0,80\%$
Koreksi dari kusen jendela = 30%
fl di TUU menjadi 2,5%
fl di TUS menjadi 1,15%
Karena letak jendela simetris ke arah melebar (ke kiri dan ke kanan), maka
fl di masing-masing TUU = 1,25%
fl di TUS = 1,15%

- o harga faktor langit tersebut dapat diperoleh dengan ukuran jendela dengan kombinasi sebagaimana tercantum pada tabel 8.

Tabel 8. Harga Faktor Langit berclasarkan ukuran jendela

H/D	L/D	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m).	Luas
1,9	0,1	0,40	3,80	1,52
0,82	0,2	0,80	1,64	1,31
0,62	0,3	1,20	1,24.	1,49
0,52	0,4	1,60	1,04	1,6
0,47	0,5	2,00	0,94	2,98

- o bila diperhatikan adanya penghalang cahaya oleh bangunan-bangunan di seberang jalan. Dimisalkan jarak antara titik ukur dan titik-titik dari bangunan di seberang jalan rata-rata 30 m dan tingginya di atas bidang kerja = 9 m, maka ini berarti bahwa bagian lubang sampai H/D = 0,3 tidak memberikan jalan kepada cahaya langsung dari langit.

Dalam hal ini hasilnya akan sebagaimana tercantum pada tabel 9.

Tabel 9. Harga Faktor Langit berdasarkan ukuran jendela

H/D	UD	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m).	Was (M2)
2,58	0,1	0,40	5,16	2,06
0,97	0,2	0,80	1,94	1,55
0,74	0,3	1,20	1,48	1,18
0,65	0,4	1,60	1,30	2,08
0,59	0,5	2,00	1,18	2,36

- o Untuk memenuhi ketentuan yang berlaku untuk Titik Ukur Samping, hanya dibutuhkan kurang lebih untuk masing-masing jendela di samping seluas 50% dari yang di tengah. Hal ini berlaku, apabila pengaruh dari jendela tengah untuk Titik-titik Ukur Samping sama sekali tidak diperhitungkan.
- o Untuk memenuhi sekaligus kedua ketentuan menurut perhitungan dapat diambil satu jendela simetris terhadap Titik Ukur Utama dengan ukuran :
 - Lebar 4,00 m, tinggi 1,10 m, luas 4,40 m² atau Lebar 3,50 m, tinggi 1,20 m,

Luas $4,20 \text{ m}^2$ atau Lebar $3,00 \text{ m}$, tinggi $1,40 \text{ m}$, Luas $4,20 \text{ m}^2$.

- Kemungkinan di atas hanya sebagai contoh saja, karena masih banyak kombinasikombinasi lain yang mungkin. Dalam perhitungan-perhitungan ini, selalu diambil sebagai bagian terendah dari jendela adalah tinggi bidang kerja ($0,75 \text{ m}$ dari lantai).

7. PENCAHAYAAN BUATAN

Prinsip-prinsip pencahayaan alami menurut SNI 03-65750-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung adalah sebagai berikut:

7.1.Kriteria Perancangan

[1] Tingkat Pencahayaan

- Perhitungan Tingkat Pencahayaan

- Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ($E_{rata-rata}$)

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 $0,75 \text{ meter}$ di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata $E_{rata-rata}$ (lux), dapat dihitung dengan persamaan:

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times k_p \times k_d}{A} \text{ (lux)(4.1.1.a).}$$

dimana :

F_{total} = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = luas bidang kerja

(m^2). k_p = koefisien

penggunaan .

k_d = koefisien depresiasi (penyusutan

- Koefisien Penggunaan (K_p)

Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai

perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor :

- Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit,
- Dimensi ruangan.

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Merupakan suatu keharusan dari pembuat armatur untuk memberikan tabel K_p , karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik.

- Koefisien Depresiasi (penyusutan) (K_d)

Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru.

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh :

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

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8.

- Jumlah armature yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan tertentu

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan:

$$F_{\text{total}} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \text{ (lumen) } \dots\dots\dots \{ (4.1.1.c (1)) \}.$$

Kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan:

$$N_{\text{total}} = \frac{F_{\text{total}}}{F_l \times n} \dots\dots\dots \{ (4.1.1.c.(2)) \}.$$

dimana:

F_l = fluks luminus satu buah

lampu.

N = jumlah lampu dalam satu

armatur.

- Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung

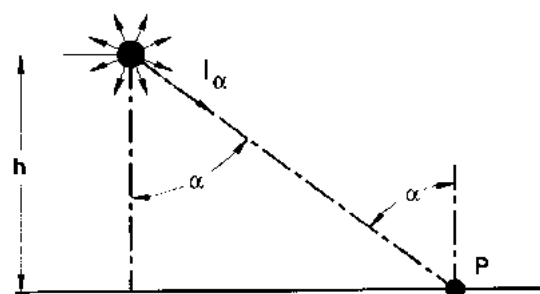
Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung pada suatu titik pada bidang kerja dari sebuah sumber cahaya yang dapat dianggap sebagai sumber cahaya titik, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E_p = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \text{ (lux) } \dots\dots\dots \{ 4.1.1.d.(1) \}.$$

dimana :

I = intensitas cahaya pada sudut α (kandela)

h = tinggi armatur diatas bidang kerja (meter).



Gambar 9. Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik.

Jika terdapat beberapa armatur, maka tingkat pencahayaan tersebut merupakan penjumlahan dari tingkat pencahayaan yang diakibatkan oleh masing-masing armatur dan dinyatakan sebagai berikut :

$$E_{total} = E_{p1} + E_{p2} + E_{p3} + \dots \text{(lux)} \dots \{4.1.1.d.(2)\}$$

- o Tingkat Pencahayaan Minimum yang direkomendasikan

Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel 4.1.2.

Tabel 10. Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
Perkantoran :			

Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
Lembaga Pendidikan :			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
Hotel dan Restaurant			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus dirancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang	250	1	

makan.			
Cafetaria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
Rumah Sakit/Balai pengobatan			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	
Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
Pertokoan/Ruang pameran.			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko	500	1	

perhiasan, arloji.			
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain- lain).	250	1 atau 2	
stri (Umum).			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	
Rumah ibadah.			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang mem- butuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau	idem

		2	
--	--	---	--

Catatan: Keterangan tentang Renderasi warna, lihat tabel 4.4.3.

- o Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi:

- Sistem pencahayaan merata.

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama.

Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.

- Sistem pencahayaan setempat.

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit di atas tempat tersebut.

- Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat.

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual. Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk:

- Tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi.
- Memerlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu.
- Pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut.
- Tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.

-

[2] Kebutuhan Daya

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata-rata tertentu pada bidang kerja dapat dihitung mulai dengan persamaan

4.1.1.c.(1) yang digunakan untuk menghitung armatur. Setelah itu dihitung jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan:

$$N_{\text{Lampu}} = N_{\text{Armatur}} \times n \dots\dots\dots \{ 4.2.(1) \}.$$

Daya yang dibutuhkan untuk semua armatur dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{\text{Total}} = N_{\text{Lampu}} \times W_1 \dots\dots\dots \{ 4.2.(2) \}.$$

dimana:

$$W_1 = \text{daya setiap lampu termasuk Balast (Watt),}$$

Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan kepadatan daya

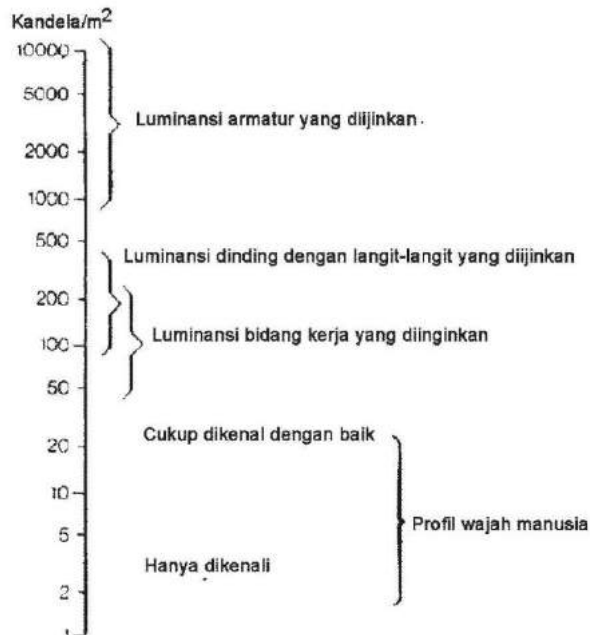
(Watt/m²) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut.

Kepadatan daya ini kemudian dapat dibandingkan dengan kepadatan daya maksimum yang direkomendasikan dalam usaha konservasi energi, misalnya untuk ruangan kantor 15

Watt/m² (lihat Apendiks A).

[3] Distribusi Luminasi

- Distribusi luminansi didalam medan penglihatan harus diperhatikan sebagai pelengkap keberadaan nilai tingkat pencahayaan di dalam ruangan. Hal penting yang harus diperhatikan pada distribusi luminansi adalah sebagai berikut:
 - Rentang luminasi permukaan langit-langit dan dinding
 - Distribusi luminansi bidang kerja.
 - Nilai maksimum luminansi armatur (untuk menghindari kesilauan).
 - Skala luminansi untuk pencahayaan interior dapat dilihat pada gambar 4.3.1.



Gambar 4.3.1. Skala luminansi untuk pencahayaan interior.

○ Luminasi Permukaan Dinding

Luminansi permukaan dinding tergantung pada luminansi obyek dan tingkat pencahayaan merata di dalam ruangan. Untuk tingkat pencahayaan ruangan antara 500 ~ 2000 lux, maka luminansi dinding yang optimum adalah 100 kandela/m². Ada 2 (dua) cara pendekatan untuk mencapai nilai optimum ini, yaitu:

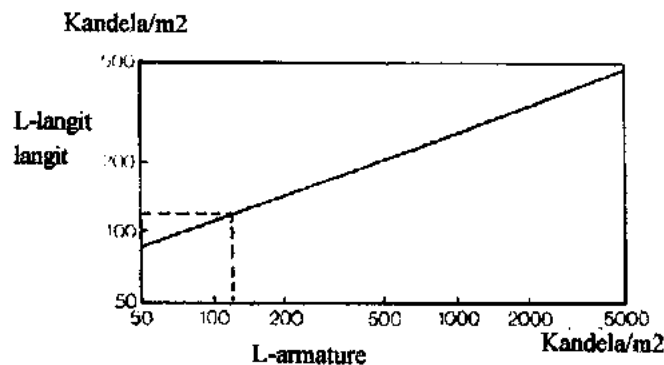
- Nilai reflektansi permukaan dinding ditentukan, tingkat pencahayaan vertikal dihitung, atau;
- Tingkat pencahayaan vertikal diambil sebagai titik awal dan reflektansi yang diperlukan dihitung.

Nilai tipikal reflektansi dinding yang dibutuhkan untuk mencapai luminansi dinding yang optimum adalah antara 0,5 dan 0,8 untuk tingkat pencahayaan rata-rata 500 lux, dan antara 0,4 dan 0,6 untuk 1000 lux.

○ Luminasi Permukaan Langit-Langit

Luminansi langit-langit adalah fungsi dari luminansi armatur, seperti yang ditunjukkan pada grafik gambar 4.3.3. Dari grafik ini terlihat jika luminansi armatur kurang dari 120 kandela/m² maka langit-langit harus lebih terang dari pada terang armatur. Nilai untuk luminansi langit-langit tidak dapat dicapai dengan hanya menggunakan armatur yang dipasang masuk ke

dalam langit-langit sedemikian hingga langit-langit akan diterangi hampir melulu dari cahaya yang direfleksikan dari lantai.



Gambar 4.3.3. Grafik luminansi langit-langit terhadap Luminansi armatur

- Distribusi Luminasi Bidang Kerja

Untuk memperbaiki kinerja penglihatan pada bidang kerja maka luminansi sekeliling bidang kerja harus lebih rendah dari luminansi bidang kerjanya, tetapi tidak kurang dari sepertiganya. Kinerja penglihatan dapat diperbaiki jika ada tambahan kontras warna.

[4] Kualitas Warna Cahaya

Kualitas warna suatu lampu mempunyai dua karakteristik yang berbeda sifatnya, yaitu :

- Tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna.
- Renderasi warna yang dapat mempengaruhi penampilan obyek yang diberikan cahaya suatu lampu.

Sumber cahaya yang mempunyai tampak warna yang sama dapat mempunyai renderasi warna yang berbeda.

- Tampak Warna

Sumber cahaya putih dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok menurut tampak warnanya:

Tabel 11. Tampak warna terhadap temperatur warna.

Temperatur	Tampak warna
>	-
3300 ~ 5300	-
<	-

Pemilihan warna lampu bergantung kepada Tingkat pencahayaan yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Dari pengalaman secara umum, makin tinggi tingkat pencahayaan yang diperlukan, makin

sejuk tampak warna yang dipilih sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman. Kesan umum yang berhubungan dengan tingkat pencahayaan yang bermacam-macam dan tampak warna yang berbeda dengan lampu fluoresen dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hubungan tingkat pencahayaan dengan tampak warna lampu

Tingkat pencahaya	Tampak warna lampu		
	Hangat	sedang	dingin
50	Nyaman	Netral	dingin
500 ~ 1000			
1000 ~ 2000	Stimulasi	Nyaman	Netral
2000 ~ 3000			
3000	Tidak alami	Stimulasi	Nyama

o Renderasi Warna

Disamping perlu diketahui tampak warna suatu lampu, juga dipergunakan suatu indeks yang menyatakan apakah warna obyek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut. Nilai maksimum secara teoritis dari indeks renderasi warna adalah 100. Untuk aplikasi, ada 4 kelompok renderasi warna yang dipakai dapat dilihat pada tabel 4.4.2.(1).

Tabel 13. Pengelompokan renderasi warna.

Kelomp	Rentang Indeks	
	Renderasi	Tampak
1	Ra >	dingin
		sedang
		hangat
2	70 < Ra < 85	dingin
		sedang
		hangat
3	40 < Ra < 70	
4	Ra <	

Tabel 14. Contoh harga Ra dan temperatur warna untuk beberapa jenis lampu.

Lamp	Temperatur warna	Ra
Fluoresen standar		
White	420	60
Cool daylight	620	70
Fluoresen super.		
Warm white	350	85
Cool white.	400	85
Cool daylight.	650	85
Merkuri tekanan	410	50
Natrium tekanan	195	25
Halida Metal	430	65

[5] Silau

Silau terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya. Sumber silau yang paling umum adalah kecerahan yang berlebihan dari armatur dan jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan. Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat, dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan. Kedua macam silau ini dapat terjadi secara bersamaan atau sendiri-sendiri.

- Disability Glare (Silau yang menyebabkan ketidakmampuan melihat)

Disability glare ini kebanyakan terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh diatas luminansi obyek yang dilihat. Oleh karenanya terjadi penghamburan cahaya di dalam mata dan perubahan adaptasi sehingga dapat menyebabkan pengurangan kontras obyek. Pengurangan kontras ini cukup dapat membuat beberapa *detail* penting menjadi tidak terlihat sehingga kinerja tugas visual juga akan terpengaruh. Sumber *disability glare* di dalam ruangan yang paling sering dijumpai adalah cahaya matahari langsung atau langit yang terlihat melalui jendela, sehingga jendela perlu diberi alat pengendali/pencegah silau (*screening device*).

- Discomfort Glare (Silau yang menyebabkan ketidaknyamanan melihat)

Ketidaknyamanan penglihatan terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh diatas luminansi elemen interior lainnya. Respon ketidaknyamanan ini dapat terjadi segera, tetapi adakalanya baru dirasakan setelah mata terpapar pada sumber silau tersebut dalam waktu yang lebih lama. Tingkatan ketidaknyamanan ini tergantung pada luminansi dan ukuran sumber silau, luminansi latar belakang, dan posisi sumber silau terhadap medan penglihatan. *Discomfort glare* akan makin besar jika suatu sumber mempunyai luminansi yang tinggi, ukuran yang luas, luminansi latar belakang yang rendah dan posisi yang dekat dengan garis penglihatan. Perlu diperhatikan bahwa variabel perancangan sistem tata cahaya dapat merubah lebih dari satu faktor. Sebagai contoh, penggantian armatur untuk mengurangi luminansi ternyata juga akan menurunkan luminansi latar belakang. Namun demikian, sebagai petunjuk umum, *discomfort glare* dapat dicegah dengan pemilihan armatur dan perletakkannya, dan dengan penggunaan nilai reflektansi permukaan yang tinggi untuk langit-langit dan dinding bagian atas.

Ada dua alternatif sistem pengendalian *discomfort glare*, yaitu Sistem Pemilihan Armatur dan Sistem Evaluasi Silau. Kedua sistem ini mempunyai karakteristik dan aplikasi yang berbeda. Secara umum, Sistem Pemilihan Armatur dapat digunakan sebagai alternatif dari Sistem Evaluasi Silau jika nilai Indeks Kesilauan yang direkomendasikan untuk aplikasi tertentu adalah lebih besar dari 19. Indeks kesilauan adalah angka yang menunjukkan tingkat kesilauan dari suatu sistem pencahayaan, dimana makin besar nilainya makin tinggi pengaruh penyilauannya. Berikut ini adalah tabel nilai Indeks Kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual atau jenis interior.

Tabel 15. Nilai Indeks Kesilauan Maksimum Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior

Jenis Tugas Visual atau Interior dan	Indeks Kesilaua	Contoh Tugas Visual dan
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus -	28	Perbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton,
	25	Gudang, <i>cold stores</i> , Bangunan turbin dan boiler,
Tugas visual dan Interior Normal -	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria,
	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang
Tugas visual sangat teliti – Pengendalian	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran,

- o Sistem Pemilihan Armatur untuk mengurangi discomfort glare

Perancang sistem tata cahaya adakalanya harus memilih sistem tata cahaya berdasarkan informasi tentang tugas visual atau lingkungan yang tidak lengkap. Sebagai contoh, sifat pekerjaan yang akan dilakukan di dalam suatu ruangan tidak diketahui, atau jenis permukaan atau detail penyekatan ruangan belum ditentukan pada saat keputusan rancangan sistem tata cahaya dibutuhkan. Bila hal ini terjadi, maka perancang sistem tata cahaya harus membuat asumsi berdasarkan pengalamannya. Jika sistem tata cahaya terdiri dari susunan teratur dari satu jenis armatur, maka sistem pemilihan armatur ini dapat digunakan.

Sistem pemilihan armatur ini berdasarkan alasan bahwa probabilitas terjadinya *discomfort glare* akan berkurang dengan mengendalikan luminansi dari armatur pada suatu arah tertentu, bergantung pada ukuran ruangan dan tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. Luminansi armatur dapat dibatasi dengan:

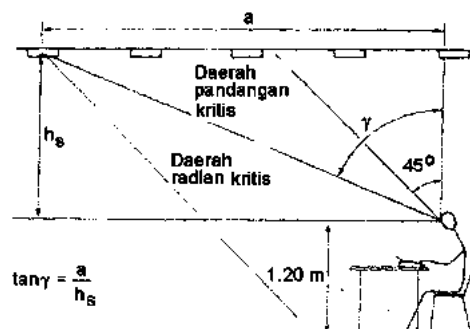
- merubah luminansi lampu menggunakan metoda pengendalian optis untuk menjaga luminansi pada sudut kritis tertentu dalam batas-batas yang direkomendasikan;
- memotong pandangan langsung terhadap lampu menggunakan bahan tak tembus cahaya, kisi-kisi (*louver*) atau bagian permanen dari bangunan

Perlu diperhatikan bahwa selain sistem tata cahaya untuk pencahayaan merata, adakalanya sistem pencahayaan setempat juga digunakan dalam suatu ruangan. Dalam hal ini harus diperhatikan bahwa pencahayaan setempat tidak menaikkan probabilitas terjadinya *discomfort glares* dan ini adalah asumsi yang dibuat pada saat menggunakan sistem pemilihan armatur pada sistem tata cahaya untuk pencahayaan merata.

○ Sistem Evaluasi Silau

Beberapa jenis tugas visual atau lingkungan interior membutuhkan perhatian yang lebih kritis terhadap pengendalian *discomfort glare*. Hal ini terjadi pada hal-hal berikut ini :

- Ukuran ruangan yang besar (dengan indeks ruangan lebih besar dari 2) yang berakibat bahwa dalam daerah penglihatan normal penghuni ruangan terdapat sejumlah besar armatur.
- Tugas visual yang sulit, misalnya, detail obyek yang kecil, kontras yang rendah, persepsi (penglihatan) yang cepat, yang membutuhkan perhatian visual yang kontinu.



Gambar 4.5.4.b). Zona pandangan kritis

- Arah pandang dari pekerja pada atau diatas horisontal untuk selang waktu yang panjang, misalnya, di dalam Ruang Kontrol, Ruang Kelas, Ruang komputer {lihat gambar 4.5.4.b) }.
- Permukaan ruangan dan peralatan yang ada berwarna gelap atau kurang mendapat cahaya.

Untuk situasi seperti dikemukakan diatas, maka tingkat *discomfort glare* bagi penghuni ruangan dapat diperkirakan dengan cara menentukan nilai Indeks Kesilauan yang dihitung dengan rumus-rumus yang ada (*CIBSE Publication TM 10^{*1}*). Nilai yang besar akan memberikan probabilitas kesilauan yang lebih besar dan sebaliknya. Perbedaan terkecil indeks kesilauan yang mulai dapat dibedakan secara visual adalah 1 (satu), sedangkan perbedaan terkecil yang menunjukkan adanya perubahan yang berarti dalam tingkatan discomfort glare adalah 3 (tiga). Nilai indeks kesilauan yang umum digunakan adalah sebagai berikut: 13, 16, 19, 22, 25, 28.

7.2.Pemilihan Peralatan

[1] Lampu

o Spektrum Cahaya

Dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna. Temperatur warna yang lebih besar dari 5300 Kelvin tampak warnanya dingin, 3300-5300 Kelvin tampak warnanya sedang dan lebih kecil dari 3300 Kelvin tampak warnanya hangat. Untuk perkantoran di Indonesia disarankan memakai temperatur warna lebih besar dari 5300 Kelvin atau antara 3300-5300 Kelvin.

Indeks renderasi warna dinyatakan dengan angka 0 -100, dimana angka 100 menyatakan warna benda yang dilihat akan sesuai dengan warna aslinya. Lampu pijar dan lampu halogen mempunyai indeks renderasi warna yang mendekati 100.

o Efisiensi Lampu

Efisiendi lampu atau yang disebut juga efikasi luminus, menunjukkan efisiensi lampu dari pengalihan energy listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt (lumen/watt). Banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh suatu lampu disebut Fluks luminous dengan satuan lumen. Efikasi luminous lampu

bertambah dengan bertambahnya daya lampu. Rugi-rugi ballast yang harus ikut diperhitungkan dalam menentukan efisiensi sistem lampu (daya lampu ditambah rugi-rugi ballast).

- Umur Lampu dan Depresiasi

Ada beberapa cara untuk menentukan umur lampu, yaitu:

- Umur individual teknik
- Umur rata-rata
- Umur minimum
- Umur rata-rata pengenalan

Keekonomisan umur lampu juga perlu dipertimbangkan berdasarkan fluks luminous dan umur teknik, yaitu banyaknya jam menyala pada kombinasi antara depresiasi/pengurangan fluks luminous lampu dan kegagalan lampu. Umur lampu banyak dipengaruhi oleh hal-hal antara lain : temperatur ruang, perubahan tegangan listrik, banyaknya pemutusan dan penyambungan pada sakelar, dan jenis komponen bantuannya (ballast, starter, dan kapasitor).

- Jenis Lampu

- Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Komponen utama lampu pijar terdiri dari: filament, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu (fitting).

Filamen

Makin tinggi temperatur filamen, makin besar energi yang jatuh pada spectrum radiasi tampak dan makin besar efisiensi dari lampu. Pada saat ini jenis filamen yang dipakai adalah tungsten.

Bola Lampu

Filamen suatu lampu pijar ditutup rapat dengan selubung gelas yang dinamakan bola lampu. Bentuk bola lampu bermacam-macam dan juga warna gelasnya. Bentuk bola (Bentuk A), jamur (bentuk E), bentuk lilin dan lustre dengan bola lampu bening, susu atau buram dengan warna merah, hijau, biru, atau kuning.

Gas Pengisi

Penguapan filament dikurangi dengan diisinya bola lampu dengan gas inert. Gas yang umumnya dipakai adalah Nitrogen dan Argon.

Kaki Lampu

Untuk pemakaian umum, tersedia dua jenis yaitu: kaki lampu berulir dan kaki lampu bayonet, yang diidentifikasi dengan huruf E (Edison) dan B (bayonet), selanjutnya diikuti dengan angka yang menyatakan diameter kaki lampu dalam millimeter (E27, E14, dan lain-lain). Bahan kaki lampu dari aluminium atau kuningan.

Jenis Lampu Pijar khusus

– Lampu Reflektor

Lampu pijar yang mempunyai reflector yang terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih. Reflektor dalam tidak boleh rusak, korosi atau terkontaminasi. Jenis lampu bereflektor adalah:

- Lampu *Pressed glass*, adalah lampu yang kokoh dan gelas tahan panas. Gelas depan mempunyai beberapa jenis pancaran cahaya seperti spot, flood, wide flood. Lampu ini dapat dipasang langsung sebagai pasangan instalasi luar, tahan terhadap cuaca.
- Lampu *Blown bulb*, menyerupai lampu pressed glass, tetapi lampu ini hanya dipasang di dalam ruangan.

– Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu pijar biasa yang mempunyai filament temperatur tinggi yang menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu.

▪ Lampu Pelepasan Gas

Lampu ini tidak sama bekerjanya seperti lampu pijar. Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan electron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi. Kadang-kadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar. Pada umumnya lampu ini tidak dapat bekerja tanpa ballast sebagai pembatas arus pada sirkit lampu. Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau tekanan gas rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan

memakai merkuri adalah lampu flouresen tabung atau disebut TL (Tube Lamp).

- **Lampu Flouresen Tabung**

Cahaya yang dihasilkan pada lampu ini sebagian besar dihasilkan oleh bubuk flouresen pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Umumnya lampu ini berbentuk panjang yang mempunyai elektroda pada kedua ujungnya, berisi uap merkuri pada tekanan rendah dengan gas inert untuk penyalanyaannya.

Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan. Lampu flouresen mempunyai diaeter antara lain 26 mm dan 38 mm, mempunyai bermacam-macam warna; warna, kuning, hijau, daylight, dan lain-lain serta tersedia dalam bentuk bulat (TLE). Lampu flouresen mempunyai dua sistem penyalan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Lampu flouresen jenis tanpa starter yaitu TL-RS, TL-X, dan TL-M. Jenis lampu flouresen tanpa starter ini yaitu rapid star dan instant start.

Bentuk lampu flouresen dapat berbentuk miniature dan ada yang dilengkapi dengan ballast dan starter dalam satu selungkup gelas dan kaki lampunya sesuai dengan kaki lampu pijar. Lampu ini memakai ballast elektronik atau ballast konvensional dan disebut lampu flouresen kompak. Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminous yang sama serta umurnya lebih panjang.

[2] Komponen Listrik dalam Armatur

- **Starter**

Fungsi

Untuk menyalakan lampu diperlukan starter. Starter diperlukan untuk pemanasan awal/preheat dari elektroda lampu dan memberikan tegangan puncak yang tinggi sehingga cukup untuk memicu pelepasan elektron di dalam lampu. Setelah penyalan terjadi, starter harus berhenti menghasilkan tegangan puncak tersebut.

Jenis Starter

Ada dua jenis starter untuk lampu flouresen, yaitu Glow switch starter, dan starter elektronik.

- **Glow Switch Starter**

Starter terdiri dari satu atau dua electrode bimetal di dalam tabung gelas yang tertutup berisi gas mulia. Starter dipasang parallel terhadap lampu sedemikian sehingga jika starter terhubung maka arus pemanas awal dapat melalui elektroda-elektroda lampu.

Pada saat pembukaan kembali, arus melalui ballast diinterupsi, yang menyebabkan tegangan puncak pada elektroda-elektroda cukup tinggi untuk menyalakan lampu. Tegangan puncak minimal yang dipersyaratkan adalah 800V dan nilai rata-rata tegangan puncak antara 1000V dan 1200V.

Jika elektroda lampu tidak cukup panas atau tegangan puncak tidak cukup tinggi, starter glow switch akan memulai lagi proses penyalan sampai lampu menyala. Jika lampu tidak menyala (misalnya pada akhir umur lampu) starter akan terus berkedip sampai tegangan listrik putus atau sampai elektroda dari glow switch starter melekat bersama. Starter dilengkapi dengan kapasitor yang parallel dengan elektroda starter untuk mencegah interferensi radio.

- Starter Elektronik

Bekerjanya starter elektronik sama seperti starter jenis glow switch starter. Switching tidak berasal dari elektroda bimetal tetapi dari komponen elektronik di dalam ballast. Sirkuit elektronik dalam starter memberikan waktu pemanasan awal yang tepat (1.7 detik) untuk elektroda lampu dan sesudah itu didapat tegangan pemanas yang tepat yang menjadikan penyalan lampu secara optimum.

Starter elektronik mempunyai sirkuit integrasi yang membuat starter tidak bekerja setelah beberapa kali percobaan penyalan yang tidak berhasil. Maka hal ini disebut keadaan tanpa kedip ("Flicker free"). Starter elektronik juga mempunyai alat pendeteksi pemanasan lebih, yang memutuskan starter jika terlalu panas. Starter elektronik dapat memperpanjang umur lampu flouresen hingga 25%. Umur dari starter flouresen dinyatakan dalam jumlah kali penyalan ("switches"). Pada saat ini glow switch starter mempunyai umur 15.000 switches atau lebih, sedang starter elektronik mempunyai umur 100.000 switches atau lebih.

- Kapasitor

- Instalasi

Ada dua jenis instalasi kapasitor untuk lampu flouresen:

- Kapasitor parallel kompensasi, digunakan untuk memperbaiki faktor daya, dan dipasang parallel terhadap jaringan listrik. Dalam hal terjadi kegagalan kapasitor yang dipasang parallel akibat sirkit terbuka atau hubung pendek, tidak mempengaruhi kinerja lampu. Pemeriksaan rutin disarankan untuk arus listrik dan faktor daya ($\cos \phi$)
 - Kapasitor seri digunakan dalam rangkaian kapasitif atau sirkit ganda. Dalam hal kegagalan kapasitor yang dipasang seri, akan mempunyai pengaruh pada kinerja lampu.
- Jenis Kapasitor
- Ada dua jenis kapasitor yang dipergunakan saat ini:
- Jenis basah (wet)
Kapasitor bentuk basah yang tersedia saat ini adalah jenis "Non PCB oil" yang dilengkapi dengan pemutus internal untuk menjaga bila terjadi kegagalan sehingga tidak mengakibatkan kapasitor menjadi pecah atau kebocoran minyak.
 - Jenis kering (dry)
Kapasitor jenis kering yang tersedia saat ini adalah "kapasitor film metal". Kapasitor ini relative baru digunakan dalam industri perlampuan dan belum tersedia dalam berbagai aplikasi. Kapasitor kering tidak direkomendasikan pada pemakaian instalasi seri karena kerugian dayanya yang tinggi.

Toleransi tegangan dan temperatur

Sebaiknya kapasitor digunakan dengan tegangan yang tepat. Toleransi tegangan yang diijinkan untuk instalasi kapasitor parallel adalah 250V, toleransi kapasitansinya maksimum 10% dan untuk instalasi kapasitor seri toleransi tegangan yang diijinkan adalah 450V, toleransi kapasitansinya maksimum 4%. Temperatur pemakaian kapasitor yang dipersyaratkan secara normal adalah 25°C sampai dengan 85°C

Umur

Umur kapasitor tergantung pada tegangan kapasitor dan temperature kotak pembungkus kapasitor. Jika kapasitor dipergunakan masih dalam ketentuan yang dipersyaratkan, kapasitor akan mampu mencapai umur 10 tahun, sama dengan umur balastnya.

Resistor pelepasan muatan listrik

Kapasitor untuk penggunaan lampu harus mempunyai resistor pelepasan muatan listrik yang dihubungkan parallel terhadap terminal untuk menjamin tercapainya tegangan kapasitor kurang dari 50V dalam waktu 1 menit setelah pemutusan daya listrik. Dalam keadaan tertentu apabila dipersyaratkan tingkat keselamatan lebih tinggi digunakan resistor sehingga dicapai tingkat tegangan 35V dalam waktu 1 menit.

- Balast

Fungsi balast adalah sebagai komponen pembatas arus. Jenis ballast terdiri dari:

- Balast resistor

Pada kondisi kerja yang stabil, ballast ini memerlukan pasokan tegangan dua kali lebih besar dari kebutuhan tegangan lampu. Hal ini berarti 50% daya listrik diborosan oleh ballast dan akhirnya penggunaannya menjadi tidak ekonomis.

- Balast induktif atau choke

Ballast induktif (choke) terdiri dari sejumlah lilitan kawat tembaga pada inti besi yang dilaminasi, bekerjanya dengan prinsip induktansi sendiri. Impedansi ballast harus dipilih sesuai pasokan tegangan listrik, frekuensi, jenis dan tegangan lampu, agar arus lampu berada pada nilai yang tepat. Dengan kata lain, setiap jenis lampu mensyaratkan tegangan pada chokenya sendiri untuk memperoleh impedansi ballast yang diinginkan. Rugi panas terjadi melalui resistansi ohmik dari lilitan dan histerisis pada inti besi.

Keuntungan pemakaian ballast ini adalah:

- Rugi daya cukup rendah dibandingkan jenis ballast resistor
- Sirkuit lebih sederhana dimana ballast dihubungkan seri dengan lampu

Kerugian pemakaian ballast ini adalah:

- Adanya ketinggalan fasa dari arus terhadap tegangan, sehingga diperlukan koreksi faktor daya
- Arus awal cukup tinggi yaitu 1.5 kali lebih besar dari arus pengenal
- Peka terhadap fluktuasi tegangan (tegangan listrik naik turun, menyebabkan arus masuk ke lampu juga bervariasi).

Penandaan dan Spesifikasi

Setiap ballast yang akan digunakan harus mencantumkan: tanda keaslian seperti nama pabrik, model, nomor, referensi, negara asal dan kode produksi; pasokan tegangan, frekuensi dan arus nominal; jenis lampu dengan daya pengenal; jenis penyalan dengan diagram instalasi dan tegangan puncak bila melebihi 1500V; temperatur lilitan (T_w) dan kenaikan temperature yang diijinkan (T); penampang maksimum kabel listrik (contoh 4 berarti 4mm^2); simbol resmi yang dikenal dari badan sertifikasi seperti SNI (Indonesia), VDE (Jerman), KEMA (Belanda), bila diperlukan tanda CE untuk keselamatan; tanda $\square F$ jika ballast memenuhi persyaratan IEC-F yang berarti ballast dapat dipasang langsung pada permukaan yang dapat menyala normal.

Dalam brosur atau sejenisnya, harus mencantumkan: berat; ukuran keseluruhan dan pemasangan; faktor daya (PF atau $\cos$); nilai kompensasi kapasitor dan tegangannya untuk $\cos 0.85$. Arus utama nominal dan arus kerja (running up) dengan atau tanpa koreksi faktor daya.

- **Balast elektronik**

Balast ini bekerja pada sistem frekuensi tinggi (High Frequency = HF). Sistem ballast elektronik, terintegrasi dalam suatu kotak, dimana di dalamnya terdapat komponen-komponen elektronik yang terdiri dari beberapa blok, yaitu low pass filter, converter AC/DC, generator HF dan pengendali lampu.

- Low pass filter, mempunyai 4 (empat) fungsi: membatasi distorsi harmonik, membatasi radio harmonic, memproteksi komponen elektronik terhadap tegangan listrik yang tinggi, dan membatasi arus "inrush".
- Konverter AC/DC, terdiri dari jembatan diode yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Konverter juga berisi *buffer capacitor* yang diperlukan oleh tegangan DC. *Buffer capacitor* menentukan bentuk arus lampu dan arus listrik.
- Generator HF berfungsi menguatkan tegangan DC menjadi tegangan HF. Modulasi dalam suatu frekuensi tinggi dapat mengganggu kendali jarak jauh infra merah (remote control infra red) yang digunakan pada TV, Video, Audio, sistem transmisi dan komunikasi data. Oleh karena itu frekuensi operasi untuk lampu flouresen HF tidak boleh lebih kecil dari 18 kHz dan tidak boleh lebih besar dari 36 kHz. Pemilihan frekuensi kerja biasanya diambil 28 kHz. Disamping standar ballast HF, ada juga ballast HF yang bisa diredupkan yang kemungkinan dapat memberikan tambahan penghematan energi.

[3] Armatur

Armatur adalah rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendalian listrik.

o Pemilihan Armatur

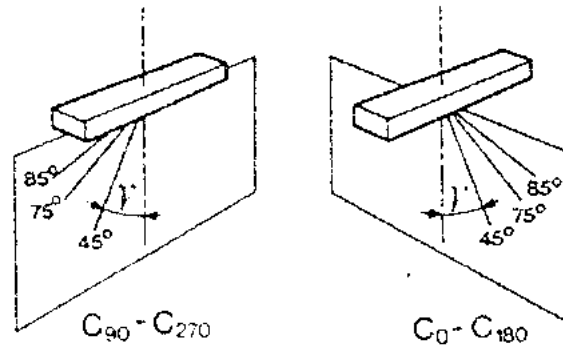
Untuk memilih armatur yang akan digunakan perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang berhubungan dengan pencahayaan sebagai berikut:

- Distribusi intensitas cahaya
- Efisiensi cahaya
- Koefisien penggunaan
- Perlindungan terhadap kejutan listrik
- Ketahanan terhadap masuknya air dan debu
- Ketahanan terhadap timbulnya ledakan dan kebakaran
- Kebisingan yang ditimbulkan.

o Distribusi Intensitas Cahaya

Data distribusi intensitas cahaya pada umumnya dinyatakan dalam suatu diagram polar yang berupa kurva-kurva yang memberikan hubungan antara besarnya intensitas terhadap arah dari intensitas tersebut. Untuk armature yang memancarkan distribusi cahaya yang simetris hanya diperlukan diagram polar pada suatu bidang vertikal yang memotong armatur melalui sumbu armatur.

Untuk armature yang tidak simetris, misalnya pada armature lampu fluoresen (TL), paling sedikit diperlukan 2 diagram polar, masing-masing pada bidang vertikal yang terletak memanjang melalui sumbu armature dan bidang vertikal yang tegak lurus pada sumbu tersebut.



Gambar 5.3.2 : Diagram polar untuk armatur pada bidang vertikal

o Klasifikasi Armatur

▪ Klasifikasi berdasarkan arah dari distribusi cahaya

Berdasarkan distribusi intensitas cahayanya, armatur dapat dikelompokkan menurut prosentase dari jumlah cahaya yang dipancarkan ke arah atas dan ke arah bidang horizontal yang melewati titik tengah armatur, sebagai berikut:

Tabel 16. Klasifikasi Armatur berdasarkan arah dari distribusi cahaya

Kelas armatur	Jumlah cahaya	
	ke arah atas	ke arah bawah
langsung	0 ~	90 ~ 100
semi langsung	10 ~ 40	60 ~ 90
difus	40 ~ 60	40 ~ 60
langsung-tidak langsung	40 ~ 60	40 ~ 60
semi tidak langsung	60 ~ 90	10 ~ 40
tidak langsung	90 ~ 100	0 ~

▪ Klasifikasi berdasarkan proteksi terhadap debu dan air

Kemampuan proteksi menurut klasifikasi SNI 04-0202-1987 dinyatakan dengan IP ditambah dua angka. Angka pertama menyatakan perlindungan terhadap debu dan angka kedua terhadap air. Contoh IP 55 menyatakan armatur dilindungi terhadap debu dan semburan air.

Tabel 17. Klasifikasi proteksi terhadap debu dan air sesuai SNI No.04-0202-1987

angk	Tingkat		ang
	Keterangan	Keterangan	

0	Tidak ada pengamanan terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam	Tidak ada pengamanan	0
1	Pengamanan terhadap sentuhan secara tidak disengaja oleh bagian tubuh manusia yang permukaannya cukup	Pengamanan terhadap tetesan air kondensasi : Tetesan air kondensasi yang jatuh	1
2	Pengamanan terhadap sentuhan jari tangan dengan bagian bertegangan atau bergerak	Pengamanan terhadap tetesan air Cairan yang menetes tidak membawa akibat	2
3	Pengamanan terhadap masuknya alat, kawat atau sejenis dengan tebal lebih dari 2,5 mm	Pengamanan terhadap hujan. Jatuhnya air hujan dengan suhu	3
4	Pengamanan terhadap masuknya alat, kawat atau sejenis dengan tebal lebih dari 1 mm	Pengamanan terhadap percikan : Percikan cairan yang datang dari segala arah tidak merusak.	4
5	Pengamanan secara sempurna terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan.	Pengamanan terhadap semprotan air : Air yang disemprotkan dari segala arah tidak merusak.	5
6	Pengamanan secara sempurna terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau	Pengamanan terhadap keadaan di geladak kapal (peralatan Kedap air geladak kapal) :	6
		Pengamanan terhadap rendaman air: Air tidak masuk ke dalam selungkup-	7

		Pengamanan terhadap rendaman air. Air tidak dapat masuk ke dalam selungkup peralatan	8
--	--	---	---

- Klasifikasi berdasarkan proteksi terhadap kejutan listrik

Tabel 18. Klasifikasi menurut C.E.E terhadap jenis proteksi listrik

Kelas	Pengamanan Listrik
0	Armatur dengan insulasi fungsional, tanpa
I	Paling tidak mempunyai insulasi fungsional, terminal untuk pemeliharaan
I	Mempunyai insulasi rangkap, tanpa
II	Armatur yang direncanakan untuk isolasi listrik tegangan rendah

Catatan: CEE = International Commission for Conformity Certification of Electrical Equipment

- Klasifikasi Berdasarkan Cara Pemasangan

Berdasarkan cara pemasangan, armature dapat dikelompokkan menjadi:

- Armatur yang dipasang masuk ke dalam langit-langit
- Armatur yang dipasang menempel pada langit-langit
- Armatur yang digantung pada langit-langit
- Armatur yang dipasang pada dinding

- Efisiensi Cahaya

Jumlah cahaya yang dipancarkan oleh armature akan selalu lebih kecil daripada jumlah cahaya yang dipancarkan oleh lampu di dalam armatur tersebut. Perbandingan antara kedua jumlah cahaya ini disebut efisiensi cahaya dari armatur. Besarnya efisiensi cahaya dipengaruhi oleh penyerapan cahaya yang terjadi di dalam armature, misalnya oleh penutup armature untuk meneruskan cahaya yang terlalu buram dan oleh permukaan armatur, reflector yang kurang merefleksikan cahaya.

- Bising yang dikeluarkan oleh Armatur

Komponen listrik yang dapat menimbulkan bising adalah ballast, sehingga dalam pemilihan ballast perlu diperhatikan tingkat bising yang dikeluarkannya. Selain ballast, bising dapat pula dikeluarkan oleh armatur yang terintegrasi dengan diffuser dari sistem tata udara (integrated armature). Besarnya tingkat bising dipengaruhi oleh ukuran lubang udara suplai dan kecepatan udara keluar melalui lubang udara tersebut. Tingkat bising yang dikeluarkan oleh

seluruh armature yang berada dalam suatu ruangan tidak boleh melebihi kriteria bising (Noise Criteria, NC).

7.3. Pengujian, Pengoperasian, dan Pemeliharaan

[1] Pengujian

Pengujian kinerja sistem pencahayaan dimaksudkan untuk mengetahui dan atau menilai kondisi suatu sistem pencahayaan apakah masih, sudah atau belum memenuhi standar atau ketentuan pencahayaan yang berlaku. Pengujian dimaksudkan untuk memeriksa, mengamati dan mengukur tingkat pencahayaan (lux) dan indeks kesilauan.

Sebagaimana diuraikan terdahulu, tingkat pencahayaan dari suatu sumber cahaya buatan dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: Posisi pemasangan, umur lampu, pemeliharaan dan tegangan listrik. Demikian juga tingkat kesilauan dipengaruhi oleh pemasangan dan penggunaan armatur, penempatan lampu, posisi pengamat terhadap sumber cahaya dan kontras serta luminasi.

o Pengujian Tingkat Pencahayaan

Tingkat pencahayaan dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1.1. Dengan menggunakan lux-meter tingkat pencahayaan untuk bidang kerja diukur secara horizontal 75 cm di atas permukaan lantai, sedangkan untuk suatu luasan tertentu, tingkat pencahayaan diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata dari beberapa titik pengukuran.

Tingkat pencahayaan yang diperlukan disesuaikan dengan jenis kegiatan yang dilakukan. Tingkat pencahayaan yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan. Perlu diperhatikan bahwa cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya tidak semua sampai pada bidang kerja karena sebagian dipantulkan dan diserap oleh dinding, lantai, dan peralatan lain dalam ruangan tersebut. Fluks luminus cahaya yang dipancarkan juga akan menurun dari waktu ke waktu karena faktor kebersihan armature dan lampu, umur, dan pengaruh pengaruh turunya tegangan listrik.

o Pengujian Tingkat Kesilauan

Silau dapat mengakibatkan terganggunya kemampuan penglihatan dan juga dapat menyebabkan kelelahan, perasaan tidak nyaman, serta dapat pula menurunkan semangat kerja. Silau terutama disebabkan oleh beberapa hal, baik berasal dari sumber cahaya seperti matahari, cahaya lampu maupun refleksi dari obyek yang mengkilat.

Faktor yang mempengaruhi silau adalah luminasi, besarnya sumber cahaya, posisi pengamat terhadap sumber cahaya, letak sumber cahaya yang terdapat di depan sudut penglihatan dan kontras antara permukaan terang dan gelap. Silau yang langsung disebabkan oleh sumber cahaya buatan dapat dihindari dengan memakai armature yang dilengkapi kisi-kisi, juga pemasangan lampu perlu diupayakan untuk tidak melintang di depan pengamat. Sampai saat ini, standar atau ketentuan indeks kesilauan belum diterapkan sehingga untuk maksud pengujian belum ada nilai yang dianjurkan. Semua lampu yang berada pada sudut pandang 45° - 85° akan menimbulkan silau, dan untuk menghindarinya luminasi harus dikurangi.

[2] Pengoperasian

Pada pengoperasian instalasi sistem pencahayaan dalam suatu bangunan, maka perencanaan penempatan alat pengendali perlu mendapatkan perhatian sehingga tata cahaya dapat dikendalikan dengan baik.

o Penempatan Alat Kendali

- Semua alat pengendali pencahayaan harus ditempatkan pada tempat yang mudah dilihat dan dijangkau
- Sakelar yang melayani meja/tempat kerja, bila mudah dijangkau merupakan bagian armature yang digunakan untuk menerangi meja/tempat kerja tersebut.
- Sakelar yang mengendalikan sistem pencahayaan pada lebih dari satu lokasi tidak boleh dihitung sebagai tambahan jumlah sakelar pengendali.
- Setiap ruangan yang terbentuk karena pemasangan partisi harus dilengkapi sedikitnya satu sakelar ON/OFF.
- Ruangan dengan luas maksimum 30m² harus dilengkapi dengan satu sakelar untuk satu macam pekerjaan atau satu kelompok pekerjaan.
- Setiap sakelar maksimum melayani total beban daya sebagaimana dianjurkan pada PUIL edisi terakhir.

o Pengendalian Sistem Pencahayaan

- Semua sistem pencahayaan bangunan harus dapat dikendalikan secara manual atau otomatis kecuali yang terhubung dengan sistem darurat.
- Pencahayaan luar bangunan dengan waktu pengoreasian terus menerus kurang dari 24 jam, sebaiknya dapat dikendalikan secara otomatis dengan timer, photocell, atau gabungan keduanya.

- Artamur-armatur yang letaknya parallel terhadap dinding luar pada arah datangnya cahaya alami dan menggunakan sakelar otomatis atau sakelar terkendali harus juga dapat dimatikan dan dihidupkan secara manual
- Daerah dimana pencahayaan alami tersedia dengan cukup, sebaiknya dilengkapi dengan sakelar pengendali otomatis yang dapat mengatur penyalan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan yang dirancang
- Berikut ini adalah hal-hal yang tidak diatur dalam ketentuan pengendalian sistem pencahayaan:
 - Pengendalian pencahayaan yang mengatur suatu daerah kerja yang luas secara keseluruhan dimana kebutuhan pencahayaan dan pengendali dipusatkan di tempat lain (termasuk lobi umum dari perkantoran, hotel, rumah sakit, pusat belanja, dan gudang)
 - Pengendalian otomatis atau pengendalian yang dapat deprogram
 - Pengendalian yang memerlukan operator terlatih
 - Pengendalian untuk kebutuhan keselamatan dan keamanan daerah berbahaya.

[3] Pemeliharaan

Pemeliharaan terhadap sistem pencahayaan dimaksudkan untuk menjaga agar kinerja sistem selalu berada pada batas-batas yang ditetapkan sesuai dengan perancangan, dan untuk memperoleh kenyamanan. Jika faktor pemeliharaan ini dilakukan sejak tahap perancangan, maka beban listrik dan biaya awal dapat diminimalkan. Pemeliharaan ini mencakup penggantian lampu-lampu dan komponen listrik dalam armature yang rusak/putus atau sudah menurun kemampuannya, pembersihan armature dan permukaan ruangan secara terjadwal.

Sistem pencahayaan membutuhkan pemeliharaan, karena tanpa melakukan ini maka kinerja sistem akan berkurang. Fluks luminus lampu akan berkurang dengan bertambahnya umur sampai akhirnya "putus". Kecepatan penurunan kinerja ini berbeda untuk setiap jenis lampu. Selain itu akumulasi debu pada lampu, armature, dan permukaan ruangan juga akan menurunkan fluks luminus yang akan diterima oleh bidang kerja. Agar tindakan pemeliharaan pada sistem tata cahaya terjamin pelaksanaannya, maka pemilik atau pengelola bangunan sebaiknya memiliki buku petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan sistem tata cahaya bangunan. buku ini berisi data dan informasi lengkap mengenai sistem listrik untuk tata cahaya yang mencakup:

- Diagram satu garis dari sistem listrik bangunan
- Diagram skematik pengendalian sistem listrik untuk sistem pencahayaan

- Daftar peralatan listrik yang beroperasi pada bangunan terutama untuk pencahayaan
- Daftar pemakaian listrik untuk pencahayaan sesuai dengan jumlah lampu dan jenisnya
- Daftar jenis dan karakteristik dari setiap lampu yang digunakan
- Daftar urutan pemeliharaan

○ Penurunan Fluks Luminus

Ada dua faktor yang harus diperhitungkan dalam menentukan waktu penggantian lampu, yaitu penurunan fluks luminus lampu dan probabilitas "putus"nya lampu. Penilaian terhadap dua faktor ini sangat tergantung pada jenis lampu yang dipakai. Untuk lampu yang menggunakan filament tungsten (lampu pijar, lampu halogen, dan lampu pelepasan tekanan tinggi jenis merkuri tungsten) umumnya akan putus sebelum fluks luminusnya turun secara drastis. Oleh karena itu waktu penggantian lampu-lampu jenis ini lebih ditentukan oleh probabilitas "putus"nya lampu itu sendiri. Sedangkan untuk jenis lampu pelepasan lainnya pada umumnya sebelum "putus" akan mengalami penurunan fluks luminus secara drastis. Dengan demikian waktu penggantian ditentukan oleh fluks luminus dan probabilitas putusnya lampu. Namun meskipun lampu masih dapat menyala, sebaiknya diganti apabila penurunan fluks luminus secara ekonomis sudah tidak menguntungkan ($\pm 60\%$).

○ Penurunan Kinerja Armatur

Kinerja armatur berangsur-angsur menurun dengan bertambahnya waktu, hal ini disebabkan oleh:

- Akumulasi debu dan kotoran lain pada permukaan refraktor maupun reflector
- Perubahan warna pada kedua permukaan tersebut akibat bertambahnya umur, karena radiasi cahaya lampu atau korosi.

Kecepatan penurunan kinerja ini tergantung pada jumlah dan komposisi debu di udara dan jenis armaturnya. Tidak ada aturan yang pasti untuk menentukan jadwal pemeliharaan/pembersihan armature/ pada umumnya untuk menentukan jadwal ini, faktor biaya, kesesuaian waktu pelaksanaan dan efisiensi sistem pencahayaan menjadi faktor-faktor yang harus diperhitungkan. Sebagai petunjuk, pada umumnya pembersihan dilakukan minimal setahun sekali (meskipun untuk tempat-tempat tertentu hal ini tidak cukup). Akan lebih

baik apabila waktu pembersihan ini dilakukan bersamaan waktunya dengan waktu penggantian lampu.

- Pemeliharaan Permukaan-Permukaan Ruangan

Lapisan debu dan kotoran yang menempel pada seluruh permukaan ruangan (dan kaca) akan mengurangi faktor refleksi (dan transmisi) cahaya yang berarti akan menurunkan tingkat pencahayaan di dalam ruangan tersebut. Kecepatan penurunan faktor refleksi (dan faktor transmisi) bervariasi bergantung pada:

- Tekstur Permukaan. Untuk permukaan yang mengkilap (glossy) dan agak mengkilap (semi glossy), maka penurunannya akan lebih lambat dari pada permukaan kasar (matt) dan lebih mudah dibersihkan
- Kemiringan Permukaan. Akumulasi debu pada permukaan vertikal tidak secepat akumulasi pada permukaan horizontal.
- Lokasi bangunan dan kegiatan yang dilakukan di dalam ruangan
- Pengaruh kondisi lingkungan (misalnya hujan)
- Jadwal pembersihan dan renovasi

Satu hal yang perlu diingat bahwa tingkat pencahayaan pada bidang kerja diperoleh dari pencahayaan langsung armatur dan pencahayaan difus pantulan pada langit-langit dan dinding. Oleh karena itu, pengaruh akumulasi debu pada permukaan terhadap tingkat pencahayaan pada bidang kerja akan lebih besar pada ruangan yang tidak menggunakan armature dengan distribusi cahaya langsung.

BAGIAN III

SANITASI BANGUNAN

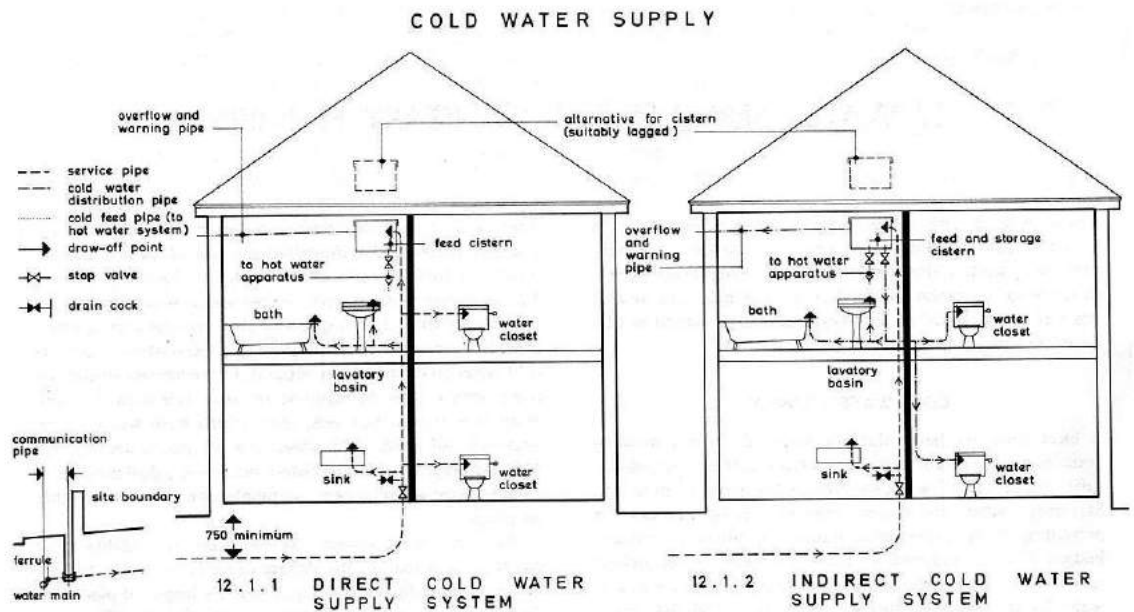
1. PERSYARATAN SANITASI

Air bersih merupakan air yang memenuhi syarat kualitas bersih untuk dikonsumsi seseorang guna memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci pakaian, memasak, serta minum. Kapasitas penyimpanan air bersih di suatu bangunan ditentukan dari jumlah konsumsi air setiap orang per hari dan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran. Air baku merupakan sumber air bersih yang berasal dari air tanah, penampungan air hujan, sungai, waduk, dan/atau danau. Air baku dari sumber-sumber tersebut diambil diolah pada suatu bangunan instalasi pengolahan kemudian didistribusikan ke konsumen menggunakan pipa pada *ground reservoir* (Nurchayono, 2008). Kualitas air baku yang dapat diolah dengan IPA paket adalah sebagai berikut (SNI 6773:2008 tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air):

- Kekeruhan, maksimum 600 NTU atau 400 mg/L SiO₂,
- Kandungan warna asli (apparent colour) tidak melebihi dari 100 Pt Co dan warna sementara mengikuti kekeruhan air baku,
- Unsur-unsur lainnya memenuhi syarat baku air baku sesuai Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2000 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Dalam hal air sungai daerah tertentu mempunyai kandungan warna, besi dan atau bahan organik melebihi syarat tersebut di atas tetapi kekeruhan rendah (< 50 NTU) maka digunakan IPA sistem DAF (Dissolved Air Flotation) atau sistem lainnya yang dapat dipertanggungjawabkan.

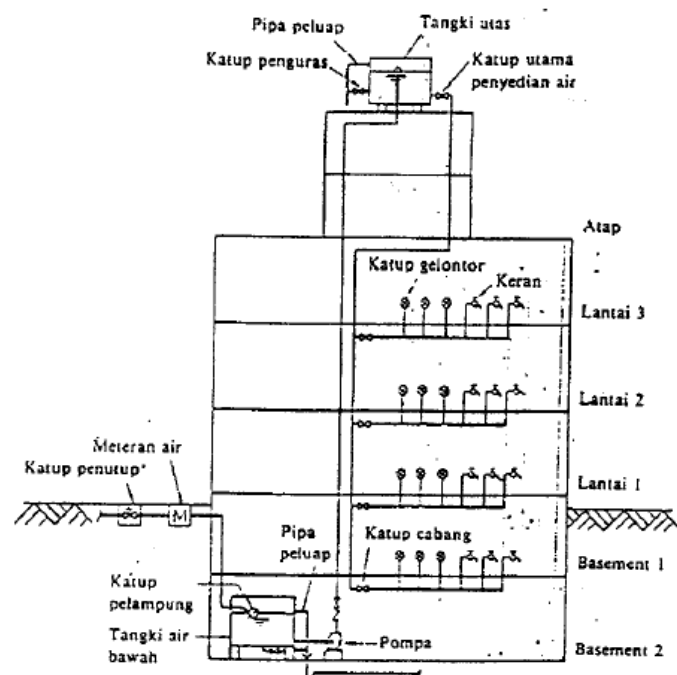
Sistem penyediaan dan distribusi air bersih pada bangunan dapat dilakukan melalui empat cara, yakni:

a) Sistem sambungan langsung



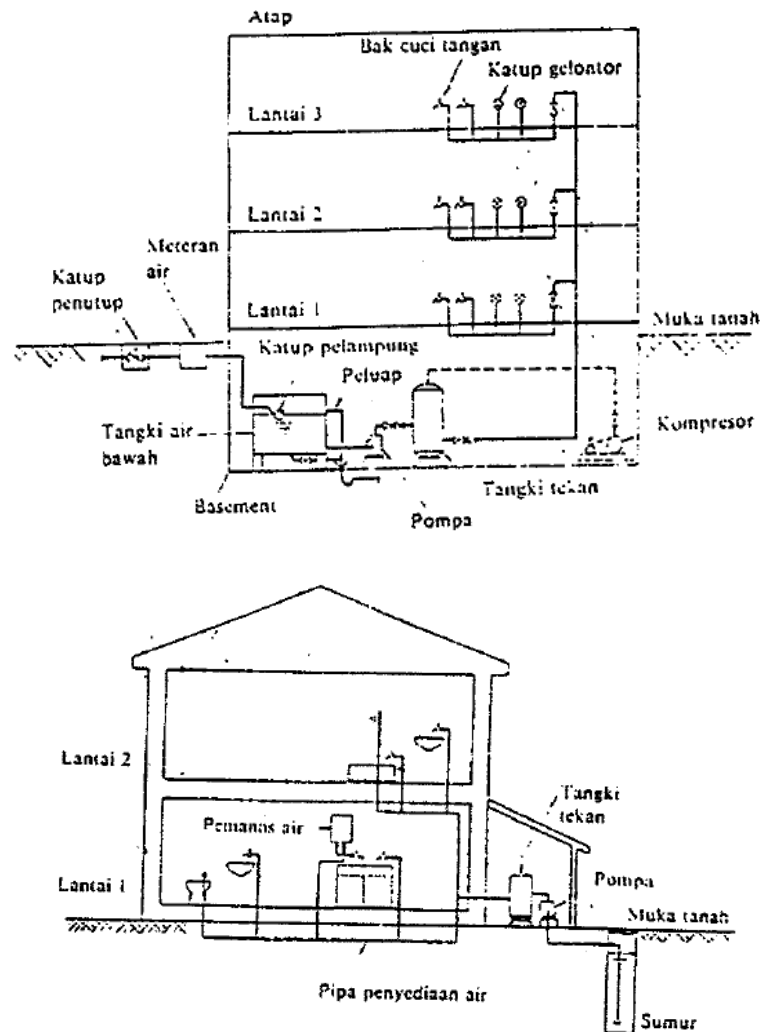
Gambar 15. Instalasi Sistem Penyaluran Air Bersih secara Langsung dan Tidak Langsung
Sumber: Supriatna, t.t

b) Sistem tangki atap



Gambar 16. Instalasi Sistem Penyaluran Air Bersih dengan Tangki Atap
Sumber: Anonim, 1997

c) Sistem tangki tekan



Gambar 17. Instalasi Sistem Penyaluran Air Bersih dengan Tangki Tekan

Sumber: Anonim, 1997

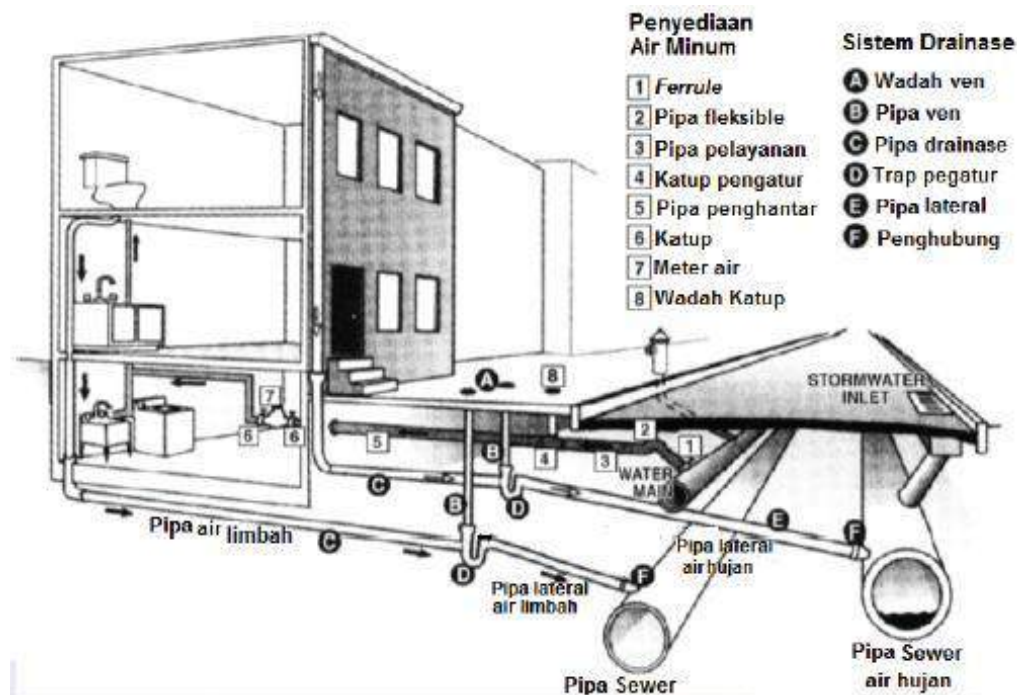
d) Sistem tanpa tangki

Sistem ini memompa air dari pipa utama dan mendistribusikannya langsung ke sistem distribusi bangunan. Pengaplikasian sistem ini pada kompleks perumahan dapat digantikan dengan penyediaan menara air namun penyediaan air menjadi sepenuhnya bergantung pada sumber air baku yang ada. Pada bangunan berlantai banyak, penghilangan tangki dapat mengurangi beban struktur bangunan.

Perpipaan diperlukan untuk menyalurkan air ke ruangan yang membutuhkan air dan memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memperoleh air. Guna mencegah kontaminasi pada air bersih dan menyebabkan penyakit bagi pengguna maka penyaluran air harus mengacu pada standar SNI 8153:2015 dan International Plumbing Code 2012 yakni sebagai berikut:

- Material pipa dan peralatan plambing lain yang mudah korosi harus dilapisi dengan bahan tahan korosi.
- Ketebalan dinding material pipa dan peralatan plambing lain yang bisa terkena korosi tidak boleh kurang dari 0,64 mm (0,025 inci).
- Sistem plambing tidak boleh dipasang di bagian luar bangunan atau tempat lain yang memungkinkannya terkena suhu beku dan sinar matahari langsung

Pada standar tersebut diatur ketentuan cara memisahkan pipa penyedia air minum dan pipa untuk pembuangan air hujan. Berikut ilustrasi yang diberikan:



Gambar 19. Contoh Pemasangan Pipa Air Minum dan Pipa Buangan Air Hujan Terpisah
Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

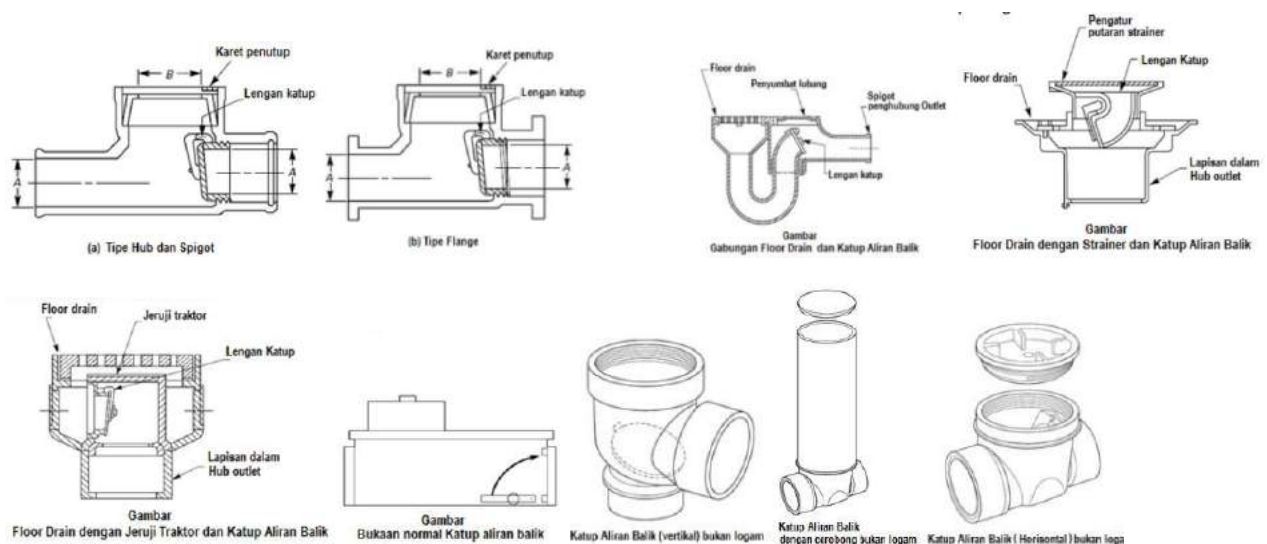
Guna mendukung kelancaran pengguna akan kebutuhan membersihkan diri maka SNI 8153:2015 juga mensyaratkan penyediaan beberapa *fixture* sebagai berikut:

- bak cuci pakaian, bak cuci piring, dan wastafel harus memenuhi syarat panjang pipa (kolom air) kurang lebih 20 cm. Jarak horizontal antara pusat kolom air ke semua arah tepi wastafel setidaknya 10 cm.
- *bathup* atau bak mandi,
- pancuran air mandi,
- kloset duduk atau jongkok: untuk kloset jongkok dengan tangki gelontor, kapasitas gelontor air tidak boleh melebihi 6 liter untuk buang air besar dan 4 liter untuk air kecil, dan
- semprotan untuk kloset.

Sistem air limbah yang diperlukan pada suatu bangunan telah diatur di dalam SNI 8153:2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung. Pada standar tersebut, diatur penggunaan jenis dan bentuk pipa pembuang air limbah, cara pemasangan pipa pada

bangunan, serta peralatan lain yang diperlukan untuk mendukung proses pembuangan air limbah. Pipa dan peralatan pembuangan air limbah dibedakan berdasarkan jenis limbah yakni air hujan, air buangan dari bak cuci piring dan bak cuci baju, air buangan kamar mandi, serta kloset. Berdasarkan standar yang sama, air limbah dari cucian dilarang bercampur dengan buangan air hujan sehingga dibuat pipa yang berbeda untuk kedua jenis air buangan tersebut.

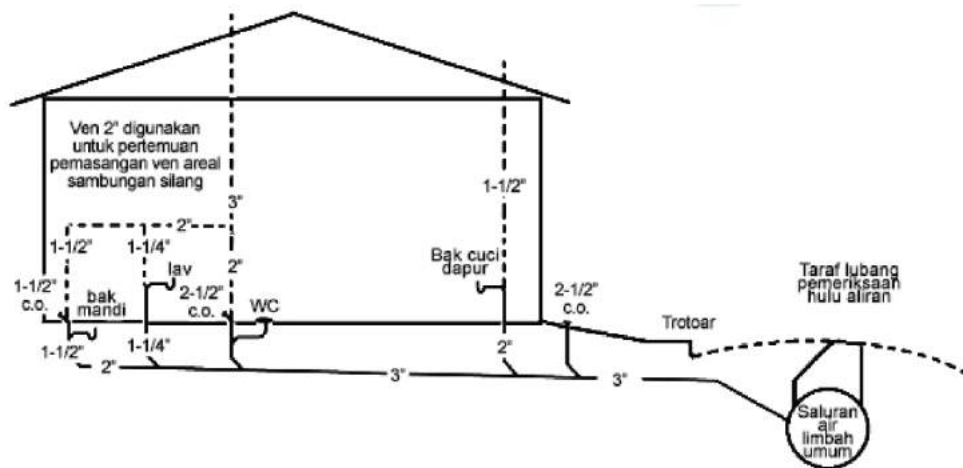
Syarat umum pada SNI 8153:2015, pipa air limbah harus diberi tanda berupa tulisan "AIR LIMBAH" dengan huruf besar dan kapital serta berlatar belakang warna kuning. Tujuannya untuk memudahkan membedakan pipa air limbah dan pipa lain pada saat perawatan atau perbaikan. Penggunaan pipa tegak sebagai penyalur pipa air limbah minimal harus berukuran 90 mm (3 inci). Sementara pipa air limbah yang terletak di bawah tanah harus berukuran minimal 63 mm (2 inci). Pada pemasangan pipa pembuangan air limbah juga diperlukan alat pengatur yang dapat mencegah air limbah untuk memasuki pipa air bersih. Alat tersebut dikenal dengan alat pencegah aliran balik.



Gambar 20. Alat Pencegah Aliran Balik

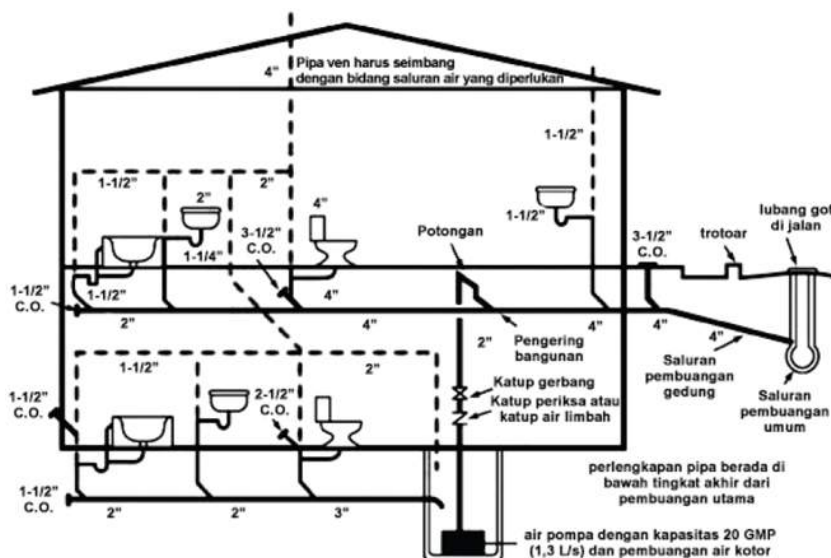
Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

Saluran air limbah diharuskan disalurkan ke pipa saluran air limbah pribadi atau umum dengan sistem pembuangan secara gravitasi.



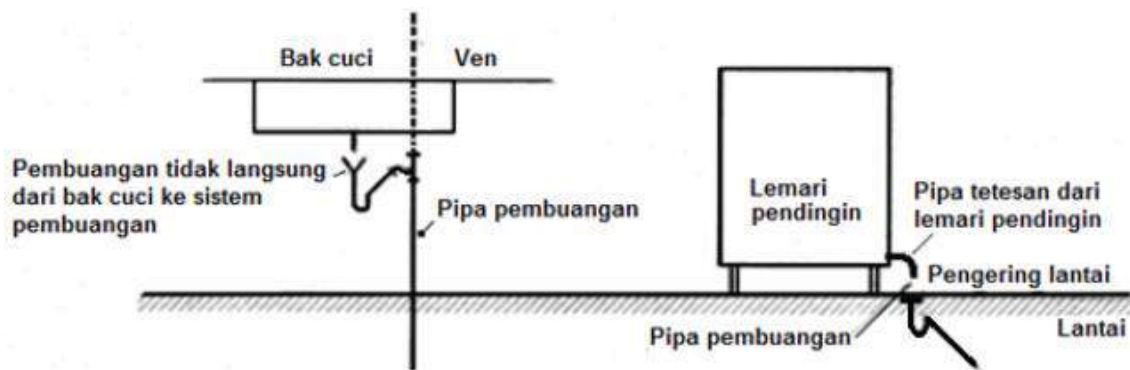
Gambar 21. Proses Penyaluran Air Limbah dengan Sistem Gravitasi
Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

Sebagian air limbah dari sistem pipa yang tidak dapat disalurkan secara gravitasi ke dalam riol harus dibuang melalui sistem pipa di bawah gedung dan disalurkan ke dalam sistem pipa gravitasi dengan alat otomatis seperti ilustrasi berikut:



Gambar 22. Proses Penyaluran Air Limbah dengan Bantuan Alat Otomatis
Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

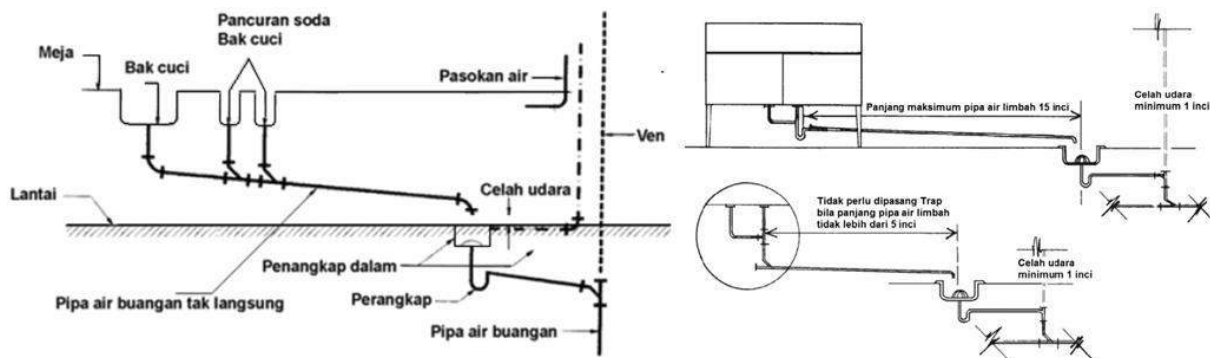
Selain itu terdapat pipa pembuangan tidak langsung yang tidak berhubungan langsung dengan sistem pembuangan air limbah tetapi, pipa ini menyalurkan air buangnya melalui celah udara ke dalam alat penampung yang berhubungan langsung dengan sistem drainase.



Gambar 23. Pipa Pembuangan Tidak Langsung pada Air Limbah Lemari Pendingin

Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

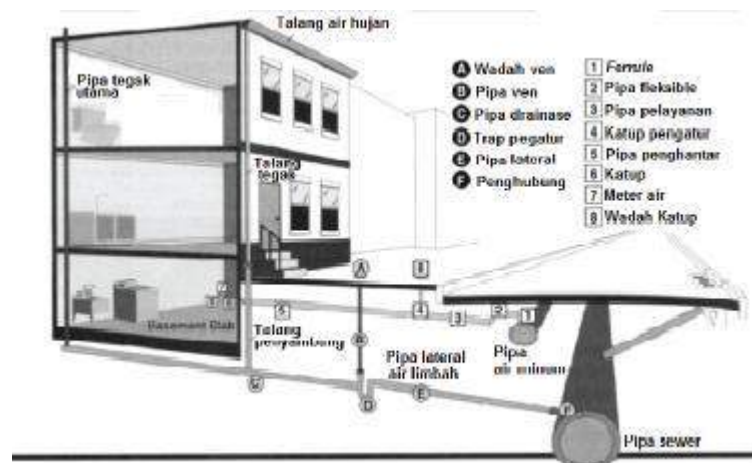
Pipa yang membawa air limbah dari kolam atau mengarungi kolam renang, termasuk drainase kolam renang dan backwash dari filter, harus dipasang sebagai limbah tidak langsung seperti berikut: Berikut ilustrasi pipa pembuangan tidak langsung:



Gambar 24. Pipa Pembuangan Tidak Langsung

Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

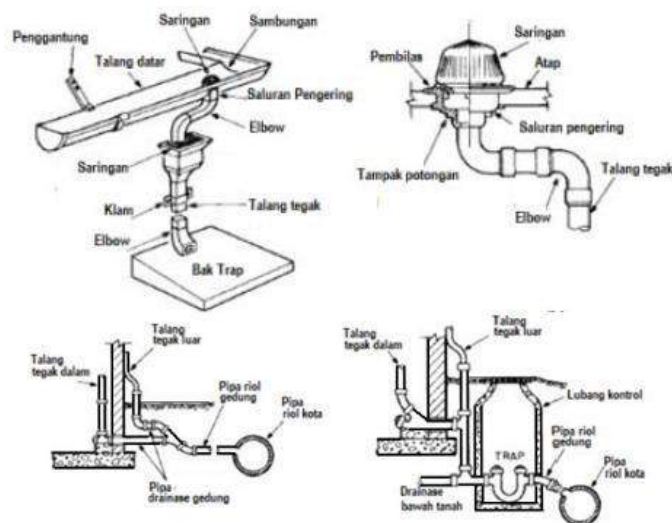
Selain menggunakan sistem perpipaan yang terpisah untuk air limbah dan buangan air hujan, sistem penyaluran air buangan dapat menggunakan sistem gabungan. Pipa pembuangan air limbah pada bangunan rumah tangga atau bangunan berlantai banyak dapat diarahkan ke dan digabungkan dengan pipa drainase seperti pada gambar berikut di bawah:



Gambar 25. Sistem Gabungan Saluran Air Limbah dan Air Hujan

Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

Pada bangunan gedung diperlukan peralatan plambing yang dapat menyalurkan air hujan dari atap dan halaman dengan pengerasan di dalam persil ke saluran pembuangan campuran kota. Air hujan dari atap gedung harus disalurkan melalui talang datar dan vertikal ke bidang resapan.



Gambar 26. Sistem Drainase Bangunan Gedung

Sumber: SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 2015

2. PERSYARATAN PLAMBING DALAM GEDUNG

- Sistem air minum harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan sumber air minum, kualitas air bersih, sistem distribusi, dan penampungannya.
- Sumber air minum dapat diperoleh dari sumber air berlangganan dan/atau sumber air lainnya yang memenuhi persyaratan kesehatan sesuai pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- Perencanaan sistem distribusi air minum dalam bangunan gedung harus memenuhi debit air dan tekanan minimal yang disyaratkan.
- Penampungan air minum dalam bangunan gedung diupayakan sedemikian rupa agar menjamin kualitas air.
- Penampungan air minum harus memenuhi persyaratan kelaikan fungsi bangunan gedung.
- Persyaratan plambing dalam bangunan gedung harus mengikuti:

- Kualitas air minum mengikuti Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan sistem Air Minum dan Permenkes 907/2002, sedangkan instalasi perpipaannya mengikuti Pedoman Plambing;
- SNI 03-6481-2000 Sistem Plambing 2000, atau edisi terbaru.
- Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.
- Sistem pembuangan air limbah dan/atau air kotor harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat bahayanya.
- Pertimbangan jenis air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk pemilihan sistem pengaliran/pembuangan dan penggunaan peralatan yang dibutuhkan.
- Pertimbangan tingkat bahaya air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk sistem pengolahan dan pembuangannya.
- Air limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya tidak boleh digabung dengan air limbah domestik.
- Air limbah yang berisi bahan beracun dan berbahaya harus diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- Air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran terbuka harus diproses sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- Persyaratan teknis air limbah harus mengikuti:
 - SNI 03-6481-2000 Sistem plambing 2000, atau edisi terbaru;
 - SNI 03-2398-2002 Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan, atau edisi terbaru;
 - SNI 03-6379-2000 Spesifikasi dan pemasangan perangkat bau, atau edisi terbaru;
 - Tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem pembuangan air limbah dan air kotor pada bangunan gedung mengikuti standar baku serta ketentuan teknis yang berlaku.
 - Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

[1] Persyaratan Sistem Plambing dan Alat Plambing

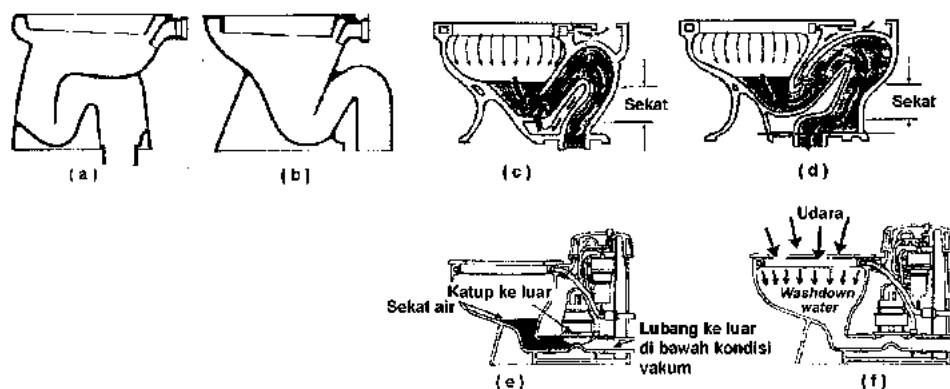
Pada semua bangunan gedung harus disediakan sistem plambing guna membuang air limbah dari semua alat plambing dan menyalurkan air dingin atau air panas ke semua alat plambing.

- Persyaratan dan Sifat Mutu Bahan
 - Bahan perlengkapan dan sistem plambing
 - Konsultasi dengan pejabat yang berwenang
 - Petunjuk Teknis dari Pabrik
- Alat Plambing

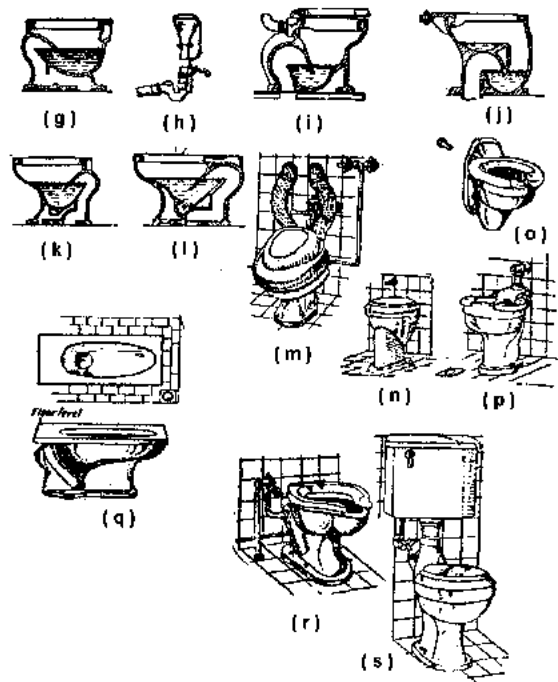
- Syarat penempatan jumlah dan jenis alat plambing
- Rumah tinggal
- Rumah susun
- Hunian usaha
- Hunian niaga
- Hunian industri
- Hunian gudang
- Hunian kumpulan
- Hunian ibadah
- Sekolah
- Hunian lembaga
- Hunian lembaga selain rumah sakit
- Rumah sakit
- RUmah sakit jiwa
- Lembaga pemasyarakatan
- Kolam renang dan pemandian umum
- Rumah makan, kantin, dan kafetaria
- Dapur rumah makan atau kantin
- Berbagai macam hunian
- Kemungkinan terkena bahan-bahan berbahaya atau suhu sangat tinggi
- Cara basah untuk mengurangi debu

[2] Alat Plambing, Perangkat Alat Plambing dan Alat Penangkap

- Mutu alat plambing
- Kloset dan Peruterasan
 - Jenis Kloset

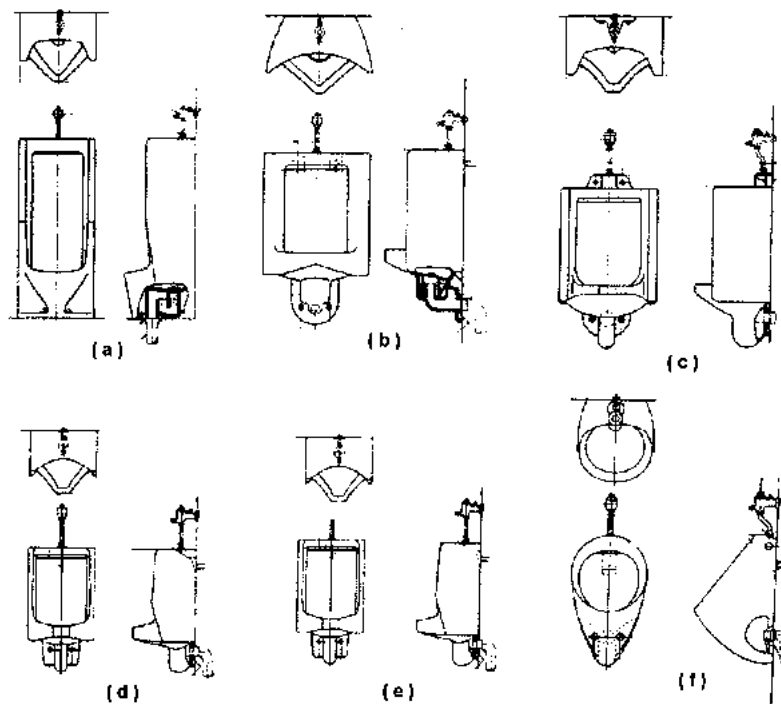


Gambar 00. Berbagai jenis kloset duduk dan jongkok

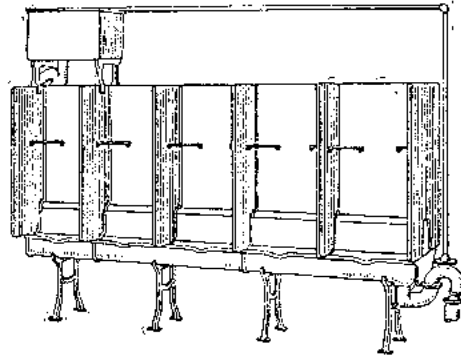


Gambar 00. Berbagai jenis kloset duduk dan jogkok

- Jenis Peruterasan

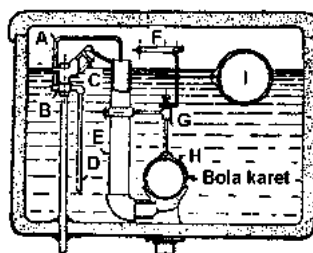


Gambar 00. Jenis Peruterasan



Gambar 00. Peruterasan Palung

- Kloset umum
 - Kloset anak-anak
 - Tempat duduk kloset
 - Dinding dan lantai peruterasan
 - Penggelontoran
- Alat Penggelontor
 - Kapasitas tangki penggelontor
 - Tangki penggelontor terpisah
 - Pipa penggelontor dan penyambungan
 - Katup bola
 - Katup penggelontor pada tangki
 - Peluap dalam tangki



Gambar 00. Peluap dalam tangki

- Katup yang dihubungkan langsung ke sistem penyediaan air
- Bak cuci tangan
 - Lubang pembuangan
 - Penempatan bak cuci tangan majemuk
 - Bak mandi
 - Lubang pembuangan dan peluapan
 - Dus

[3] Sistem Penyediaan Air Minum

[4] Sistem Drainase, Air Buangan dan Ven

3. PERSYARATAN INSTALASI GAS MEDIK

- Persyaratan ini berlaku wajib untuk fasilitas pelayanan kesehatan di rumah sakit, rumah perawatan, fasilitas hiperbarik, klinik bersalin. dan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya.
- Bila terdapat istilah gas medik atau vakum, ketentuan tersebut berlaku wajib bagi semua sistem perpipaan untuk oksigen, nitrous oksida, udara tekan medik, karbon dioksida, helium, nitrogen, vakum medik untuk pembedahan, pembuangan sisa gas anestesi, dan campuran dari gas-gas tersebut. Bila terdapat nama layanan gas khusus atau vakum, maka ketentuan tersebut hanya berlaku bagi gas tersebut.
- Sistem yang sudah ada yang tidak sepenuhnya memenuhi ketentuan ini boleh tetap digunakan sepanjang pihak yang berwenang telah memastikan bahwa penggunaannya tidak membahayakan jiwa.
- Potensi bahaya kebakaran dan ledakan yang berkaitan dengan sistem perpipaan sentral gas medik dan sistem vakum medik harus dipertimbangkan dalam perancangan, pemasangan, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan sistem ini.
- Identifikasi dan pelabelan sistem pasokan terpusat (sentral).
 - Silinder dan kontainer yang boleh digunakan harus yang telah dibuat, diuji, dan dipelihara sesuai spesifikasi dan ketentuan dari pihak berwenang.
 - Isi silinder harus diidentifikasi dengan suatu label atau cetakan yang ditempelkan yang menyebutkan isi atau pemberian warna pada silinder/tabung sesuai ketentuan yang berlaku.
 - Sebelum digunakan harus dipastikan isi silinder atau kontainer.
 - Label tidak boleh dirusak, diubah atau dilepas, dan fitting penyambung tidak boleh dimodifikasi.
 -
- Pengoperasian sistem pasokan sentral.
 - Harus dilarang penggunaan adaptor atau fitting konversi untuk menyesuaikan fitting khusus suatu gas ke fitting gas lainnya.
 - Hanya silinder gas medik dan perlengkapannya yang boleh disimpan dalam ruangan tempat sistem pasokan sentral atau silinder gas medik.
 - Harus dilarang penyimpanan bahan mudah menyala, silinder berisi as mudah menyala atau yang berisi cairan mudah menyala, di dalam ruangan bersama silinder gas medik.
 - Diperbolehkan pemasangan rak kayu untuk menyimpan silinder gas medik.
 - Bila silinder terbungkus pada saat diterima, pembungkus tersebut harus dibuang sebelum disimpan.
 - Tutup pelindung katup harus dipasang erat pada tempatnya bila silinder sedang tidak digunakan.

- Penggunaan silinder tanpa penandaan yang benar, atau yang tanda dan fitting untuk gas spesifik yang tidak sesuai harus dilarang.
- Unit penyimpan cairan kriogenik yang dimaksudkan memasok gas ke dalam fasilitas harus dilarang digunakan untuk mengisi ulang bejana lain penyimpan cairan.
- Perancangan dan pelaksanaan.

Lokasi untuk sistem pasokan sentral dan penyimpanan gas-gas medik harus memenuhi persyaratan berikut:

- Dibangun dengan akses ke luar dan masuk lokasi untuk memindahkan silinder, peralatan, dan sebagainya.
- Dijaga keamanannya dengan pintu atau gerbang yang dapat dikunci, atau diamankan dengan cara lain.
- Jika di luar ruangan/bangunan, harus dilindungi dengan dinding atau pagar dari bahan yang tidak dapat terbakar.
- Jika di dalam ruangan/bangunan, harus dibangun dengan menggunakan bahan interior yang tidak dapat terbakar atau sulit terbakar, sehingga semua dinding, lantai, langit-langit dan pintu sekurang-kurangnya mempunyai tingkat ketahanan api 1 jam.
- Dilengkapi dengan rak, rantai, atau pengikat lainnya untuk mengamankan masing-masing silinder, baik yang terhubung maupun tidak terhubung, penuh atau kosong, agar tidak roboh.
- Dipasok dengan daya listrik yang memenuhi persyaratan sistem kelistrikan esensial.
- Apabila disediakan rak, lemari, dan penyangga, harus dibuat dari bahan tidak dapat terbakar atau bahan sulit terbakar.
- Persyaratan instalasi gas medik harus mengikuti SNI 03-7011-2004 Keselamatan pada bangunan fasilitas pelayanan kesehatan. Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

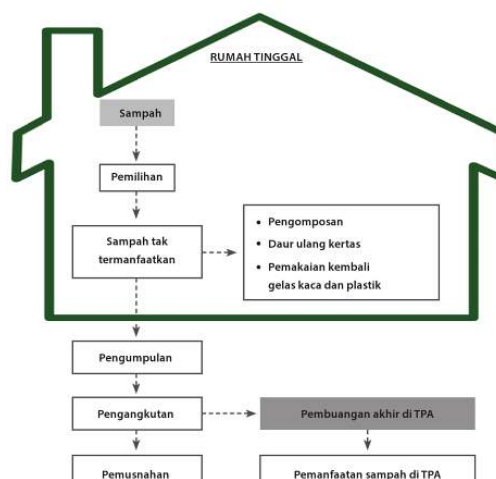
4. PERSYARATAN PENYALURAN AIR HUJAN

- Sistem penyaluran air hujan harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan ketinggian permukaan air tanah, permeabilitas tanah, dan ketersediaan jaringan drainase lingkungan/kota.
- Setiap bangunan gedung dan pekarangannya harus dilengkapi dengan sistem penyaluran air hujan.
- Kecuali untuk daerah tertentu, air hujan harus diresapkan ke dalam tanah pekarangan dan/atau dialirkan ke sumur resapan sebelum dialirkan ke jaringan drainase lingkungan/kota sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- Pemanfaatan air hujan diperbolehkan dengan mengikuti ketentuan yang berlaku.

- Bila belum tersedia jaringan drainase kota ataupun sebab lain yang dapat diterima, maka penyaluran air hujan harus dilakukan dengan cara lain yang dibenarkan oleh instansi yang berwenang.
- Sistem penyaluran air hujan harus dipelihara untuk mencegah terjadinya endapan dan penyumbatan pada saluran.
- Persyaratan penyaluran air hujan harus mengikuti:
 - SNI 03-4681-2000 Sistem plambing 2000, atau edisi terbaru;
 - SNI 03-2453-2002 Tata cara perencanaan sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan, atau edisi terbaru;
 - SNI 03-2459-2002 Spesifikasi sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan, atau edisi terbaru;
 - Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem penyaluran air hujan pada bangunan gedung;
 - Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

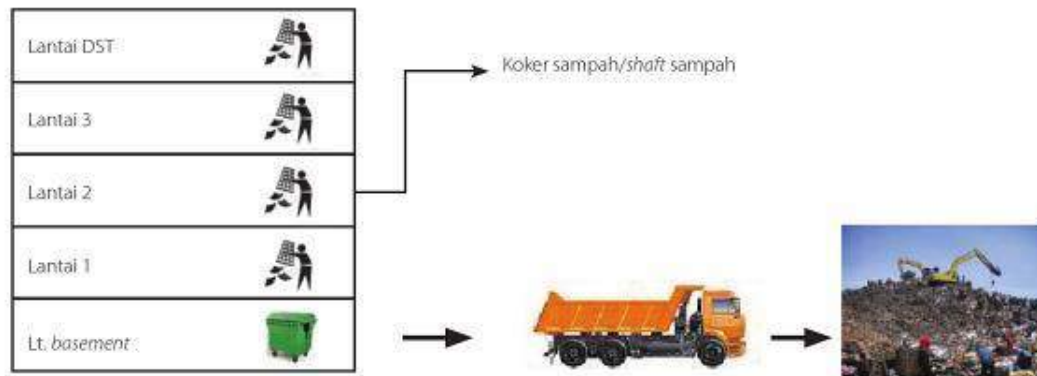
5. PERSYARATAN FASILITAS SANITASI DALAM BANGUNAN GEDUNG (Saluran Pembuangan Air Kotor, Tempat Sampah, Penampungan Sampah, Dan/Atau Pengolahan Sampah)

Sampah yang dihasilkan pada suatu bangunan memiliki dua jenis yakni sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sisa pemakaian barang yang berasal dari bahan-bahan organik seperti sisa sayuran, sisa daging hewan, kertas, serta potongan kayu. Sampah anorganik merupakan sisa pemakaian kegiatan sehari-hari yang tidak dapat diuraikan bakteri pada tanah seperti metal, kaca, plastik, dan kain. Pada bangunan tempat tinggal, sistem pembuangan sampah dapat dilakukan melalui pengumpulan sampah dari rumah pada bak sampah kemudian dibawa truk sampah untuk dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) sampah. Sebaiknya pada bangunan ini telah menyediakan tempat pemilahan sampah berdasarkan jenisnya.



Gambar 27. Skema Proses Pengolahan Sampah dari Bangunan Tempat Tinggal
Sumber: Pynkyawati dan Wahadamaputera, 2015

Pada bangunan berlantai banyak, sistem pembuangan sampah dapat melalui pengumpulan sampah di setiap lantai kemudian diturunkan ke lantai dasar menggunakan *shaft* sampah untuk selanjutnya dibawa ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 28. Skema Proses Pembuangan Sampah pada Bangunan Berlantai Banyak
Sumber: Pynkyawati dan Wahadamaputera, 2015

Beberapa syarat untuk *shaft* sampah harus terpenuhi supaya jalur sampah ke *loading dock* di lantai dasar tidak tersumbat, antaranya:

- Bahan pelapis dinding bersifat licin supaya mudah dibersihkan,
- Terdapat ventilasi di atap yang menghubungkan jalur *shaft* dengan udara bebas,
- Terdapat saluran air untuk mendorong kotoran sisa yang menempel di dinding supaya jatuh.
- Sebaiknya, pada bangunan ini menyediakan mesin pengolah sampah (Pynkyawati dan Wahadamaputera, 2015).

Berdasarkan SNI 3242:2008 tentang Pengelolaan Sampah di Permukiman dan *British Standard* 5906:2005 pengelolaan sampah disarankan untuk dilakukan secara *onsite* dengan mengumpulkan dan memilahkan serta mengolah sampah organik sendiri menjadi kompos untuk pupuk tanaman. Proses pengumpulan dan pengelolaan sampah dilakukan melalui proses:

- Setiap bangunan harus memisahkan sampah perorangan berdasarkan jenisnya
- Setiap bangunan kemudian harus menyediakan tempat penampungan sampah berupa bak di bawah tanah atau kontainer untuk sampah yang bisa diolah menjadi kompos dan bak berupa kontainer untuk sampah yang harus dibuang ke tempat pembuangan akhir
- Sistem pembuangan sampah padat direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan fasilitas penampungan dan jenisnya.
- Pertimbangan fasilitas penampungan diwujudkan dalam bentuk penyediaan tempat penampungan kotoran dan sampah pada masing-masing bangunan gedung, yang

diperhitungkan berdasarkan fungsi bangunan, jumlah penghuni, dan volume kotoran dan sampah.

- Pertimbangan jenis sampah padat diwujudkan dalam bentuk penempatan pewadahan dan/atau pengolahannya yang tidak mengganggu kesehatan penghuni, masyarakat dan lingkungannya.
- Ketentuan pengelolaan sampah padat
 - Sumber sampah padat permukiman berasal dari: perumahan, toko, ruko, pasar, sekolah, tempat ibadah, jalan, hotel, rumah makan dan fasilitas umum lainnya.
 - Setiap bangunan baru dan/atau perluasan bangunan dilengkapi dengan fasilitas pewadahan yang memadai, sehingga tidak mengganggu kesehatan dan kenyamanan bagi penghuni, masyarakat dan lingkungan sekitarnya.
 - Bagi pengembang perumahan wajib menyediakan wadah sampah, alat pengumpul dan tempat pembuangan sampah sementara, sedangkan pengangkutan dan pembuangan akhir sampah bergabung dengan sistem yang sudah ada.
 - Potensi reduksi sampah padat dapat dilakukan dengan mendaur ulang, memanfaatkan kembali beberapa jenis sampah seperti botol bekas, kertas, kertas koran, kardus, aluminium, kaleng, wadah plastik dan sebagainya.
 - Sampah padat kecuali sampah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) yang berasal dari rumah sakit, laboratorium penelitian, atau fasilitas pelayanan kesehatan harus dibakar dengan insinerator yang tidak mengganggu lingkungan.
 - Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.