



Plagiarism Checker X Originality Report

Similarity Found: 6%

Date: Tuesday, May 26, 2020

Statistics: 1309 words Plagiarized / 23391 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

ARSITEKTUR DAN LINGKUNGAN Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. ii Dilarang memperbanyak, mencetak atau menerbitkan Sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit Ketentuan Pidana Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta 1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah). 2.

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

ARSITEKTUR DAN LINGKUNGAN Penulis : Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Layout : Nyimas Amrina Rosyada Desain Cover : Zeri Alfisyahrani, S.T. Diterbitkan Oleh: Rafah Press UIN Raden Fatah Palembang Anggota IKAPI Dicitak oleh: CV. Amanah Jl. Mayor Mahidin No. 142 Telp/Fax : 366 625 Palembang – Indonesia 30126 E-mail : noerfikri@gmail.com Cetakan I: Februari 2020 16,25 x 25 cm viii, 93 hlm Hak Cipta dilindungi undang-undang pada penulis All right reserved ISBN : 978-623-250-171-3 iii KATA PENGANTAR Alhamdulillah puji dan syukur selalu kita panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya berupa kesehatan, kesempatan serta pengetahuan. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan rasa senang dan gembira saya menyambut baik adanya penulisan buku ajar

Arsitektur dan Lingkungan ini, yang disusun oleh saudara Zuber Angkaasa selaku dosen pengasuh mata kuliah tersebut. Buku ajar ini ditujukan sebagai buku ajar untuk mahasiswa Prodi Arsitektur **Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah** Palembang. Semoga dengan disusunnya buku ajar ini akan memotivasi para dosen yang lain agar mengikutinya dengan terbitan buku-buku lain sesuai dengan bidang keahlian masing-masing.

Bagi para mahasiswa, **dengan terbitnya buku ini** akan lebih mempermudah untuk mencari referensi yang dibutuhkan. Saya ucapkan selamat atas disusunnya buku ajar ini serta penghargaan kepada penulisnya. Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa, dosen dan semua pembaca. Palembang, Januari 2020 Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T. NBM/NIDN: 763049/0227077004 Dekan **Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang** iv PRAKATA Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan ridhoNya jualah maka penulis dapat menyelesaikan buku ajar ini yaitu sesuai dengan mata kuliah yang penulis ampu Arsitektur dan Lingkungan. Shalawat dan salam semoga tetap **tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya** yang setia hingga akhir zaman.

Buku ajar ini disusun berdasarkan silabus dan kurikulum mata kuliah Arsitektur dan Lingkungan pada Program Studi Arsitektur **Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah** Palembang. Tujuan dibuatnya buku ajar ini adalah menyajikan referensi bagi para mahasiswa sehingga dapat mempermudah proses pembelajaran mata kuliah Arsitektur dan Lingkungan. Ucapan terima kasih ditujukan **kepada semua pihak yang telah membantu** proses pembuatan dan penerbitan buku ini, terutama **Lembaga Penelitian dan Pengabdian** pada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Palembang.

Akhir kata, buku ini diharapkan dapat bermanfaat bagi banyak individu, terutama para mahasiswa yang mengambil mata kuliah Arsitektur dan Lingkungan. Kritik dan saran tetap dibutuhkan demi kesempurnaan buku ajar ini dimasa yang akan datang. Palembang, Januari 2020 Penulis, v **DAFTAR ISI Halaman Halaman Judul**

.....	i	Kata Pengantar
.....	iii	Prakata
.....	iv	Daftar Isi
.....	v	Daftar Gambar
.....		
vii		Daftar Tabel.....
viii		BAB I Mengenal Hubungan Arsitektur dan Lingkungan
1	1.1.	Deskripsi
3	1.2.	Prasyarat
3	1.3.	Petunjuk Penggunaan
4	1.4.	Tujuan

1.5. Kompetensi 4 1.6. Cek Kemampuan Awal

5 BAB II Desain Arsitektur Bangunan yang Adaptif terhadap Lingkungan Meteorologis dan Klimatologis 7 2.1. Tujuan Pembelajaran

..... 7 2.2. Uraian Materi 7 2.2.1.

Kelembaban 7 2.2.2. Suhu

..... 14 2.2.3. Radiasi Matahari

20 2.2.4. Efek Angin 26 2.3. Rangkuman

32 2.4. Tugas 32 2.5. Tes Formatif

..... 32 2.6. Kunci Jawaban

..... 32 BAB III Desain Arsitektur Bangunan yang Adaptif terhadap Lingkungan Udara, Air, dan Tanah..... 33 3.1. Tujuan Pembelajaran

..... 33 3.2. Uraian Materi

..... 33 3.2.1. Udara dan Cemarkan Udara

33 3.2.2. Air dan Pencemaran Air

..... 39 3.2.3. Sampah 45 3.2.4. Tanah

..... 51 3.3. Rangkuman

..... 57 3.4. Tugas

..... 57 3.5. Tes Formatif

..... 57 3.6. Kunci Jawaban

..... 57 BAB IV Desain Arsitektur Bangunan yang Adaptif..... 59 4.1. Tujuan Pembelajaran

..... 59 4.2. Uraian Materi

59 4.3. Rangkuman 65 4.4. Tugas

..... 66 4.5. Tes Formatif

..... 66 4.6. Kunci Jawaban

..... 66 BAB Desain Arsitektur Bangunan yang Adaptif terhadap Lingkungan Energi 67 5.1. Tujuan Pembelajaran

..... 67 5.2. Uraian Materi

..... 67 5.2.1. Lingkungan Listrik

67 5.2.2. Lingkungan Radiasi Frekuensi Radio 69 5.2.3. Lingkungan Suara

..... 71 5.2.4. Lingkungan Radioaktif 72

5.3. Rangkuman 73 5.4. Tugas

.....	73	5.5. Tes Formatif
.....	73	5.6. Kunci Jawaban
.....	73	BAB VI Desain Arsitektur Bangunan yang Adaptif terhadap Lingkungan Budaya
.....	75	6.1.

Tujuan Pembelajaran	75	6.2. Uraian Materi
.....	75	6.3. Rangkuman
.....	81	6.4. Tugas
.....	81	6.5. Tes Formatif
.....	81	6.6. Kunci Jawaban
.....	81	BAB VII Penutup
.....	83	Indeks
.....	85	Daftar Pustaka.....

87	vii	DAFTAR GAMBAR
.....	8	Gambar 2.1 Efek Kelembutan pada Bangunan.....
.....	10	Gambar 2.2 Peta Kelembaban Udara Indonesia 2015
.....	12	Gambar 2.3 Dua Contoh Pemakaian Kayu untuk Langit-langit Kolam Renang Indoor
.....	16	Gambar 2.4 Peta Suhu Indonesia
.....	18	Gambar 2.5 Dinding dengan Bingkai Kayu Eksternal
.....	28	Gambar 2.6 Peta Angin Indonesia 2015
.....	28	Gambar 2.7 Bangunan di Rusia yang Menggunakan Pohon untuk Melindungi Diri dari Angin
.....	

29	Gambar 2.8	Susunan Pohon di Anyksciai	30	Gambar 3.1	Gedung Oasis di Aboukir, Perancis
.....	36	Gambar 3.2	Sejumlah Gedung yang Telah Berdiri dari Rencana Kota Hutan Liuzhou, Tiongkok	37	Gambar 3.4
.....	47	Gambar 3.5	Kanopi Melengkung dari Wadah Bekas Makanan	48	Gambar 3.6
.....	49	viii	DAFTAR TABEL	49
.....	24	Tabel 1.1	Nilai Pantul Matahari sejumlah Penutup Permukaan....	24	Tabel 3.1
.....	34	Tabel 3.2	Nilai Unit Pencemaran Berbagai Parameter Emisi Udara/Gas	34
.....	34	Tabel 3.2	34

Pencemaran Air	40	Tabel 3.3	Berbagai Jenis Koefisien Pengaliran Atap	41	Tabel 3.4
.....	53	Tabel 3.5	Adaptasi Bangunan terhadap Tipe-tipe Tanah	56	Tabel 4.1
.....	59	Tabel 5.1	Standar Level Kebisingan berdasarkan Bangunan	71	Tabel 5.2
.....	71	Tabel 6.1	Standar Level Kebisingan berdasarkan Luas Ruang .	71	Tabel 6.1

Perbandingan Rumah-rumah Adat di Indonesia 77 Arsitektur dan Lingkungan | 1
BAB I MENGENAL HUBUNGAN ARSITEKTUR DAN LINGKUNGAN Suatu bangunan akan selalu berada di sebuah lingkungan.

Lingkungan adalah kondisi-kondisi di sekitar sesuatu.¹ Seberapa luas wilayah dari lingkungan dapat berbeda - beda tergantung pada lingkungan apa yang dimaksud. Jika kita berbicara tentang lingkungan klimatologis, maka jangkauannya dapat seluas negara atau pulau. Kalau kita bicara tentang lingkungan udara, air, dan tanah, maka jangkauannya hanya sekitar beberapa meter dari bagian terluar bangunan. Seberapapun sempit atau luas jangkauannya, lingkungan memberikan efek pada bangunan, sama halnya dengan bangunan, mampu memberikan efek pada lingkungan. Semenjak tahun 1990 - an, telah muncul kepedulian global mengenai dampak manusia terhadap lingkungan.

Manusia dan aktivitasnya telah menghasilkan berbagai dampak lingkungan, mulai dari pencemaran dalam radius yang sempit, hingga pemanasan atmosfer yang berskala global. Sebagian dari dampak ini disebabkan oleh bangunan, baik karena keberadaannya semata atau karena aktivitas yang dilakukan oleh manusia di dalam bangunan tersebut. Kepedulian global ini mewujudkan dalam panggilan agar semua negara melakukan langkah kebijakan untuk mereduksi dampak aktivitas manusia pada lingkungan.

Indonesia merupakan bagian dari negara - negara yang menyetujui dan berkomitmen atas kepedulian global ini. Pada aspek arsitektur, peraturan yang sangat signifikan adalah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 2 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung Hijau. Peraturan ini mewajibkan agar bangunan - bangunan baru, termasuk rumah (disebut sebagai bangunan gedung hunian tunggal), mematuhi sejumlah persyaratan yang semakin ketat seiring meningkatnya kompleksitas dan ketinggian bangunan.

Harapannya adalah agar jangan sampai bangunan memberikan efek yang besar pada lingkungan sehingga anak cucu kita 1 Hary,?TNate f nvirnme:TDlects f oiaa Environmental Change, 2. 2 Kementerian PUPR, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau. 2 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. nanti menanggung akibat buruknya dengan tinggal di sebuah dunia yang miskin dan tidak ramah. Bukan saja miskin dan tidak ramah secara sosiologis, tetapi juga secara fisik, geologi, biologi, dan berbagai aspek lain yang dibutuhkan untuk menghasilkan bangunan yang bernilai.

Jika yang ada sekarang sudah baik, jangan sampai di masa depan menjadi buruk dan

kalau bisa, justru menjadi semakin baik. Artinya, kondisi sekarang harus berlanjut di masa datang seperti adanya atau lebih baik. Inilah mengapa inisiatif ini sering disebut sebagai pembangunan yang berkelanjutan. Tetapi hampir dua juta tahun sebelum inisiatif pembangunan berkelanjutan sekarang, semenjak manusia pertama kali membuat rumah, manusia telah sangat peduli dengan dampak lingkungan terhadap dirinya.³ Itu mengapa manusia membuat rumah.

Artinya, bangunan di masa lalu lebih berfungsi untuk melindungi manusia dari lingkungan. Saat ini, fungsi bangunan sangat bermacam-macam, tetapi pada dasarnya, tetap saja sebagai bentuk upaya melindungi isinya dari lingkungan. **Gambaran di atas menunjukkan** kalau bangunan dan lingkungan bersifat interaktif. Bangunan mempengaruhi lingkungan dan lingkungan mempengaruhi bangunan. Manusia membuat bangunan untuk menghindari lingkungan dan pada gilirannya memberikan dampak pada lingkungan. Pada kondisi yang ekstrim, bangunan dapat menghancurkan lingkungan dan lingkungan dapat pula menghancurkan bangunan. Karenanya, buku ini membicarakan kedua aspek tersebut: pengaruh lingkungan terhadap bangunan dan pengaruh bangunan terhadap lingkungan.

Setelahnya, kita akan menggariskan sejumlah strategi agar bangunan yang dibuat memberikan pengaruh berkelanjutan pada lingkungan dan agar lingkungan yang ada memberikan pengaruh berkelanjutan pula pada bangunan. Agar pembahasan tidak terlalu umum, kita perlu membuat klasifikasi lingkungan. Ada banyak cara membuat klasifikasi lingkungan. Dalam buku ini, lingkungan akan diklasifikasikan kedalam lima kelompok, yaitu lingkungan meteorologis - 3 Bukti arkeologis tertua yang menunjukkan manusia telah membuat rumah adalah situs Olduvai Gorge di Tanzania, berusia 1,8 juta tahun.

Blumenschine and Masao, ?Lingkungan Olduvai? rlimy nde ArhaeogReltin he aBl Marin ne. *Arsitektur dan Lingkungan* | 3 klimatologis, lingkungan udara-air-tanah, lingkungan biologis, lingkungan energi, dan lingkungan budaya. Lingkungan meteorologis-klimatologis berkaitan dengan cuaca dan iklim. Lingkungan udara, air, dan tanah, berkaitan dengan zat-zat dasar yang umum ditemukan di lingkungan manusia. Lingkungan biologis berkaitan dengan makhluk hidup non manusia. Lingkungan energi berkaitan dengan aspek-aspek dinamis dari energi, khususnya elektromagnetik, seperti tiang **saluran udara tegangan tinggi** atau menara ponsel. Lingkungan budaya berkaitan dengan manusia secara kolektif, termasuklah aspek sosial dan kultural.

1.1. Deskripsi Dalam perkuliahan ini dibahas tentang Interaksi manusia dan lingkungannya; Hubungan Arsitektur dengan Lingkungan dalam kaitannya dengan tata ruang; Telaah teoritis arsitektural yang mencakup: **hubungan antara manusia dengan**

berbagai bentuk lingkungan, konsep arsitektur yang adaptif dengan lingkungan. Mata kuliah ini berorientasi pada pemahaman dan analisis kritis mahasiswa terhadap arsitektur dalam hubungannya dengan berbagai lingkungan alam.

Dengan pemahaman dan kemampuan untuk mengkritisi segala permasalahan arsitektur dan lingkungan, diharapkan mahasiswa mampu melakukan solusi berupa rancangan lingkungan arsitektur yang mengadaptasi kondisi lingkungannya. 1.2. Prasyarat Bahan ajar /buku ini, diperuntukkan bagi siapa saja yang ingin mendalami dan memahami tentang arsitektur dan lingkungan. Mata kuliah Arsitektur dan Lingkungan di Program Studi Arsitektur Universitas Muhammadiyah diberikan pada semester ganjil (semester 3) dan untuk mengikuti mata kuliah ini mahasiswa tidak dibebani prasyarat tertentu. 1.3.

Petunjuk Penggunaan Langkah-langkah yang sebaiknya dilakukan mahasiswa selama proses belajar dari buku Arsitektur dan Lingkungan ini adalah: a. Bacalah buku ini dengan seksama, buku ini dibagi dalam beberapa bagian meliputi penguasaan pengetahuan dan keterampilan maupun 4 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. sikap yang mendasari penguasaan kompetensi ini sampai anda merasa yakin telah menguasai kemampuan dalam unit ini. b. Diskusikan dengan teman sesama mahasiswa/dosen atau bagaimana cara anda agar lebih mudah menguasai materi ini. c.

Jika anda mengerjakan tugas kuliah diluar jam tatap muka atau di luar jam kerja, dapat menggunakan buku ini sebagai panduan. d. Ikuti semua instruksi yang terdapat dalam lembar informasi untuk melakukan aktivitas dan isilah lembar kerja yang telah disediakan dan lengkapi latihan pada setiap sesi/kegiatan belajar. e. Kerjakan soal-soal latihan dan evaluasi mandiri pada setiap akhir sesi untuk mengecek pemahaman anda. 1.4. Tujuan Setelah mahasiswa menyelesaikan pembelajaran materi pada buku ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan: a.

Menjelaskan konsep lingkungan b. Menjelaskan konsep arsitektur c. Menjelaskan konsep hubungan timbal balik antara lingkungan dan arsitektur. d. Menjelaskan bangunan yang adaptif terhadap berbagai macam lingkungan. e. Menjelaskan istilah-istilah penting dalam bidang adaptasi bangunan dengan lingkungannya. f. Menjelaskan konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap berbagai lingkungan. 1.5. Kompetensi a. Mahasiswa memahami hubungan timbal balik antara arsitektur dan lingkungan b. Mahasiswa memahami pengertian lingkungan c. Mahasiswa memahami pengertian arsitektur d. Mahasiswa memahami bangunan yang adaptif terhadap berbagai macam lingkungan. e.

Mahasiswa memahami istilah-istilah penting dalam bidang adaptasi bangunan dengan lingkungannya. f. Mahasiswa memahami konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap

berbagai lingkungan. **Arsitektur dan Lingkungan | 5 1.6. Cek Kemampuan Awal Untuk mengetahui kemampuan awal yang anda miliki berkaitan dengan mata kuliah arsitektur dan lingkungan dan berkaitan dengan kompetensi dasar di bawah ini berilah tanda Check (?) pada kolom yang telah disediakan sesuai kemampuan awal sebelum anda mempelajari buku ini. No Kompetensi Dasar (KD) Kemampuan awal sudah belum 6 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Arsitektur dan Lingkungan | 7 BAB II DESAIN ARSITEKTUR BANGUNAN YANG ADAPTIF TERHADAP LINGKUNGAN METEOROLOGIS DAN KLIMATOLOGIS 2.1.**

Tujuan Pembelajaran Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami: a. Bangunan yang adaptif terhadap lingkungan meteorologis dan klimatologis. b. Istilah-istilah penting dalam bidang meteorologis dan klimatologis. c. Konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan meteorologis dan klimatologis. 2.2. Uraian Materi 2.2.1. Kelembaban Kelembaban merupakan persentase kandungan uap air di atmosfer, termasuk udara di sekitar dan di dalam bangunan. Kelembaban udara dapat diukur dengan alat termokopel atau sensor kelembaban udara lainnya. Standar kelembaban udara relatif untuk Indonesia adalah 60%.

Peraturan **Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 2 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung** Hijau menetapkan agar bangunan memiliki kelembaban relatif 50% - 70%.⁴ Di negara-negara sub tropis, kelembaban relatif yang dianjurkan lebih rendah daripada daerah tropis. Di Jepang, yang merupakan negara sub tropis, rentang yang diizinkan lebih besar, yaitu 40% - 70%.⁵ Sementara itu di Eropa, khususnya kawasan Eropa Utara, rentang kelembaban optimal adalah 30%-60%.⁶

Alasan adanya rentang standar yang berbeda-beda ini adalah karena memang pada zona berbeda di Bumi, masalah-masalah yang ditimbulkan oleh kelembaban yang terlalu 4 Sebelumnya SNI menetapkan kelembaban udara yang dianjurkan di Indonesia adalah 40% - 50% dan boleh sampai berkisar 55%-60% untuk ruangan dengan jumlah orang yang padat seperti ruang pertemuan. Badan Standardisasi Nasional, SNI **03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung.** 5 Tsutsumi, Effects of Low Humidity on Human Comfort and Productivity 6 Sauskis I. *Indoor Climate* Pinclain cetal sn: Wat Bett ings, 73. 8 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** rendah atau terlalu tinggi dapat memiliki rentang yang berbeda-beda.

Bakteri dan virus tumbuh pesat pada suasana terlalu lembab maupun terlalu kering, mengakibatkan alergi dan asma pada kedua situasi tersebut. Kelembaban yang terlalu tinggi meningkatkan perkembangbiakan jamur dan kutu serta mempercepat reaksi kimia. Kelembaban yang terlalu rendah meningkatkan infeksi pernapasan dan produksi ozon.⁷ Hidup dalam kondisi yang terlalu lembab akan menyebabkan rambut lebih

mudah acak - acakan dan tubuh lebih mudah basah serta merasa lengket. Sementara itu, kondisi dengan kelembaban sangat rendah akan membuat kulit kering, tenggorokan kering, dan iritasi sinus, yang pada gilirannya dapat bertumpuk membawa pada rasa sakit statik.

Selain itu, situasi kering membuat kita justru merasa kedinginan, tidak peduli berapapun suhu udara. Intinya, semakin rendah kelembaban udara, semakin banyak tubuh mengeluarkan uap air untuk menjaga keseimbangan di udara, menjadikan tubuh menjadi lebih kering. Perubahan dari kondisi kelembaban rendah ke tinggi membuat tubuh menjadi lebih mudah lelah. 8 Bagi bangunan, kelembaban tinggi juga berdampak pada terkelupasnya cat, kertas dinding, dan kehancuran kayu, khususnya kayu tipis seperti triplek (Gambar 2. 1).

Selain itu, kayu menjadi bengkok, sementara itu, kelembaban rendah membawa pada keretakan dan patahnya furnitur kayu, plaster, dan kayu lainnya. Gambar 2.1. Efek Kelembaban pada Bangunan 9 7 Ibid. 8 Tsumi I. Effect of Humidity on the Durability of Wood in Buildings, 71. Arsitektur dan Lingkungan | 9 Bangunan telah memberikan dampak pada kelembaban udara. Akibat aktivitas manusia yang membawa pada pemanasan global, semakin tahun kelembaban udara di bumi semakin tinggi.

Penelitian menunjukkan kalau atmosfer planet ini mengalami peningkatan kandungan uap air 0,41 kg/m² per dekade sejak tahun 1988 karena aktivitas manusia. 10 Karena peningkatan kelembaban ini, hujan akan semakin lebat dan badai akan lebih sering terjadi seiring waktu. 11 Bagaimana mungkin udara yang semakin panas justru semakin membuat hujan yang lebat? Hal ini menjadi masuk akal jika kita memandang planet Bumi sebagai sebuah sistem tertutup. Ketika udara panas di permukaan Bumi, air akan menjadi lebih banyak menguap.

Uap air ini tentunya pergi ke atmosfer. Akibatnya, uap air di atmosfer bertambah banyak. Setiap kenaikan suhu 1°C, udara menyerap 6 - 7% lebih banyak uap air. 12 Pada gilirannya, udara basah di atmosfer akan menumpuk tetapi tidak turun pada ukuran awan yang normal karena bagian permukaan Bumi masih terlalu panas. Pada akhirnya, awan akan menjadi terlalu berat sehingga akhirnya menurunkan hujan dalam jumlah besar, mengakibatkan terjadinya banjir dan longsor. Di negara tropis basah seperti Indonesia, kondisi kelembaban udara dapat mencapai 80%.

Di hutan rimba di pegunungan, kelembaban bahkan dapat lebih tinggi lagi. Perhatikan peta kelembaban udara Indonesia tahun 2015 di bawah. Kawasan pedalaman Kalimantan dan Papua memiliki kelembaban hingga 95%, nyaris mencapai 100% yang

merupakan situasi dimana uap air telah menjadi air (embun). Karenanya, lebih mungkin kalau bangunan di Indonesia terpapar pada udara berkelembaban tinggi daripada kelembaban rendah. Catat bahwa kelembaban 80% tersebut 10% lebih tinggi dari kelembaban yang nyaman dan diizinkan untuk bangunan.

10 Santer -Induced Changes in Atmospheric 11 12 10 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Gambar 2.2. Peta Kelembaban Udara Indonesia 201513 Bangunan mendapatkan kondisi lembab dari berbagai sumber. Sumber eksternal mencakup air yang bocor dari hujan, banjir, dan air tanah, maupun uap air dari tanah dan angin. Sumber dari dalam bangunan berupa kegiatan memasak, mandi, mengairi, tanaman, bernapas, mencuci piring, dan sebagainya, yang berbentuk uap air.¹⁴ Karena kelembaban berasal dari kandungan uap air, maka otomatis, agar tidak terlalu lembab, bangunan harusnya tidak menggunakan unsur air. Bangunan jangan sampai memiliki bukaan air seperti kolam yang terlalu luas dan terlalu dekat dengan bangunan.

Sejalan dengan ini pula, maka upaya untuk beradaptasi dengan kelembaban adalah dengan mencegah agar bangunan mengalami peningkatan kelembaban dan jika lingkungan di luar sangat lembab, maka jangan sampai selubung dan bagian dalam bangunan terkena dampak. Jika udara lembab masuk, maka kelembaban harus diturunkan. Tentu lebih baik agar udara lembab tidak dapat masuk. Udara lembab dapat masuk melalui celah - celah bangunan. Sebagian dari udara ini ^{13 14} ign: A Way to Arsitektur dan Lingkungan | 11 terkondensasi di celah dan permukaan dingin tersebut, menciptakan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme. Karenanya, dinding bangunan perlu terisolasi dengan rapat.

Jika udara lembab yang tinggi ada di dalam bangunan, maka udara lembab ini perlu dikeluarkan dan fungsi pengeluaran ini diberikan oleh ventilasi. Upaya perlindungan dari celah-celah juga berfungsi untuk mencegah agar kelembaban yang tinggi di dalam tidak menyusup ke luar. Hal ini terjadi terutama pada ruangan-ruangan paling lembab di rumah, yaitu dapur dan kamar mandi serta tempat laundry. Pada kedua ruangan ini, penting untuk mendesain selubung dalam yang tidak bercelah atau walaupun ada, sangat sempit hingga tidak terlihat.

Celah atau bentuk lain seperti retak dan sambungan, akan memberikan ruang bagi rembesan uap air dan mengakibatkan masalah. Sebagai alternatif, pemakaian unsur kayu dapat mengatasi masalah kelembaban. Kayu akan menyerap uap air jika udara terlalu lembab **dan melepaskan uap air** jika kelembaban udara terlalu rendah. Akibatnya, kayu merupakan bahan yang ideal untuk melakukan stabilisasi kelembaban udara. Kayu cocok untuk kebutuhan bangunan yang berada pada lingkungan sangat lembab seperti di tepi danau, sungai, atau laut. Pada lingkungan ini, baja akan lebih mudah berkarat.

Contoh pemakaian kayu pada bangunan untuk mengatasi kelembaban dapat ditemukan pada kolam renang tertutup di Grandview Heights Aquatic Center, Surrey, Kanada. Pada wahana akuatik ini, bagian langit-langit kolam renang dipasang kayu sehingga uap air dari kolam renang dapat ditangkap dan menurunkan kelembaban udara. Selain itu, efek dari langit-langit kayu ini menurunkan biaya operasional bangunan, sebagian karena reduksi biaya pemanasan ruangan.¹⁵ Pemakaian kayu lebih baik daripada sekedar memasang langit-langit dengan bahan tahan kelembaban yang tidak berfungsi menurunkan kelembaban. 15 ABC 12 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Gambar 2.3.

Dua Contoh Pemakaian Kayu untuk Langit-Langit Kolam Renang Indoor¹⁶ Jika bangunan tidak mungkin ditambah dengan unsur kayu, keberadaan pohon di dekat bangunan diperlukan. Pohon memiliki bagian berkayu dan karenanya, dapat menggantikan fungsi kayu pada bangunan untuk mengelola kelembaban. Walau begitu, fungsi ini tidak sempurna dilakukan oleh pohon karena pohon merupakan makhluk hidup dan karenanya, memiliki regulasi kelembaban bagi dirinya sendiri.

Secara agregat, pohon akan memberikan kelembaban yang tinggi karena proses biologis yang dilakukannya. Akibatnya, pohon cocok ditanam pada lingkungan dengan kelembaban rendah guna meningkatkan kelembaban udara, misalnya pada daerah terbuka. Pohon dengan tajuk bulat dan bulat terbuka lebih baik dalam meningkatkan kelembaban udara dibandingkan pohon dengan tajuk payung.¹⁷ Bangunan dengan ruang bawah tanah juga rentan mengalami masalah dengan kelembaban karena bagian bawah tanah memiliki kelembaban yang tinggi.

Bahan khusus tahan lembab diperlukan untuk mencegah kelembaban yang terlalu tinggi disertai dengan cat yang mengandung membran anti lembab. Pada musim kemarau, kelembaban di dalam ruangan bawah tanah justru akan meningkat karena ruangan sepenuhnya terisolasi dari udara luar yang panas. Hal ini mengakibatkan kondensasi pada dinding dalam. Akibatnya, dinding ruang bawah tanah menjadi dingin di musim kemarau. Isolasi dapat diberikan pada bagian luar dinding ruang bawah tanah 16 Gambar Kiri dari ABC+D, Februari 2017, hal. 70; Gambar Kanan dari ABC+D, Januari 2017, hal. 8-10; 10.

¹⁷ Femy, Kelembaban Relatif Udara, Pada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Arsitektur dan Lingkungan | 13 sebelum ruang tersebut dibangun sehingga mencegah kelembaban terlalu tinggi ketika musim kemarau. **Hal ini dapat dilakukan dengan** membuat bangunan tidak langsung kontak dengan tanah. Perlu ada jarak sekitar 3500 mm² per meter persegi luas lantai. Jika ini tidak mungkin karena bangunan telah dibuat, dapat diberikan lembaran polietilen sebagai penutup lantai/dinding,

terutama jika di tanah terdapat kandungan air yang sangat tinggi.

Jarak dari lantai ke lembar polietilen perlu diberikan ruang kosong minimum 700 mm² per luas lantai.¹⁸ Selain itu, perlu dipasang AC atau dehumidifier guna mengendalikan kelembaban di dalam ruangan ini. Bahan seperti bentonite dapat pula digunakan untuk menghilangkan masalah kelembaban di ruang bawah tanah. ¹⁹ Cara lain yang dapat dilakukan selain cara di atas untuk mengendalikan kelembaban adalah: 20 a. Ventilasi pasif dengan memasang ventilasi yang berhadapan b. Pembuangan uap air langsung di dekat sumber kelembaban seperti pemasangan kipas pembuang di kamar mandi dan cerobong di atas kompor. c. Memanaskan ruangan.

Untuk mencegah kontribusi bangunan pada kelembaban udara, penggunaan air bangunan harus lebih efisien. Hal ini dapat berangkat dari pemakaian sumber air seperti air hujan, air bekas wudhu, atau air kondensasi AC. Air-air ini umumnya dibiarkan saja sehingga akhirnya menguap dan menambah kelembaban udara. Sementara itu, penghuni menggunakan air dari sumber lain seperti PDAM, yang menambah lebih banyak kelembaban udara. Jika sumber air alternatif yang digunakan, maka kontribusi bangunan pada kelembaban udara dapat minimal. Selain itu, air PDAM sendiri akan tetap tertampung di dalam bangunan tertutup sehingga uapnya tidak lepas ke atmosfer.

Tidak perlu khawatir dengan kurangnya uap air untuk menurunkan hujan di atmosfer karena lautan dan samudera telah menyediakan uap air yang cukup untuk ini. ¹⁸ nciples in Architectural Design: A Way to ¹⁹ Ibid., 69. ²⁰ Ibid., 71. 14 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. 2.2.2. Suhu Sama halnya dengan kelembaban, manusia dan bangunan juga memerlukan suhu yang optimal untuk hidup dengan nyaman. Suhu yang terlalu rendah (dibawah 16°C)²¹ akan meningkatkan risiko kematian, mengganggu peredaran darah, dan meningkatkan kerentanan terkena penyakit menular, khususnya penyakit menular pernapasan seperti flu, bronkitis, dan bronkophenumonia.

²² Hal ini disebabkan penurunan suhu di saluran pernapasan menurunkan daya tahan silia mukus, yang pada gilirannya mengakibatkan terjadinya pendarahan, memudahkan patogen dari udara untuk masuk langsung ke saluran darah. ²³ Tubuh yang dingin sulit menyerap nutrisi seperti vitamin C dan D, sehingga meningkatkan risiko terkena penyakit jantung. ²⁴ Selain itu, suhu yang terlalu dingin juga memudahkan pertumbuhan jamur dan lumut yang pada gilirannya memicu alergi dan infeksi pernapasan.

²⁵ Pada suhu yang terlalu panas, risiko kematian juga menjadi lebih tinggi, terutama karena panas berlebihan membuat gangguan sistem peredaran darah, meningkatkan risiko serangan jantung ²⁶ atau minimal meningkatkan agresivitas manusia. Sementara

itu, bagi bahan bangunan, suhu sangat panas akan mengakibatkan kerusakan yang serius, apa lagi kenaikan suhu terjadi pada waktu singkat dan sangat tajam, seperti pada saat kebakaran atau terkena api. Suhu yang cukup panas akan mempercepat kerusakan bahan bangunan karena meningkatnya kecepatan reaksi kimia pada permukaan bahan, khususnya pada lingkungan yang tercemar.

27 21 22 ilkinson, Arterial Pressure during Mild Surface Cooling: Factors in Mortality from Coronary and C -Induced Increases in Erythrocyte Count, Plasma-Cholesterol and Plasma-Fibrinogen of Elderly People without a Comparable Rise in Protein-C or Factor-Cardiovascular Mortality 23 24 25 26 27 Arsitektur dan Lingkungan | 15 Suhu yang terlalu dingin juga merusak bahan bangunan karena adanya lapisan kondensasi di permukaan bahan. Pada lingkungan yang tercemar, polutan akan ikut menempel pada permukaan bahan, mengakibatkan kerusakan lebih cepat lagi. 28 Perubahan suhu yang terlalu sering (fluktuatif) dapat berpengaruh buruk pada bahan bangunan.

Perubahan suhu membawa pada perubahan gradien suhu antara lapisan permukaan dan lapisan dalam bahan, khususnya pada bahan dengan konduktivitas termal rendah, mengakibatkan penurunan sifat unggul bahan dan menciptakan keretakan - keretakan halus. Keretakan ini berdampak pada kehilangan kekuatan dan daya tahan kimia bahan. 29 Selain itu, akan terjadi pemuatan khususnya pada butir - butir batu, pemuatan air pada pembuluh kapiler, dan pergeseran berbagai bahan pada sambungan. 30 **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 2 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung Hijau** menetapkan agar bangunan yang memiliki AC harus direncanakan dengan suhu minimal $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sama seperti SNI 03 - 6572 - 2001.

Sebagai tambahan, SNI 03 - 6572 - 2001 menetapkan daerah kenyamanan termal daerah tropis dalam tiga kelompok yaitu: 1) Sejuk nyaman, suhu efektif antara $20,5^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$. 2) Nyaman optimal, suhu efektif antara $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$. 3) Hangat nyaman, suhu efektif antara $25,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$. Sekarang mari kita lihat suhu rata-rata sepanjang tahun di Indonesia. Seperti dapat dilihat pada Gambar di halaman berikutnya, kondisi sejuk nyaman sebenarnya hanya ditemukan di pedalaman Kalimantan dan Papua.

Kondisi nyaman optimal bisa ditemukan di kawasan Sumatera (kecuali Aceh), Jawa bagian barat, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Kondisi hangat nyaman ada di Jawa, sementara di kawasan **Maluku dan Nusa Tenggara** Timur rata-rata berada di zona panas. 28 Ibid. 29 Ibid. 30 Ibid. 16 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Gambar 2.4. Peta Suhu Indonesia 201531 Memang jika kita hanya melihat pada peta di atas, hampir seluruh wilayah Indonesia berada pada zona suhu yang nyaman secara termal. Tetapi data di atas diperoleh dengan merata-ratakan suhu yang diukur setiap enam jam sepanjang tahun. Jelas siang hari lebih panas dari malam hari dan musim kemarau lebih panas dari musim

hujan.

Pada peta di atas, suhu Pontianak dan Medan rata-rata adalah 25°C, tetapi suhu minimum sebenarnya adalah 22°C dan maksimum dapat mencapai 33°C. Ambon yang memiliki suhu rata-rata 27-28°C juga memiliki suhu minimum 22°C dan maksimum 33°C. Jakarta yang rata-rata memiliki suhu 25°C paling rendah hanya dapat mencapai suhu 24°C sementara Bandung yang rata-rata 25°C memiliki rentang suhu minimum-maksimum 17-28°C.³² Artinya, ada variasi yang cukup besar dalam rentang suhu di Indonesia dan pada beberapa daerah seperti Pontianak, Medan, Ambon, dan Jakarta, bahkan Bandung, dapat berada dalam suhu yang diatas nyaman termal.

Sebagai konsekuensinya, suhu di dalam bangunan agar tetap nyaman pada umumnya harus lebih rendah dari suhu di luar ruangan. ³¹ ³² - Arsitektur dan Lingkungan | 17 Solusi pintas yang diambil untuk mendinginkan ruangan adalah pemakaian AC. Walau begitu, AC tidaklah ramah lingkungan. Lagi pula, walaupun suhu AC yang direkomendasikan adalah 25°C, kebanyakan orang menggunakan AC pada level suhu dibawah itu, bahkan ada yang terbiasa memakai AC pada suhu 16°C. Hal ini berlebihan dan membuat pemborosan pada energi listrik. Faktanya, penggunaan AC dan aktivitas manusia secara umum yang menghasilkan panas, telah meningkatkan suhu rata-rata Bumi.

Inilah yang secara umum disebut pemanasan global dan ini pula yang memicu berbagai upaya untuk menjaga agar Bumi tidak menjadi begitu panas. Faktanya, BMKG telah menghitung, berdasarkan data suhu tahun 1981-2016, bahwa suhu di Indonesia, baik itu minimum, rata-rata, atau maksimum, naik 0,03°C per tahun.³³ Suhu rata-rata Indonesia tahun 2014 adalah 1°C lebih tinggi dari suhu Indonesia tahun 1981. Hal ini seolah tidak besar tetapi sebenarnya, telah **meningkatkan volume air di** atmosfer dan mengakibatkan hujan yang lebih lebat dan banjir yang lebih parah.

Cara tradisional untuk menjaga bangunan dingin pada kawasan yang umumnya panas adalah dengan menggunakan bahan-bahan unsur berat. Bahan-bahan unsur berat ini perlu waktu lama untuk menyerap panas dan juga perlu waktu lama pula untuk melepaskan panas (menjadi dingin). Artinya, bahan-bahan ini mampu memperlambat aliran suhu. Contoh bahan berat adalah batu atau batu bata. Walau begitu, bahan berat ini cenderung lebih mahal, memakan ruang yang besar, dan memerlukan struktur tambahan. ³⁴ Belakangan telah muncul teknologi bahan yang dapat menggantikan batu atau batu bata, tetapi memiliki kemampuan yang sama.

Bahan-bahan ini disebut bahan berubah fase. Kemampuan bahan untuk menyerap panas dan melepaskannya secara perlahan disebut massa termal. Bahan dengan massa

termal tinggi dapat meningkatkan keramahan lingkungan karena tidak memerlukan bagian mekanik serta dapat mereduksi kebutuhan peralatan pemanas atau pendingin untuk bangunan. 35 33 BMKG 34 35 Ibid., 85. 18 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Pada lingkungan suhu tinggi, cat perlu ditambah dengan campuran anti api (retardant).

Pelapis anti api juga perlu untuk unsur kayu tetapi hal ini dapat menghilangkan kemampuan kayu dalam mengelola kelembaban karena pelapis anti api memblokir akses kayu dengan udara. Pada lingkungan eksternal memiliki suhu lebih rendah dari di dalam rumah, perlu dijaga agar panas yang ada di dalam bangunan tidak lepas ke luar. Panas cenderung mengalir dari suhu panas ke suhu dingin sehingga tanpa upaya menjaga suhu, suhu di dalam bangunan akan lepas. Hunian biasa dari dinding padat mudah mengalami kehilangan suhu.

Panas dapat keluar masuk dengan mudah karena dinding padat umumnya mudah mentransfer panas. Isolasi dinding dapat dilakukan secara internal atau eksternal. Isolasi secara internal dilakukan dengan langsung memasang papan isolasi di dalam rumah. Isolasi secara eksternal dilakukan dengan memasang bingkai kayu. Skema pemasangan dinding dengan bingkai kayu eksternal ditunjukkan pada Gambar berikut. Gambar 2.5. Dinding dengan Bingkai Kayu Eksternal³⁶ Perlu pula dilakukan pemeriksaan terhadap adanya celah dan lubang. Celah dan lubang dapat mengakibatkan udara hangat ke luar jika di luar lebih dingin.

Angin dapat masuk ke dalam celah lalu mengangkut udara panas ke luar melalui celah lain atau celah yang ³⁶ Ibid., 77. Arsitektur dan Lingkungan | 19 sama.³⁷ Celah dan lubang dapat diisi dengan bahan penutup mastik, yaitu bentuk cair dari produk berbasis silikon. Penutup mastik akan menyusup ke dalam lubang lalu ketika mengering menjadi seperti karet. Selain itu, dapat pula dengan plaster busa lengket. Plaster ini biasa dijual di toko buku dalam bentuk gulungan dan dapat langsung ditempelkan ke pinggir bukaan jendela atau pintu sehingga dapat membantu menyegel lubang. ³⁸ Untuk atap dan lantai, isolasi juga diperlukan.

Untuk atap, isolasi cukup dipasang di langit-langit. Hal ini akan mereduksi kehilangan panas dari dalam rumah jika udara luar dingin, atau mengurangi panas yang diperoleh dari luar jika udara di luar lebih panas. Atap seharusnya miring untuk mengucurkan air hujan langsung ke bawah lewat talang dan kemudian ditampung oleh penampung air untuk digunakan untuk keperluan rumah. Atap miring juga mencegah terjadinya bocor yang meningkatkan kelembaban di dalam rumah. Pada bagian lantai, isolasi berfungsi mencegah kelembaban untuk masuk ke dalam rumah dari tanah. ³⁹ Jika pada saat pembangunan diprediksikan kalau lantai akan terlalu dingin, perlu dipasang pipa di bawah lantai.

Pipa ini perlu dialiri air panas pada saat lantai terlalu dingin. Air panas dapat dimasukkan secara manual atau menggunakan pompa air panas. Jendela merupakan bukaan yang wajib ada dan tidak dapat diisolasi, sehingga panas tetap dapat keluar atau masuk dari jendela. Menutup jendela tidak mencegah transfer panas karena kaca juga mudah menghantar panas, apalagi panas dari sinar matahari. Cara yang tepat adalah dengan memasang shading di eksterior bangunan. Shading ini akan **mereduksi panas dari matahari** yang menuju ke bangunan.

Keberadaan shading akan sangat bermanfaat untuk membantu mengurangi pemakaian AC untuk mendinginkan bangunan jika udara di luar panas.^{41 37 15. 38 39 Ibid., 81. 40 Ibid., 59. 41 Ibid., 84. 20 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Cara lain yang digunakan pada bangunan yang besar untuk mengisolasi bangunan adalah dengan membuat slab semen dengan inti bolong sebagai langit-langit dan lantai. Pada siang musim kemarau, slab semen ini akan berfungsi sebagai pendingin karena udara dari luar yang panas akan memasuki kawasan bolong terlebih dahulu dan menjadi dingin sebelum masuk ke dalam rumah.}

Di saat yang sama, udara panas dari pernapasan, mesin, dan aktivitas lain di dalam rumah juga terserap oleh slab ini. Ketika malam, slab ini menjadi dingin memaknai udara luar. Pada musim hujan, panas berlebih akan diserap oleh slab dan dilepaskan pada malam hari sehingga pada malam udara lebih hangat di dalam rumah).^{42 2.2.3. Radiasi Matahari} Radiasi matahari yang sampai ke Bumi adalah sebesar 1.367 W/m^2 . Dari jumlah ini, 30% dipantulkan, 17% **diserap oleh atmosfer, dan** 53% mencapai permukaan Bumi. Dari 53% yang sampai ini, 31% berupa radiasi langsung dan 22% berupa radiasi difus (tersebar).⁴³ Ketika sampai ke permukaan bahan, tergantung dari sifat bahan, radiasi matahari akan dipantulkan kembali sekitar 10% - 60%. Pantulan ini dapat bersifat spekulat (tunggal) atau bersifat difus (jamak).

Berdasarkan energi total yang diberikannya ke bumi, 6,5% radiasi matahari adalah ultraviolet, 47,9% cahaya tampak, dan 45,6% cahaya inframerah. ⁴⁴ Perilaku manusia secara tidak langsung telah memberikan dampak pada sinar matahari yang datang ke bumi. Aktivitas manusia mengakibatkan banyaknya gas rumah kaca dan partikel kecil (aerosol) di udara, yang mengakibatkan perubahan komposisi radiasi matahari. Fenomena ini disebut pemaksaan radiasi (radiative forcing).⁴⁵ Selain fenomena pemaksaan radiasi, terdapat pula fenomena ABC (Atmospheric Brown Cloud – awan coklat atmosfer).

ABC merupakan awan yang berisi partikel dan pencemaran udara, entah itu abu industri, bahan bakar batu bara, emisi dari kendaraan bermotor, kotoran, tanaman,

pembakaran hutan, dan pembakaran kayu. ABC terbentuk 42 Ibid. 43 - 44 Ibid., 31. 45 Arsitektur dan Lingkungan | 21 umumnya pada situasi ketika telah lama tidak hujan karena hujan perlu untuk mencuci atmosfer dari partikel-partikel ini. ABC telah mengurangi sinar matahari sebanyak 20% sejak fenomena ini terdeteksi tahun 1970-an dan meningkatkan suhu daratan yang ada dibawahnya. ABC juga diyakini bertanggungjawab atas melelehnya salju di kawasan Himalaya.⁴⁶ Radiasi matahari yang terlalu terik dapat memberikan efek buruk pada bahan bangunan. Bahan yang mengandung senyawa sulfur dioksida akan tereksitasi ketika mendapatkan **sinar matahari dengan panjang gelombang** 340 - 400 nm.

Eksitasi ini mengubah sulfur dioksida menjadi sulfur trioksida yang jika terpapar dengan embun **dan uap air akan** menjadi aerosol asam sulfat yang korosif. Sinar matahari juga bereaksi dengan **gas nitrogen oksida dan** gas - gas organik serta uap air untuk menghasilkan ozon. Ozon akan mempercepat kerusakan material organik sintesis seperti cat pelindung sehingga membuat bahan yang dilindunginya, misalnya logam, kayu, tembok, tidak lagi terlindung dari efek lingkungan.

47 Terpapar sinar matahari terlalu banyak juga memberikan efek buruk pada kesehatan. 48 Paparan sinar ultraviolet berlebihan dapat mengubah kondisi kulit seperti mempercepat penuaan, meningkatkan jumlah kutu I, kulit terbakar matahari, dan bahkan mengakibatkan kanker kulit, akibat sinar ultraviolet merusak keratinosit dan saluran darahnya. Efek ultraviolet akut pada mata dapat berupa fotokeratitis dan fotokonjunktivis , yang dapat disebut sebagai mata terbakar. Efek kronis dapat berupa pterygium (warna putih atau krim di kornea), kanker konjunktiva, dan katarak.

Langsung memandang matahari dapat mengakibatkan kerusakan pada macula leutea di retina, mengakibatkan kesulitan dalam melihat secara detail, yang pada gilirannya membuat sulit membaca, menonton TV, mengendarai kendaraan, menjahit, mengenali wajah, dan sejenisnya yang memerlukan penglihatan detail. Sinar ultra violet juga menekan respon kekebalan tubuh manusia dan memudahkan penularan penyakit. Sinar inframerah yang memiliki karakter panas akan menghasilkan efek yang sama dengan suhu panas 46 6. 47 48 WHO 22 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** pada tubuh, yaitu memicu serangan jantung, mimpi buruk, agresivitas, dan reaksi lainnya, khususnya pada manula atau bayi/balita atau orang yang lemah.

Reaksi manusia terhadap radiasi matahari dengan memanipulasi bangunan sebenarnya cukup sederhana. Ketika radiasi matahari dipandang terlalu tinggi, penghuni tentu akan menutup jendela, blind, atau tirai. Jika bagian dalam bangunan terasa terlalu pengap atau dingin, bukaan tersebut akan dibuka. Ketersediaan radiasi matahari yang berbeda-beda sepanjang waktu dari pagi hingga sore juga akan mendorong dinamika

manusia dalam mengelola cahaya yang datang tersebut. Idealnya, jika memang cahaya matahari di luar bangunan terang, maka semestinya cahaya matahari dipilih ketimbang cahaya buatan. Hal ini akan menghemat energi.

Walaupun saat ini telah ada lampu LED yang sangat hemat energi, harga lampu tersebut mahal karena dibuat dengan tangan (robot masih belum mampu merangkai sirkuit LED karena masih terlalu kompleks). Lebih dari itu, walaupun tidak mengandung merkuri, LED justru mengandung timbal, arsenik, dan sejumlah zat beracun lainnya yang berbahaya bagi kesehatan jika bocor atau pecah.⁴⁹ LED mengandung nikel yang bersifat alergenik bagi 20% orang. LED juga mengandung tembaga yang dapat hanyut ke sungai dan danau dan meracuni kehidupan air. Pengambilan zat-zat tersebut pun mengeksploitasi Bumi dan berpotensi menghasilkan masalah lingkungan hidup.

Manipulasi jendela tidak menghalangi radiasi yang datang dan mengenai dinding. Pada situasi ini, radiasi akan menghasilkan panas yang diteruskan ke dalam bangunan. Adaptasi terhadap kondisi ini adalah dengan memanfaatkan panas tersebut atau setidaknya, mengisolasi bangunan dari panas tersebut. Terkait masalah isolasi, kita telah membahasnya di bagian suhu. Terkait pemanfaatan panas matahari, banyak ide dapat diambil. Contoh paling mudah adalah dengan memasang galon air sehingga diperoleh air hangat untuk berbagai keperluan.

Contoh lain adalah memasang tanaman di dekat dinding sehingga sinar matahari mengenai tanaman tersebut dan 49 -Emitting Diodes (Ds)MetResoces,Toit nd doWastCsicio? Arsitektur dan Lingkungan | 23 membantu fotosintesis, ketimbang mengenai dinding dan memanaskannya. Sebagaimana kita ketahui, matahari terbit di timur dan tenggelam di barat. Sementara itu, bangunan seperti rumah umumnya memiliki bentuk persegi panjang dengan bagian depan dan belakang lebih pendek dari bagian samping kiri dan kanan. Lebih lanjut, pada umumnya bagian samping rumah didominasi oleh dinding. Akibatnya, jika rumah menghadap ke utara atau ke selatan, seperti rumah-rumah di Jawa pada umumnya, maka dinding akan menghadap ke arah terbit dan tenggelam matahari.

Pada posisi ini, rumah akan lebih panas karena mendapat sinar matahari langsung melalui dinding. Pada pagi hari, sisi yang menghadap ke timur menjadi lebih panas, sementara pada sore hari, sisi yang menghadap barat menjadi lebih panas. Karenanya, untuk meminimalkan panas, rumah harus menghadap ke barat atau ke timur. Bagian depan rumah lebih baik menghadap ke barat dibandingkan ke timur karena radiasi matahari langsung pada sore hari umumnya lebih sedikit daripada radiasi matahari langsung pada pagi hari.

Jika tidak dapat dilakukan, perlu ada shading guna meminimalkan radiasi yang datang. Jika rumah menghadap ke barat-timur, maka jendela sisi utara- selatan tidak lagi memerlukan shading karena hampir tidak ada waktu dimana radiasi matahari langsung mengenai jendela-jendela tersebut. Kalaupun ada, sudutnya sangat tipis sehingga terserap oleh dinding, terlebih jika jendela dipasang sedikit masuk ke dalam (tidak sejajar dengan dinding).⁵⁰ Untuk jendela yang menghadap barat - timur, selain blind, overhang (kanopi) jendela dapat dipasang.

Overhang ini akan membantu menghilangkan cahaya matahari ketika matahari telah/masih cukup tinggi. Pada posisi rendah sendiri, radiasi biasanya sudah terblokir dengan tembok atau pohon.⁵¹ Jika anggaran cukup besar dan luas lahan cukup luas, layout rumah dapat menambahkan ruang kosong atau tanpa AC yang berfungsi semata untuk menyangga/mengisolasi sinar matahari. Ruang kosong ini misalnya koridor yang tergolong ruang yang jarang didiami seseorang dalam waktu lama. Koridor cocok untuk bangunan dengan orientasi utara - selatan dengan menempatkan koridor di sisi kiri dan/atau kanan ⁵⁰ ⁵¹ Shading 24 | Dr. Ir.

Zuber Angkasa, M.T. bangunan. Selain itu, jika biaya juga tersedia banyak, pemasangan panel surya dapat dilakukan di sisi bangunan yang mengarah ke barat-timur untuk mendapatkan listrik secara mandiri dan bebas polusi. Walau begitu, jika bangunan memang ditujukan untuk memanfaatkan panas matahari, maka orientasi ke utara atau timur justru harus dipilih. Pada posisi ini, bagian samping bangunan dapat diisi dengan jendela-jendela lebar. Jendela-jendela ini akan menjadi sumber cahaya alami bagi bagian dalam ruangan, sementara panas dapat ditahan dengan lapisan khusus di kaca atau dengan membeli kaca jenis khusus yang tetap memasukkan cahaya tetapi menahan panas.

Bangunan-bangunan di desa Porthowan, Inggris, dibuat sengaja hampir seluruhnya menghadap selatan guna meminimalkan pemakaian bahan bakar fosil dan biaya energi karena memanen sinar matahari untuk kebutuhan penghangatan ruangan.⁵² Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 2 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung Hijau menetapkan agar bangunan berorientasi ke utara - selatan karena lebih mengutamakan pemakaian cahaya matahari untuk penerangan alami ketimbang sebagai sumber panas yang harus di jauhi. Hal ini mendukung SNI 2396:2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung dan SNI 6197:2011 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung.

Walaupun begitu, peraturan ini tetap meminta agar rambatan sinar matahari diminimalisir pada dinding - dinding yang ada. Hal ini didukung dengan rekomendasi untuk

meningkatkan nilai pantul matahari, khususnya pada penutup atap dan perkerasan. Semakin terang warna suatu bahan, semakin tinggi nilai pantul matahari dari bahan tersebut. Tabel berikut menunjukkan nilai pantul matahari sejumlah penutup permukaan. 53 Tabel 1.1. Nilai Pantul Matahari sejumlah Penutup Permukaan Tipe Penutup Permukaan Nilai Pantul Matahari Cat hitam 0,00 Shingle aspal hijau 0,18 52 53 Akbari et al.,

ASTM Standards for Measuring Solar Reflectance and Infrared Emittance of Construction Materials and Comparing their Steady - State Surface Temperatures. Arsitektur dan Lingkungan | 25 Cat hitam dengan film XIR 0,28 Shingle aspal putih 0,35 Pelapis atap aluminium 0,44 Cat merah (pigmen hematit) 0,53 Pelapis semen putih pada permukaan granular 0,78 Cat putih (pigmen oksida titanium) 1,00 Sumber: Akbari et al, 1994 Sementara itu, untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan serta atap, dilakukan pembatasan terhadap OTTV dan RTTV sebesar maksimum 35 Watt/m².

OTTV merupakan nilai perpindahan termal menyeluruh (Overall Thermal Transfer Value) yang merupakan suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan. Sementara itu, RTTV adalah nilai perpindahan termal atap (Roof Thermal Transfer Value) yang merupakan nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk penutup atap yang dilengkapi dengan skylight. OTTV dan RTTV dihitung berdasarkan pada SNI 6389:2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.

Berdasarkan SNI 6389:2011, OTTV dan RTTV dihitung secara manual dan simulasi sebagai berikut: 54 Dengan: OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²) $a_w =$ Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m².K) WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan TD Ek = Beda temperatur ekuivalen (K) SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestration SF = Faktor radiasi matahari (Watt/m²) 54 Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. 26 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. $U_f =$ Transmittansi termal fenestration (W/m².K) = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5 K) Sementara itu, perhitungan untuk menentukan RTTV adalah sebagai berikut: Dengan: RTTV = Nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²) $r =$ Luas atap yang tidak tembus cahaya (m²) $A_s =$ Luas skylight (m²) $A_o =$ Luas total atap = $A_r + A_s$ (m²) $U_r =$ Transmittansi termal atap tak tembus cahaya (Watt/m².K) TD Ek = Beda temperatur ekuivalen (K) SC = Koefisien peneduh dari sistem penetrasi SF = Faktor radiasi matahari (Watt/m²); diambil 316 W/m² $U_s =$ Transmittansi termal penetrasi (skylight) (W/m².K) 2.2.4.

Efek Angin Radiasi matahari yang menimpa planet Bumi tidak seragam di berbagai tempat, tergantung pada koordinat lintang planet. Semakin tinggi lintang (mendekati kutub), radiasi yang diterima dari matahari semakin sedikit. Perbedaan jumlah radiasi ini mengakibatkan perbedaan pada suhu yang terbentuk di lintang-lintang Bumi. **Daerah kutub menerima radiasi** paling sedikit sehingga lebih dingin dan dipenuhi dengan es. Daerah khatulistiwa menerima radiasi paling banyak sehingga lebih panas dan tidak pernah turun salju.

Perbedaan suhu ini berdampak pada perbedaan tekanan udara pula, karena sebagaimana yang kita tahu dari hukum gas ideal, perbedaan suhu gas akan Arsitektur dan Lingkungan | 27 menciptakan pula perbedaan tekanan gas. Gas dengan suhu tinggi memiliki tekanan yang tinggi, sementara gas suhu rendah memiliki tekanan rendah. Fenomena ini pada gilirannya menciptakan fenomena angin. Angin merupakan pergerakan udara dari daerah **tekanan tinggi ke daerah tekanan rendah**. Semakin besar perbedaan tekanan, semakin kuat angin berhembus. Jika hanya karena perbedaan tekanan, tentunya angin pasti bertiup ke arah kutub. Tetapi angin tidak semata merupakan pergerakan dari khatulistiwa ke kutub, ia bergerak ke mana-mana.

Ada dua faktor lain yang turut mengakibatkan dinamisnya gerakan angin karena berbagai gradien tekanan di bumi. Dua faktor yang kuat adalah gaya coriolis dan distribusi daratan-lautan. Gaya Coriolis merupakan gaya yang muncul dari rotasi Bumi pada sumbu miring. Ketika satu sisi (atas) ditekan ke satu arah, maka sisi lain yang kurang mendapatkan tekanan (bawah) akan terdorong ke arah berlawanan. Angin yang terdorong oleh rotasi Bumi ke kiri di daerah tekanan tinggi, akan mendorong angin yang ada di tekanan rendah untuk terdorong ke kanan. Gaya ini membuat angin cenderung mengalir ke kanan **di belahan Bumi utara** dan ke kiri di belahan Bumi selatan.

Sementara itu, bentuk muka Bumi yang tidak rata membuat angin yang mengalir ke satu arah dapat terblokir oleh daratan dan tentunya bergerak ke arah lain. Akibatnya, angin di gunung berbeda dengan di laut, angin di desa berbeda dengan angin di kota. Kecepatan angin di Indonesia relatif merata untuk kawasan khatulistiwa. Pada kawasan ini, kecepatan angin umumnya lebih rendah daripada kawasan selatan seperti Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara, hingga Maluku, maupun kawasan barat Sumatera (Gambar 2.6). Kawasan sekitar Samudera Hindia ini memiliki angin yang lebih kuat daripada kawasan timur Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua, bahkan Samudera Pasifik.

Samudera Pasifik dikenal sebagai Lautan Teduh karena memang angin disini tidak sekuat di Samudera Hindia, setidaknya untuk angin yang ada di pesisir Indonesia (Papua utara dan Maluku). Samudera Hindia terkenal dengan ombak yang ganas dan memunculkan legenda Ratu Pantai Laut Selatan karena angin di daerah ini kuat dan

menciptakan gelombang-gelombang yang besar. 28 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.
Gambar 2.6. Peta Angin Indonesia 201555 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 2 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung Hijau menetapkan agar orientasi, bentuk massa, dan penampilan bangunan disesuaikan dengan arah angin.

Orientasi bangunan gedung khususnya harus adaptif terhadap arah angin, sebagai bagian dari iklim mikro bangunan. Hal ini terutama penting di daerah perkotaan karena profil angin di perkotaan sangat berperan besar bagi kehidupan masyarakat. Angin mengakibatkan perbedaan kualitas udara, tergantung pada jumlah pencemaran udara yang ada dan bagaimana pencemaran ini tersebar.⁵⁶ Di perkotaan, jendela yang terbuka menghadap arah angin tentunya akan menerima angin yang membawa polusi ke dalam bangunan, mengakibatkan masalah kesehatan.

Karena angin umumnya berganti - ganti arah, tidak dapat bangunan sepenuhnya ter lindung dari masalah ini. Lebih mungkin bangunan terkena angin berpolusi jika bangunan berada di tepi jalan. Jika bangunan ini bukan pertokoan yang harus terus terbuka, maka ada baiknya ia lebih sering tertutup. Jika ia harus terus terbuka, perlu ada mekanisme yang mencegah agar pencemaran udara tidak masuk ke dalam bangunan. Jika ada banyak modal dan lahan, hal 55 56 Hausladen, Liedl, and de Saldanha, Building to Suit the Climate: A Handbook, 28. Arsitektur dan Lingkungan | 29 ini dapat dicapai dengan memundurkan muka bangunan cukup jauh dari jalan.

Jika tidak, perlu ada mekanisme filter yang dapat menyaring udara yang masuk atau dilakukan dengan rekayasa struktur, misalnya memasang sejumlah pemblokir (dinding, tanaman, lemari) yang dapat menangkap pencemar dan membalikkan angin. Pohon yang ditanam di tempat yang tepat akan memberikan perlindungan terhadap angin. Pohon tidak perlu besar, semak atau pohon kecil dengan dahan yang rendah tetapi rimbun dapat menjadi penghalang angin yang efektif.⁵⁷ Vegetasi ini tidak memantulkan angin tetapi lebih pada memperlambat kecepatan angin dan berperan sebagai penyaring alami terhadap pencemaran yang dibawa oleh angin tersebut. Ia membuat angin terasa, tetapi tidak terlalu kuat sehingga menerbangkan debu.

Pemakaian pohon untuk penghalang angin sangat cocok untuk rumah yang berada atau menghadap pada kawasan terbuka seperti sawah, lapangan, atau padang rumput seperti dicontohkan pada gambar berikut. Gambar 2.7. Bangunan di Rusia yang Menggunakan Pohon untuk melindungi dari Angin⁵⁸ 57 ign: A Way to 58 30 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Pemasangan pohon juga berlaku untuk mencegah angin di daerah pantai, pesisir danau, dan pesisir sungai. Sebagaimana dalam contoh dari Kota Anyksciai ini, angin dari laut masuk ke sungai dan berpotensi mengenai rumah-rumah yang ada di pinggir sungai. Walau begitu, di pinggir sungai ditanam pohon, membuat angin yang

kencang segera terblokir.

Lebih jauh ke dalam sungai, terdapat pohon dalam kepadatan yang lebih kecil. Pohon-pohon ini memperhalus angin lebih lanjut. Gambar 2.8. Susunan Pohon di Anyksciai⁵⁹ Untuk bukaan seperti ventilasi, filter dapat dipasang atau diganti dengan AC. AC memiliki filter yang dapat menyaring pencemaran udara dari udara yang disirkulasikannya. Walau begitu, AC harus tetap menyala jika tidak ada ventilasi lain **di dalam ruangan agar** tetap ada sirkulasi udara. Seperti telah disebutkan, suhu minimum AC dalam situasi ini adalah 24-26°C. Tentu saja, angin di perkotaan jauh lebih lambat dari daerah terbuka. Perkotaan sangat kasar dan karenanya, angin akan banyak halangan untuk bertiup.

Akibatnya, pencemaran udara cenderung menumpuk dan pertukaran udara sulit terjadi. Apalagi jika di lantai 59 Arsitektur dan Lingkungan | 31 bawah atau bagian lembah kota, dimana sinar matahari yang membawa tekanan udara tidak mampu mencapainya akibat diblokir oleh gedung- gedung tinggi. Tetapi gedung tinggi juga mengakibatkan angin yang kencang secara turbulen di permukaan tanah karena gedung ini memantulkan angin dan pantulan ini dapat ke bawah dan ke atas gedung.

Angin-angin turbulen inilah yang membantu mengurai pencemaran udara di lembah kota. Walaupun angin sangat bervariasi, di setiap titik akan ada kecenderungan arah angin. Setiap kota akan memiliki kecenderungan arah angin yang berbeda dan ini perlu diperiksa menggunakan data arah angin dari BMKG. Untuk adaptasi dengan arah angin, selain yang telah disebutkan, bangunan juga harus memiliki lorong yang sejajar dengan arah angin.⁶⁰ Lorong yang sejajar arah angin memudahkan panas dan polutan yang dibawa angin untuk langsung keluar ketika masuk.

Faktanya, hal ini sudah diterapkan di beberapa rumah tradisional di Indonesia. Rumah adat Minahasa memiliki tangga yang langsung lurus ke pintu depan lalu membawa ke lorong dan langsung mencapai pintu belakang, seolah seperti lubang yang dapat ditusuk. Filosofinya adalah bahwa garis lurus ini membuat hal - hal jahat lebih mudah keluar jika memang ada hal - hal jahat yang masuk. Kekuatan angin menentukan tipe perlindungan apa yang harus diambil terhadap sinar matahari pada jendela. Pada daerah dengan kecepatan angin tinggi, tidaklah bijak untuk menggunakan pelindung matahari eksternal seperti blind luar atau kanopi jendela.

Pelindung radiasi eksternal ini akan lebih mudah rusak karena terkena angin dan karenanya memiliki biaya perawatan yang mahal. Pelindung yang dipilih adalah yang terletak di dalam jendela, di balik jendela (si si internal), atau kaca jendela khusus.⁶¹ Lebih lanjut, langkah isolasi seperti yang telah dilakukan pada unsur kelembaban juga

berlaku untuk angin. Hal ini karena udara lembab dari luar dapat masuk dengan dorongan angin. Pada gilirannya, udara ini mengalami kondensasi di permukaan dalam bangunan dan menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan jamur, lumut, dan bakteri, serta menempelkan polutan di rumah.

60 Hausladen, Liedl, and de Saldanha, *Building to Suit the Climate: A Handbook*, 100. 61 Ibid., 132. 32 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. 2.3. Rangkuman Meteorologis dan klimatologis sebenarnya hanya berbeda dalam dimensi waktu. Meteorologis berkaitan dengan cuaca yang merupakan fenomena atmosfer dalam rentang waktu pendek, sekitar beberapa hari, sementara klimatologis berkaitan dengan iklim, yang merupakan fenomena atmosfer dalam rentang waktu panjang, hingga tahunan dan bahkan milenia. Faktor-faktor dari keduanya kurang lebih sama, yaitu kelembaban, suhu, radiasi matahari, angin, dan sebagainya. Empat yang pertama adalah yang paling interaktif dengan bangunan, dan karenanya, dibahas panjang lebar dalam bab di atas. 2.4.

Tugas Diskusikan dengan kelompok (setiap kelompok 5 orang) dan membuat penilaian kinerja terhadap tugas desain mahasiswa berdasarkan Lampiran II Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor: 86/Se/Dc/2016 Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau. 2.5. Tes Formatif Dalam meteorologi dan klimatologi, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui sebagai dasar untuk memahaminya. Isilah pengertian yang benar untuk istilah dalam meteorologi dan klimatologi pada teks di atas (Gunakanlah literature dan sumber yang relevan). 2.6.

Kunci Jawaban Meteorologis berkaitan dengan cuaca yang merupakan fenomena atmosfer dalam rentang waktu pendek, sekitar beberapa hari, sementara klimatologis berkaitan dengan iklim, yang merupakan fenomena atmosfer dalam rentang waktu panjang, hingga tahunan dan bahkan milenia. *Arsitektur dan Lingkungan* | 33 BAB III DESAIN ARSITEKTUR BANGUNAN YANG ADAPTIF TERHADAP LINGKUNGAN UDARA, AIR, DAN TANAH 3.1. Tujuan Pembelajaran: Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami: a. Bangunan yang adaptif terhadap lingkungan udara, air dan tanah. b. Istilah-istilah penting dalam bidang lingkungan udara, air dan tanah. c. Konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan udara, air dan tanah. 3.2. Uraian Materi 3.2.1.

Udara dan Cemar Udara Udara merupakan campuran dari berbagai gas dan zat padat maupun uap yang ada di sekitar kita. Udara yang terlalu banyak tercampur dengan zat padat memberikan dampak besar pada bangunan dan manusia. Armaturnya dalam pencahayaan buatan akan mengalami penurunan kinerja yang cepat jika bekerja dalam lingkungan udara berdebu. 62 Sumber pencemaran udara sangat banyak. Dewan

Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat mengkompilasi setidaknya ada 14 jenis sumber pencemaran diam, terdiri dari total 163 sumber.

63 Sumber - sumber ini mencakuplah sumber pembakaran eksternal, pembuangan sampah padat, sumber pembakaran internal diam, sumber kerugian penguapan, industri migas, industri pengolahan kimia organik, tangki penyimpanan cair, industri kimia anorganik, industri makanan dan pertanian, industri produk kayu, industri produk mineral, industri metalurgi, sumber - sumber lain (kebakaran dan pembakaran, sumber debu, jalan raya tertutup dan terbuka, operasi konstruksi berat, erosi angin industri, detonasi bahan peledak, menara pendingin basah, api industri), dan sumber - sumber biogenik gas rumah kaca. Hal ini belum 62 Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-6575-2001 **Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung**, 27.

63 : Stationary Point and Area Sources. 34 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** lagi menghitung sumber pencemaran udara bergerak seperti misalnya kendaraan bermotor. Kementerian kesehatan mendefinisikan pencemaran udara segala ?a aamsukka zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kehaaa? 64 **Pencemaran udara di dalam ruangan** sebenarnya hanya 10% yang berasal dari kontaminan dari luar ruangan. Umumnya pencemaran udara terjadi (52%) oleh kurangnya ventilasi udara.

Faktor lain adalah **adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), dan lain-lain (13%).**65 K ementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Peraturan Menteri No **7 Tahun 2014 tentang Kerugian Lingkungan Hidup** akibat **Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan** Hidup. Peraturan ini memberikan nilai untuk satuan pencemar dan biaya ganti rugi yang harus d iberikan. Terdapat beberapa metode **yang dapat digunakan untuk** biaya ganti rugi. Metode paling sederhana adalah berdasarkan nilai unit pencemaran.

Satu unit pencemaran diberikan biaya ganti rugi sebesar Rp 24.750. Perhitungan 1 unit pencemaran ini didasarka n pada para ahli berdasarkan pertimbangan bahaya, level toksisitas, dan kemampuan alam untuk mendegradasi. Semakin rendah nilai 1 unit, maka semakin besar bahaya dan/atau kesulitan untuk didegradasi oleh alam. 66 Nilai unit pencemaran untuk berbagai pencemar udara ditunjukkan dalam Tabel berikut. Tabel 3.1 Nilai Unit Pencemaran Berbagai Parameter Emisi Udara/Gas Parameter Nilai 1 Unit Pencemaran NON-LOGAM: Amonia (NH₃) 350 g Chlorin (Cl₂) 7 kg Hidrogen klorida (HCl) 4 kg 64 Kementerian Kesehatan, Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/Menkes/Sk/Xi/2002 Tentang Pedoman Pengendalian Dampak

Pencemaran Udara. 65 Ibid.

66 Kementerian Lingkungan Hidup, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2014 Tentang Kerugian Lingkungan Hidup Akibat Pencemaran Dan/Atau Kerusakan Lingkungan Hidup, 20. *Arsitektur dan Lingkungan* | 35
Parameter Nilai 1 Unit Pencemaran Hidrogen florida (HF) 7 kg Karbon monoksida (CO) 400 kg Nitrogen oksida (NOx) 200 kg Sulfur oksida (SOx) 200 kg Batubara 250 kg Minyak 150 kg Semen 100 kg Materi partikulat lain 250 kg Total sulfur tereduksi (H₂S) 25 kg LOGAM: Arsenik (As) 4 g Antimoni (Sb) 10 g Kadmium (Cd) 10 g Timbal (Pb) 10 g Merkuri (Hg) 4 g Seng (Zn) 40 g Sumber: Permen-LH No 7 Tahun 2014 tentang Kerugian LH Solusi yang relatif mudah dan umum untuk mengatasi pencemaran udara pada bangunan adalah dengan memanfaatkan tanaman. Tanaman- tanaman jenis tertentu mampu mereduksi pencemaran udara dengan mengumpulkannya di dedaunan dan batangnya. Salah satu cara memanfaatkan tanaman adalah membangun taman.

Taman bukan saja menjadi penyaring udara dari pencemaran, tetapi juga akan menyerap gas rumah kaca, debu, mendinginkan udara, serta melembabkan udara sekitar. Taman yang optimal dalam memberikan manfaat-manfaat di atas sekaligus keberlanjutan memiliki syarat: 67 a. Produktif, dalam artian sebagian dari tanaman yang ada dapat menghasilkan buah dan sayur. b. Memanfaatkan topografi dan aset yang telah ada. c. Memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. d. Minimal dalam input maupun output. e. Menggunakan sumber air hujan. f. Mencakup tanaman berusia panjang hingga lebih dari satu generasi manusia. g.

Menggunakan bahan yang ramah lingkungan dan berasal dari sumber lokal. 67 36 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** h. Menggunakan sistem daur ulang. i. Dibangun, dipelihara, dan digunakan secara ramah lingkungan. Keterbatasan lahan sebenarnya bukan masalah dalam membangun taman. Dalam situasi ini, taman dapat dibuat secara vertikal. Gambar berikut menunjukkan bagaimana taman vertikal dapat diwujudkan. Gambar tersebut adalah sisi dari sebuah blok bangunan di Paris. Pada sisi ini, sebuah taman vertikal lima tingkat dibangun dengan berisi 7.600 tanaman. Taman ini dirancang oleh Patrick Blanc, seorang botanis dan peneliti serta perintis taman vertikal. 68 Gambar 3.1.

Gedung Oasis of Aboukir, Perancis 69 Lebih dari itu, gedung-gedung bertingkat di dunia mulai mengadopsi taman-taman bergantung. Taman-taman bergantung ini dapat disaksikan pada Gambar 3.2. Gedung-gedung hijau tersebut saat ini mulai semakin banyak di Tiongkok, negara yang terkenal dengan 68 - 69 Ibid. *Arsitektur dan Lingkungan* | 37 kota-kota yang penuh dengan polusi. Pemerintah Tiongkok saat ini sangat gencar memaksa pembangunan gedung baru menggunakan prinsip hijau untuk mengatasi pencemaran udara yang semakin parah di negara tersebut.

Pemerintah Tiongkok akan dibantu oleh arsitek Stefano Boeri mewujudkan kota yang sepenuhnya terdiri dari gedung dengan taman gantung, berisikan hampir 40 ribu pohon dan hampir satu juta tanaman.⁷⁰ Gambar 3.2. Sejumlah Gedung yang Telah Berdiri dari rencana Kota Hutan Liuzhou, Tiongkok⁷¹ Tanaman mampu mengatasi kualitas udara di luar ruangan, tetapi bagaimana dengan di dalam ruangan? Seperti telah disebutkan, faktor luar ruangan hanya berkontribusi 10% pada pencemaran udara di ⁷⁰ Ibid. ⁷¹ Ibid. 38 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. dalam ruangan. Sebagian besar pencemaran udara di dalam ruangan disebabkan ventilasi yang buruk. Ventilasi semestinya memperlancar aliran udara di dalam rumah.

Ventilasi harus selalu tersedia dalam ruangan sehingga mencegah pencemaran menumpuk di dalam ruangan. Ventilasi akan membantu menghilangkan cemaran udara dengan cepat lewat bantuan tata letak yang baik. Persyaratan ventilasi secara sederhana dapat berupa syarat luas dan syarat posisi. Peraturan Menteri Kesehatan No 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah mensyaratkan agar ventilasi minimal memiliki luas 20% dari luas lantai dan sudah dapat dianggap kurang sehat kalau luas ventilasi sama atau kurang dari 20%.

Sementara itu, untuk posisi, secara horizontal, ventilasi harus dibuat saling berhadapan (cross ventilation) sehingga aliran udara dapat dengan mudah keluar masuk dari satu ventilasi ke ventilasi yang lain. Secara vertikal, kedua ventilasi yang berhadapan ini harusnya tidak sama tinggi karena diperlukan untuk menjaga agar udara tetap mengalir ke seluruh bagian ruangan. Selain itu, upaya penyehatan lain, selain ventilasi silang dengan luas minimal 10%, yang disarankan oleh Kementerian Kesehatan terkait masalah ventilasi ini adalah: AC harus secara berkala dipelihara sesuai buku petunjuk produk, jendela rumah harus dibuka minimal pada pagi hari secara rutin, menggunakan exhaust fan, dan mengatur tata letak ruangan.⁷² Faktor lain adalah pencemar dari dalam ruangan itu sendiri.

Sumber pencemar udara di dalam ruangan dapat digolongkan ke dalam tiga sumber, yaitu bangunan, aktivitas manusia, dan barang. Barang seperti parfum dan deterjen menghasilkan zat pencemar udara. Aktivitas manusia seperti memasak, bernapas (mengeluarkan CO₂), dan merokok, juga menghasilkan cemaran udara. Cat adalah sumber utama pencemaran dari bangunan. Cat pada umumnya mengandung VOC (Volatile Organic Compound – senyawa organik mudah menguap) yang dapat terhirup dan menjadi racun. Paparan jangka panjang pada VOC mengakibatkan sakit kepala, muntah, pegal linu, dan iritasi mata.

VOC paling berbahaya adalah formaldehida yang umum ditemukan pada cat dan

bahkan cat untuk 72 Kementerian Kesehatan, Peraturan Menteri Kesehatan No 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah. Arsitektur dan Lingkungan | 39 melukis. Saat ini telah tersedia cat yang bebas VOC atau rendah kadar VOC dari sejumlah perusahaan seperti Earthborn, Dulux (merek Ecosense), dan Little Greene serta Crown (merek Breathe Easy).⁷³ Papan partikel dan MDF (Medium Density Fibreboard) juga dipenuhi dengan VOC. Kadar VOC pada produk kayu ini tergantung pada spesies kayu karena merupakan hasil dari peluruhan kayu tersebut.

Pemakaian papan partikel dan MDF di dalam ruangan, misalnya untuk furnitur, sebaiknya dihindari dan jika memang terpaksa, harus dipilih yang memiliki label eko.⁷⁴

3.2.2. Air dan Pencemaran Air Saat ini dunia sedang mengalami krisis air bersih. Akibat pertumbuhan jumlah manusia yang terus bertambah dan pemakaian air bersih yang semakin luas, air bersih yang tersedia semakin menipis. Pada tahun 1970, ketersediaan air per kapita adalah 13.000 m³. Pada tahun 2004, persediaan air bersih per kapita menurun menjadi hanya 6.800 m³.

Di banyak tempat di dunia, seperti utara Afrika, Asia Tengah, Tiongkok bagian tengah, sebagian Afrika Selatan, bagian selatan India, bagian timur Pakistan dan Afghanistan, bagian tenggara Australia, dan bagian barat daya Amerika Serikat, persediaan air bersih per kapita telah sangat minim, hanya sekitar 1.000 m³ per kapita, jauh dibawah batas kritis stress air yaitu 1.700 m³. Jika trend yang ada terus berlanjut, pada tahun 2025 diperkirakan persediaan air per kapita hanya sebesar 4.800 m³ dan stress air akan memengaruhi 48% penduduk dunia.⁷⁵ Ironisnya, pembuatan bangunan sendiri berkontribusi terhadap pencemaran air. Bahan - bahan bangunan seperti batu bata dan semen umumnya merupakan bahan yang ditambang.

Kegiatan penambangan batu menghasilkan 14.186 juta metrik ton per tahun, 3.756 juta metrik ton di antaranya menjadi limbah. ⁷⁶ Air memang sebenarnya mengikuti siklus, tetapi siklus ini memerlukan energi dan sangat sulit untuk menjadikan air yang telah ⁷³ ⁷⁴ Ibid. ⁷⁵ ete - Water Run- ⁷⁶ Processing: A 40 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. tercemar untuk kembali menjadi air yang bersih. Air yang tercemar berpotensi sangat berbahaya dan mampu menghasilkan berbagai ragam penyakit mulai dari penyakit kulit hingga kanker.

Air limbah di kota- kota besar mengandung berbagai mikroorganisme dan virus yang membawa berbagai penyakit seperti kolera, tipus, diare, hepatitis A dan B, schistosomiasis (infeksi cacing air tawar/demam siput), dan demam berdarah.⁷⁷ Tabel berikut merangkum berbagai sumber pencemar air dan masalah utama yang ditimbulkannya. Tabel 3.2. Pencemaran Air Sumber Pencemar Polutan Masalah yang Ditimbulkan Berbagai sumber (pembuangan limbah, selokan, pertanian, pembakaran,

dan lainnya) Pencemar organik tetap (POP Persistent Organic Pollutants) Biomagnifikasi rantai makanan, berbagai dampak kesehatan Pertanian Pesticida Pencemaran tanah dan air permukaan dengan zat kimia aktif secara biologis; keracunan secara tidak sengaja Pencemar alami, pencemar geogenik, pencemar biogenik Pencemar inorganik, cyanotoxin, senyawa bau dan rasa Kanker, fluorosis, masalah kesehatan lainnya, estetika (aroma dan rasa) Pertambangan Asam, agen ekstraksi padat cair (leaching), logam berat Remobilisasi logam, keracunan akut, keracunan syaraf kronis Limbah berbahaya Beranekaragam Pencemaran sumber air minum jangka panjang Air limbah kota besar di negara maju Obat-obatan, hormon Dampak ekotoksikologis di sungai, feminisasi ikan Air limbah kota besar di negara berkembang dan miskin Mikroorganisme dan virus Masalah kesehatan manusia, kematian anak, malnutrisi Sumber: Schwarzenbach et al, 2010 Bahkan di negara maju, pencemaran air masih merupakan masalah yang besar. Pada negara maju, bangunan yang semestinya steril seperti rumah sakit, tidak lepas dari ancaman penyakit yang datang dari pencemaran air.

Diketahui bahwa bakteri Legionella pneumophila, penyebab pneumonia akut (legionellosis) semakin banyak 77 Arsitektur dan Lingkungan | 41 ditemukan di pasokan air hangat dan sistem pendingin udara rumah sakit di negara maju.⁷⁸ Terkait masalah air ini, kita sebelumnya telah menyinggung pemanfaatan air hujan untuk daur ulang dan mencegah kontribusi gedung terhadap masalah lingkungan. Bangunan idealnya menggunakan air hujan untuk pemanfaatan air. Tetapi air hujan sendiri, khususnya di kota besar, bukanlah air yang sehat. Bahkan, air yang ada di desa pun, ketika ada pembakaran hutan/lahan, juga tidak sehat.

Air ini tidak seharusnya diminum atau dimanfaatkan untuk urusan yang vital seperti mandi tanpa terlebih dahulu disaring. Tetapi setidaknya, air hujan yang ditangkap oleh bangunan lebih baik bagi masyarakat karena bukan saja membantu dalam mencegah pelembaban secara umum bagi lingkungan, tetapi juga mencegah agar pencemar-pencemar yang ada di air hujan di teruskan ke tanah atau ke lingkungan di masyarakat yang dapat mengakibatkan permasalahan publik. Air ini masih dapat digunakan untuk keperluan pembersihan. Potensi panen air hujan suatu bangunan dirumuskan lewat persamaan sebagai berikut: $RWH \text{ potential} = P \cdot A \cdot RC$ Dimana RWP potential adalah potensi panen air hujan, P adalah curah hujan lokal (dalam mm/tahun), A adalah luas daerah penangkap (dalam m²), dan RC adalah koefisien pengaliran (runoff coefficient) yang tidak berdimensi.⁷⁹ Koefisien pengaliran tergantung pada aspek iklim seperti ukuran dan intensitas hujan, kelembaban, serta angin; dan aspek arsitektur seperti kemiringan, material atap, depresi permukaan, kebocoran, infiltrasi, dan kekasaran permukaan atap, serta faktor ketertembusan dan kapasitas infiltrasi permukaan drainase. Tabel berikut menunjukkan koefisien pengaliran berbagai tipe atap bangunan. Tabel 3.3.

Berbagai jenis Koefisien Pengaliran Atap Tipe Atap RC Atap secara umum pada kondisi hujan sedang 0,7-0,95 Atap miring Semen/aspal 0,9 Logam 0,81-0,95 78 Ibid. 79 ing: Quantity and 42 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Tipe Atap RC Aluminium 0,7 Atap datar Bitumin 0,7 Gravel 0,8-0,85 Semen 0,81 Sumber: Ferreny et al, 2011 Kualitas air hujan yang ditangkap oleh atap sangat berbeda-beda tergantung pada kondisi atmosfer. Jika kondisi atmosfer sangat tercemar, maka air hujanpun akan tercemar pula karena pada dasarnya air hujan akan menangkap polutan **yang ada di udara** untuk dibawa ke permukaan tanah. Jika udara bersih, tentu saja, air hujan yang turun akan bersih.

Biasanya air hujan pertama setelah kemarau panjang akan sangat kotor karena merupakan agen pembersih udara pertama yang membawa partikel dari udara ke tanah. Penelitian menunjukkan kalau 80% beban polutan dibawa oleh 30% volume air pertama setelah kemarau panjang.⁸⁰ Setelah proses pembersihan oleh hujan pertama, yang juga tergantung pada intensitasnya, hujan - hujan selanjutnya akan memiliki air yang lebih bersih, sejauh jarak antar hujan cukup dekat dan tidak ada penumpukan pencemaran yang terlalu besar di udara pada waktu antara dua hujan tersebut. Karena karakteristik ini, air yang datang dari hujan pertama sebaiknya ditampung di tempat berbeda dengan air yang datang dari hujan - hujan setelahnya.

Sistem pemanenan air hujan dapat ditunjukkan pada gambar di bawah. Pada gambar ini, atap dan permukaan tanah serta semen berpori, menangkap air. Air dari atap disalurkan ke talang yang secara keseluruhan akhirnya masuk ke tangki atau sumur penyimpanan air hujan. Dalam perjalanannya, air - air yang masuk disaring oleh filter untuk menghilangkan pencemaran yang dibawa oleh air. Air yang telah disaring dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan seperti mencuci pakaian, air minum, mandi, cuci piring, WC, pembersihan lantai dan barang, serta pengairan taman. ⁸⁰ Zhang et al., *Arsitektur dan Lingkungan* | 43 Gambar 3.3.

Sistem Pemanenan Air Hujan Konvensional⁸¹ Bagi bangunan, bahkan air yang tak tercemar sekalipun dapat menjadi sumber masalah. Hal ini telah dibahas sebelumnya dalam kaitannya dengan kelembaban. Aktivitas air dalam substrat yang menumpuk di bahan bangunan akibat kelembaban yang tinggi mendorong pertumbuhan jamur. Survey tahun 1991 di Inggris menemukan kalau rata-rata 15% - 22% rumah melaporkan adanya jamur yang tumbuh di rumah mereka. Pertumbuhan jamur ini akan mendorong penyakit pernapasan berupa alergi tipe I (asma) dan alergi tipe III apalagi ditambah dengan meningkatnya populasi kutu akibat udara yang lembab.⁸² Solusi yang digunakan adalah membuat isolasi yang baik disertai dengan ventilasi yang mencukupi sehingga uap air dapat didispersikan oleh udara. ⁸³ ⁸¹ ious Concrete - Water Run- ⁸² ⁸³ r Humidity and 44 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Selain itu, air adalah medium transportasi garam yang baik. Garam mempercepat reaksi kimia dalam material. Pada suhu yang dingin, air bercampur garam dapat merusak struktur bangunan yang memiliki pori. Penelitian memperkirakan kalau lebih dari $\frac{3}{4}$ kerusakan bangunan disebabkan karena air yang bercampur dengan garam.⁸⁴ Air dapat memasuki struktur bangunan dalam berbagai cara seperti kebocoran, kondensasi, dan peningkatan kelembaban. Ketiga hal ini adalah sumber utama kerusakan akibat air.⁸⁵ Air hujan yang bocor memberikan pengaruh pada disolusi garam dan akibatnya, menurunkan resistensi bahan. Jika air meninggalkan garam pada permukaan bangunan, garam tersebut menjadi kristal.

Kristal garam ini berdampak pada perubahan bentuk bangunan dan bahan. Lebih parah lagi, jika kristal garam terbentuk di bawah permukaan bahan. Kristal ini akan mempercepat kerusakan bahan bangunan. Sebagai contoh, air hujan yang masuk ke dalam batu pasir akan melarutkan butiran semen dan melemahkan resistensi batuan. Butir-butir pasir yang telah larut ini kemudian keluar dari batu dan mengakibatkan batu berubah bentuk. Lebih dari itu, ikatan butiran di dalam batu itu sendiri telah melemah sehingga mudah hancur.⁸⁶ Pada bahan logam, air yang membawa oksigen bertanggungjawab atas perkaratan.

Air mengendalikan laju reduksi oksigen dan menopang terbentuknya lapisan karat pada permukaan bahan logam. Selain oksigen, karbon dioksida juga dapat larut dalam air dan air yang mengandung karbon dioksida juga sama merusaknya dengan air yang mengandung oksigen karena sama-sama merangsang perkaratan logam yang serius.⁸⁷ Efek yang lebih parah tentu diberikan oleh air tercemar, khususnya air yang mengandung asam, karena zat asam sangat korosif.⁸⁸ Jelas untuk menghadapi efek merusak dari air, bangunan harus dilengkapi dengan cat dan pelapis anti karat pada bagian logam.

Sementara itu, isolasi yang kuat perlu diberikan pada bangunan agar tidak memungkinkan terjadinya kebocoran dan ⁸⁴ ⁸⁵ Ibid., 15. ⁸⁶ Ibid. ⁸⁷ Ibid., 16. ⁸⁸ Ibid., 17. Arsitektur dan Lingkungan | 45 penumpukan kristal garam pada bahan bangunan seperti dinding, atap, dan lantai. Selain mencegah terjadinya efek merusak dari air, isolasi yang baik juga membantu bagi efisiensi energi bangunan. Seperti telah disebutkan sebelumnya, isolasi mencegah kehilangan energi yang digunakan untuk pemanasan atau pendinginan bangunan. Bangunan yang terisolasi dengan baik akan meningkatkan kenyamanan, menurunkan biaya operasional, dan menghemat energi.

Khusus untuk masalah air, isolasi juga diperlukan untuk sistem perpipaan. 3.2.3. Sampah
Sampah merupakan masalah yang selalu ada dalam masyarakat karena sampah pada dasarnya merupakan bentuk padatan yang merupakan efek samping dari aktivitas

manusia. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengelola sampah termasuk dalam bentuk penyediaan bak sampah, daur ulang, hingga pemasaran sampah itu sendiri. Masalah sampah di planet ini bahkan memunculkan sebuah jalur sampah yang mengapung di Samudera Pasifik, terentang dari Jepang hingga ke Hawaii.⁸⁹ Jelas bahwa bangunan berkontribusi terhadap keberadaan sampah karena bangunan merupakan salah satu lokasi aktivitas manusia. Keberadaan sampah pada suatu lingkungan mencerminkan suatu situasi ketidakteraturan.

90 Manusia mengasosiasikan kebersihan dengan keteraturan dan situasi yang kotor merupakan pertanda bahwa lingkungan yang ada tidak teratur dan dapat menjadi pertanda dari berbagai masalah lain, termasuk masalah kejahatan, keamanan, ketidakpedulian masyarakat, dan rendahnya solidaritas sosial. Bangunan yang penuh sampah mencerminkan bahwa penghuni tidak peduli dengan kebersihan dan karenanya, dipersepsi sebagai penghuni yang tidak baik secara sosial. Studi menunjukkan kalau keberadaan tempat sampah sangat penting bahkan pada lingkungan yang bersih sekalipun. Keberadaan tempat sampah memicu perilaku manusia untuk bertindak bersih ⁸⁹ 90 46 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

dengan memungut sampah dan mengisi tempat sampah tersebut.⁹¹ Karenanya, cara yang paling sederhana untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang penuh sampah adalah dengan membuat atau menyediakan tempat sampah. Menurut BPS, rata-rata setiap rumah tangga di Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 0,52 kg/jiwa/hari. ⁹² Artinya, satu orang setiap hari menghasilkan setengah kilogram sampah. Data ini dapat digunakan untuk mengestimasi kebutuhan tempat sampah rumah tangga. Katakanlah dalam satu rumah terdapat 10 orang, maka sehari, rumah tersebut menghasilkan 5,2 kg sampah. Rata-rata berat jenis sampah adalah 0,18 kg/l.

93 Volume sampah yang dihasilkan rumah per hari adalah $5,2/0,18 = 29,43$ liter. Tong sampah sulo tunggal memiliki volume 120 liter. Tong sampah ini akan penuh dalam $120/29,43 = 4,08$ hari. Artinya, jika menggunakan tong sampah sulo tunggal untuk melayani rumah berisi 10 orang maka harus ada pengangkutan sampah setiap empat hari menuju ke TPS. Tempat sampah besar harus diletakkan di luar ruangan dan dapat diletakkan di pintu garasi rumah atau sudut pekarangan yang dapat dijangkau dengan mudah tetapi terlindungi dengan baik, baik secara visual maupun secara fisik.

Jangan meletakkan tempat sampah di depan pintu masuk rumah karena akan memudahkan lalat masuk ke dalam rumah serta tidak pula menarik secara estetika. Model bak sampah yang baik adalah dengan bak dengan pintu besi yang membuka ke atas. Model ini menjamin kalau bak sampah selalu dalam posisi tertutup. Hindari memegang pegangan bak sampah dengan tangan tanpa pelindung karena celah

tersembunyi di bak sampah dapat berisi laba - laba dan serangga yang berpotensi berbahaya. Setiap ruangan dalam rumah harus memiliki tempat sampah sendiri. 94 Ruang keluarga dapat dilengkapi dengan tempat sampah dari stainless steel sehingga tidak mengganggu estetika ruangan.

Setiap kamar perlu dilengkapi dengan tempat sampah sederhana yang terbuka 91 Integrated Waste Receptacles on the Accuracy of Waste Sorting in an Academic 92 93 Domestik Kelurahan 94 Leonard and Arsitektur dan Lingkungan | 47 karena sampah kamar umumnya adalah sampah kering. Jika ada sampah basah, sampah ini tidak boleh **dibuang ke tempat sampah** kamar tetapi langsung **dibuang ke tempat sampah** di luar dalam kondisi tersembunyi (misalnya dibungkus plastik). Untuk kamar mandi, tempat sampah harus memiliki bahan yang tahan kelembaban tinggi dan mudah dibersihkan seperti plastik polipropilena atau baja tahan karat.

Tempat sampah ini harus menggunakan model pedal tertutup dengan tinggi sekitar 30 cm dan diameter 20 cm. Tempat sampah untuk area dapur harus dari bahan plastik agar mudah dipindahkan dan dibawa ke bak sampah luar. Tempat sampah ini juga harus dilengkapi tutup. Gambar 3.4. Tipe-Tipe Tempat Sampah (kiri) Luar, (tengah) Kamar, (kanan) Ruang Keluarga⁹⁵ Untuk mereduksi sampah, rumah tangga perlu melakukan daur ulang atas sampah yang dihasilkan. Persentase sampah **yang dapat didaur ulang** sangat tergantung pada kemampuan rumah tangga dalam mengelola sampah beserta modal uang, tenaga, dan waktu yang tersedia.

Saat ini pemerintah telah mendirikan sejumlah bank sampah **yang dapat digunakan untuk** mendorong daur ulang sampah. Hunian dapat mendukung sistem daur ulang sampah, setidaknya untuk 30-50% sampah yang dihasilkan dengan mengirim sampah ke bank sampah. Dalam kaitannya dengan bangunan, bahan dari sampah, sejauh layak, **dapat digunakan sebagai bahan** pengganti untuk bangunan seperti batu bata dari limbah kertas atau plastik dan dinding dari botol bekas. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menjadikan sampah tipe tertentu menjadi bahan atau bahkan bangunan secara keseluruhan. Sebagai contoh, Said dan Sungkono mengkonversi sampah plastik dan tanaman eceng 95 Ibid. 48 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

gondog menjadi bahan bangunan alternatif hemat energi.⁹⁶ Contoh lain adalah botol -botol bekas air mineral atau wadah bekas makanan/minuman dapat diisi dengan kertas atau kantong bekas dan kemudian digunakan untuk membuat dinding atau lengkungan gerbang. Se jauh konsisten dan bebas cemaran kimia, struktur yang dihasilkan dapat memberikan isolasi yang cukup karena tidak tembus air. Contoh lain adalah bagaimana desainer dari ETH Zurich merancang gerbang dari wadah plastik bekas diikat dengan sedotan dan ditopang dengan peti bekas untuk pintu masuk ke taman kecil di antara

dua gedung di East Village, New York (Gambar 3.5).

Walau bagaimanapun, pemakaian sampah kering untuk desain arsitektur bangunan akan sangat bergantung pada apa yang ingin dibangun dan untuk apa dibangun serta kemampuan dalam mengkombinasikan unsur - unsur sampah ke dalam desain dengan tetap memperhatikan faktor keselamatan dan keberlanjutan. Arsitek yang tertarik dapat merujuk buku Membuat Bahan Bangunan dari Sampah karangan Eddi dan Tanudi, terbitan Desember 1997.97 Gambar 3.5. Kanopi Melengkung dari Wadah Bekas Makanan98 96 Plastik Dan Tanaman Enceng 97 Sukardi and Tanudi, Membuat Bahan Bangunan Dari Sampah. 98 Mckni Arsitektur dan Lingkungan | 49 Gambar 3.6.

Tembok dari Botol Bekas99 Jika bangunan cukup besar dengan volume sampah yang tinggi, ada baiknya jika bangunan tersebut melakukan daur ulang sendiri. Sampah yang dibiarkan ditumpuk begitu saja maupun yang dibakar di TPA berkontribusi pada pemanasan global dengan mengeluarkan metana dalam jumlah besar.100 Sementara itu, jika sampah didaur ulang menjadi sumber energi, kontribusi sampah pada gas rumah kaca menjadi jauh lebih sedikit **baik secara langsung maupun tidak langsung** (melalui reduksi ketergantungan pada bahan bakar fosil).

Investasi mesin daur ulang sampah menjadi energi dapat memerlukan waktu yang panjang dan negosiasi serta biaya yang besar jika dilakukan oleh TPA. Gedung dapat membeli atau membuat sendiri alat konversi sampah menjadi energi dan mempercepat proses sehingga sampah tidak membebankan kontribusi gas rumah kaca terlalu banyak pada lingkungan. Alat-alat konversi ini memanfaatkan proses-proses biokimia atau termokimia untuk menghasilkan bahan bakar dari sampah seperti biogas, gas alam terbarukan, bio-char, bio-oil, berbagai jenis gas, bensin, diesel, hingga syngas.

101 99 100 Walau begitu, pembakaran atau pemanasan sampah mampu menghilangkan bakteri sehingga membantu pencegahan penyakit menular, ketimbang sampah dibiarkan begitu saja. Encoding TC Resistance and the Integrase of Class 1 Integrins within Anaerobic and 101 ill Gas Emissions from Municipal Solid Waste Landfills for the Life-Cycle Analysis of Waste-to-Energy Phwa? 50 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Sampah organik seperti sisa makanan dan dedaunan dapat diolah menjadi kompos dengan mencampurnya dengan tanah yang mengandung banyak cacing tanah.102 Khusus untuk salon dan tempat potong rambut, potongan rambut dapat dicampur dengan sampah organik untuk menghasilkan pupuk **yang sangat baik bagi** pertumbuhan tanaman sayur.

103 Sementara itu, pada bangunan gudang bawang putih, bawang putih yang telah tua (bertunas) dapat diubah menjadi makanan lain karena mengandung an tioksidan yang

lebih kaya daripada bawang putih yang masih segar. 104 Indonesia adalah negara terbesar kedua di dunia yang menyumbangkan sampah plastik ke laut dan samudera, dengan kontribusi 0,48 -1,29 juta metrik ton per tahun. 105 Keberadaan sampah plastik di laut akan memengaruhi laut, kehidupan di dalamnya, dan pada gilirannya memengaruhi manusia.

Sebagai contoh, plastik yang telah bercecerai menjadi sangat kecil dapat dimakan oleh ikan atau hewan invertebrata, yang kemudian dikonsumsi oleh manusia lewat menu seafood. Sekitar 11% massa sampah yang diproduksi rumah tangga di Indonesia adalah sampah plastik.106 Karena hal ini, maka bangunan harus meminimalkan sampah plastik yang dihasilkan. Cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan kembali sampah plastik, sejauh masih layak. Cara ini setidaknya akan mereduksi laju kontribusi bangunan ke total sampah plastik yang ada di laut dan di darat.

Bagi plastik sekali pakai biodegradable atau sampah lain yang bersifat biodegradable, bangunan harus menyediakan lahan agar sampah jenis ini dapat dikubur. Mengirim sampah biodegradable ke TPA justru akan meningkatkan pemanasan global karena melepaskan gas saat ia meluruh.107 102 Waste Processed by Three Earthworm Species *Eisenia Fetida*, *Eudrilus Eugeniae*, and *Perionyx Excavatus* 103 104 105 106 Ibid. 107 Solid Waste? Perspectives from a National Landfill Greenhouse Gas Inventory Arsitektur dan Lingkungan | 51 Sampah yang tidak dapat didaur ulang oleh gedung dapat ditransfer ke gedung lain yang memiliki kemampuan daur ulang atau memang membutuhkan sampah tipe tersebut. Hal ini dikenal dengan konsep Industrial Symbiosis (IS).

Contoh IS misalnya menjual karbon dioksida dan uap panas berlebih dari pabrik kimia ke rumah kaca untuk digunakan sebagai pemanas untuk pertumbuhan tanaman, sampah sisa makanan diberikan ke perusahaan pengubah sampah menjadi energi, residu produksi biodiesel diproses ulang menjadi sumber bahan bakar yang dapat dijual, sampah daging dan tulang dari penyembelihan hewan dijual ke pabrik pengolah bahan bakar untuk kiln (ruang termal terisolasi) semen, menjual barang bekas ke situs barang bekas online, dan sebagainya. Hal ini bukan saja menambah penghasilan, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari sampah.108 Bahkan kotoran manusia dapat didaur ulang menjadi listrik dan pupuk.

Saat ini telah tersedia sistem toilet khusus bernama No-Mix Vacuum Toilet yang mampu secara otomatis mengubah kotoran manusia menjadi sumber energi dan pupuk dengan memisahkan kotoran dari air kembali dan mengolahnya sendiri-sendiri. No Mix Vacuum Toilet juga mereduksi kebutuhan penyiraman toilet dari umumnya 4-6 liter per siram menjadi hanya 0,2-1 liter per siram.109 3.2.4. Tanah Tanah mempengaruhi bangunan

dari dua sisi yaitu dari topografi dan dari bahan. Topografi menentukan kontur tanah dan bangunan yang baik harus adaptif terhadap kontur tanah dengan menyamakan kontur bangunan dengan kontur tanah tempat bangunan berdiri.

Pada umumnya, bangunan didirikan pada kontur tanah yang datar, sehingga tapak bangunan pun akan datar. Tetapi pada kasus-kasus tertentu, bangunan dapat didirikan di daerah miring atau bahkan vertikal. Pada situasi ini pun, tapak bangunan harus mengikuti kontur yang ada. Penggalan dan perataan tanah semestinya dihindari karena dapat merusak lingkungan. 108 109 -Digestion for Development of 52 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Dari aspek bahan, tanah dapat mempengaruhi bangunan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, tanah dapat memberikan efek kesilauan tanah.

Kesilauan tanah adalah situasi dimana cahaya matahari memantul pada permukaan tanah dan memberikan efek pada pencahayaan dan radiasi pada bangunan. Permukaan tanah yang lembab akan menghasilkan silau karena kesilauan tidak lain adalah efek fisik dari kelembaban udara. Untuk mengatasi kesilauan tanah harus ada tumbuhan rendah dan rumput. Tumbuhan rendah dan rerumputan menghindari kesilauan tanah dengan menutupi tanah, menjadikan sinar matahari yang jatuh menjadi berhamburan, ketimbang memantul ke satu arah saja.

Tumbuhan seperti melati Jepang dan berbagai jenis rumput hias maupun grass block cocok untuk digunakan untuk menutup tanah. Sementara itu, pohon-pohon tinggi di sekitar bangunan menghindari kesilauan langit yang merupakan efek uap air **yang ada di udara** berkelembaban tinggi. Pohon harus memiliki sistem perakaran yang masuk ke dalam tanah, tidak merusak konstruksi dan bangunan. Terkait hal ini, sebelum penanaman, tanah yang akan menjadi media tanam harus diolah terlebih dahulu sehingga gembur dan mengandung cukup unsur hara.

Penggemburan dilakukan menggunakan cangkul hingga kedalaman cukup dan ditambahkan pupuk organik/kompos secukupnya.¹¹⁰ Jenis dan permeabilitas tanah memberikan efek pada alternatif apa yang harus diambil untuk menangkap air hujan. Terdapat empat alternatif penangkapan air hujan yang dapat diambil yaitu: a. Membuat sumur resapan, yaitu **lubang yang dibuat untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah dan atau lapisan batuan pembawa air.** b. Membuat lubang resapan biopori, yaitu lubang yang dibuat tegak lurus di dalam tanah dengan diameter 10-25 cm dan kedalaman sekitar 100 cm atau tidak melebihi kedalaman muka air tanah. c. Membuat grass block yang disebar di halaman gedung. d.

Membuat kolam/tangki pengumpul air hujan, yaitu **kolam atau wadah yang dipergunakan untuk menampung air hujan yang jatuh di atap bangunan yang**

disalurkan melalui talang. 110 Kementerian PU, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, 43. Arsitektur dan Lingkungan | 53 Kelebihan dan kekurangan masing-masing metode sebagai berikut: Tabel 3.4.

Kelebihan dan Kekurangan Empat Metode Penangkapan Air Hujan Alternatif Kelebihan Kekurangan Sumur Resapan Sumur resapan dapat dikerjakan diwilayah manapun. Tidak membutuhkan banyak peralatan yang berat dan biayayang mahal. Lebih ramah bagi lingkungan karena metoda pengerjaannya hanya menggunakan bahan bahan organik atau sampah rumah tangga. Lebih awet dan tahan lama dalam pemakaian jangka panjang termasuk ketika menahan beban berat dari sekumpulan banyak orang yang berdiri diatasnya. Biaya perawatan relatif murah.

Membutuhkan banyak biaya untuk membeli peralatan untuk penerapan pembuatan sumur resapan. Ketika ingin mengerjakan sumur resapan butuh penelitian, pemantauan dan pemeriksaan terlebih dahulu agar dapat dipasang ditempat yang benar benar tepat. Membutuhkan buis beton, bata dalam jumlah yang banyak, batu dan lain lain yang membutuhkan waktu cukup panjang dalam penyelesaian pembuatan. Grass Block Penyerapan air yang maksimal. Menunjang pertumbuhan rumput di halaman dengan rapi. Grass block secara estetik juga sangat cantik dipadukan dengan taman. Tidak dapat dilintasi kendaraan.

Walau begitu, jika paving yang digunakan kuat, dengan menghilangkan material tanah puru dan menambah ketebalan sirtu hingga kurang lebih 20 cm, tidak ada alasan bagi grass block untuk tidak dapat dilintasi kendaraan. Metode grass block perlu dikombinasikan dengan metode tangki penampungan karena air yang ditangkap oleh grass block tidak digunakan oleh manusia, tetapi oleh tumbuhan dan tanah. 54 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Alternatif Kelebihan Kekurangan Biopori Dapat membantu penyerapan dan penarikan air hujan kedalam tanah agar menghindari genangan air dalam jumlah banyak yang dapat mengakibatkan banjir. Dapat menggemburkan dan menyuburkan tanah.

Dapat mengurangi penumpukan sampah organik. Tidak membutuhkan banyak biaya untuk pembelian alat alat yang berhubungan dengan pembuatan biopori seperti buis beton dan lain lain. Lubang yaang telah dibuat cenderung tidak mampu menampung banyaknya jumlah air yang terlalu banyak atau melimpah. Dapat merusak pekarangan atau tempat orang lain jika airnya tidak meresap secara keseluruhan karena dapat menyebabkan daerah sekitarnya menjadi tergenang dan lembab. Sangat rentan menjadi sarang nyamuk.

Membutuhkan lubang dengan ukuran besar agar jika musim hujan tiba dapat menampung air dengan baik. Jika tidak ditutupi dengan sesuatu misalnya dengan triplek atau seng, maka akan banyak orang yang jatuh terperosok didalam lubang biopori. Tangki Penampungan Bisa untuk iklim apa saja. Air hujan biasanya memenuhi standar kualitas air minum, apabila sistemnya didesain dan dirawat dengan baik.

Sebagian air hujan tidak dapat dimanfaatkan karena sebagai jaga-jaga untuk periode kekeringan; volume yang terlalu kecil dapat menyebabkan banjir karena air hujan meluap.

Air hujan harus diutamakan daripada air yang ada di tanah karena air yang ada di tanah perlu dikonservasi untuk mempertahankan daerah secara keseluruhan dari kekeringan. Jika memang bangunan harus menggunakan air tanah seperti kolam, harus ada pemasangan meteran air sehingga dapat dihitung berapa banyak air tanah yang telah diambil. Bagian bangunan yang mengalami kontak dengan tanah maupun bangunan yang berada di bawah tanah jelas sangat dipengaruhi oleh faktor tanah. Pada umumnya tanah tidak bersifat asam sehingga tidak Arsitektur dan Lingkungan | 55 korosif.

Walau begitu, tanah dapat mengandung zat-zat berbahaya yang dapat merusak struktur bangunan. Zat-zat ini dapat masuk ke dalam tanah dari atmosfer lewat hujan, transportasi zat dari sungai dan laut, atau kebocoran dari penyimpanan manusia seperti pipa, tempat pembuangan sampah, ataupun tangki.¹¹¹ Reaksi tanah dapat mengubah tanah menjadi korosif, khususnya jika tanah terlalu dingin atau memang tergolong jenis tanah asam. Pada kondisi ini, tanah akan mengakibatkan perkaratan pada komponen logam atau menghancurkan komponen kayu yang mengalami kontak.

Selain itu, garam yang masuk ke dalam tanah dalam jumlah besar dapat merusak karena mengandung ion klorida. Ion ini akan masuk ke dalam semen dan merusak berbagai komponen beton, termasuk mengkaratkan komponen logam di dalam beton. Jika bagian besi di dalam tembok beton telah berkarat, tembok akan mengalami peningkatan volume dan memunculkan tekanan yang akhirnya membawa pada keretakan. Bahkan jika garam tidak dapat masuk, hanya menempel pada bangunan, akan memunculkan kerak pada permukaan tembok.

¹¹² Ruang bawah tanah yang tidak terisolasi dengan baik pada tanah dengan sifat keasaman atau kegaraman yang tinggi akan memiliki umur yang pendek, kehilangan manfaat, dan karenanya, memberikan efek ekonomi yang tidak sedikit. ¹¹³ Tanah yang terlalu lembab memiliki adhesi yang tinggi. Adhesi mencerminkan kemampuan zat untuk mengalami disintegrasi. Tanah dengan adhesi tinggi dapat mengotorkan bangunan karena cenderung melekat pada permukaan bahan. Cipratan air misalnya, dapat berakibat pada penempelan tanah pada dinding bangunan. Hindari membuat

bangunan di atas tanah liat atau tanah yang sebagian mengandung tanah liat. Tanah liat sangat fleksibel ketika mendapatkan kelembaban tinggi.

Perubahan kandungan air pada tanah liat juga akan berdampak pada bangunan. Bangunan dapat terangkat atau sebaliknya tenggelam karena perubahan kandungan air dari tanah liat yang ada di bawahnya. Jika struktur bangunan tidak dapat merespon dengan baik, hal ini akan berakibat terjadinya keretakan pada 111 112 Ibid., 19 20. 113 Ibid., 19. 56 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** bangunan.114 Jika memang harus membangun di atas tanah liat, pondasi bangunan harus dalam, hingga titik dimana tidak ada lagi tanah liat atau ketika tanah liat tersebut telah sangat stabil.

Tanah berpori yang kering juga perlu mendapat perhatian dari sisi pembangun. Karena kering, maka pori - pori tanah terisi dengan udara. Udara tanah umumnya terdiri dari karbon dioksida dan uap air. Jika udara tanah tercampur dengan gas seperti hidrogen sulfida, sulfur dioksida, hidrogen, metana, dan gas jejak lainnya, akan terjadi reaksi yang merusak bahan bangunan yang berdiri di atas tanah ini. 115 Lebih lengkapnya, tabel berikut menjelaskan bagaimana adaptasi bangunan terhadap tipe - tipe tanah tertentu. 116 Tabel 3.5.

Adaptasi Bangunan Terhadap Tipe-Tipe Tanah Tipe Tanah Adaptasi Bangunan Batuan Bangunan sangat sulit dibuat di atas batu karena kekerasan yang tinggi, mengakibatkan pijakan pondasi yang tidak mencengkeram. Batu sebaiknya disingkirkan sehingga tersisa tanah saja. Kapur Kapur rentan terkikis oleh air dan berisiko memunculkan gua atau lubang. Karenanya, pilih tanah kapur yang keras. Jika terpaksa, gali dan buang permukaan tanah kapur yang lembut sehingga sampai pada lapisan yang keras. Hunian biasa di atas kapur perlu kedalaman pondasi minimal 70 cm. Kerikil Bangunan dapat dibuat sejauh tanah kerikil tersebut cukup keras.

Pondasi minimal 70 cm. Jika kerikil tenggelam di dalam air, pondasi harus dalam dan lebar. Pasir Pasir sulit menahan konsistensi kecuali dalam kondisi lembab, kompak, dan seragam. Pondasi bangunan harus dibantu dengan lembaran pilar untuk mempertahankan kekuatan sebelum pondasi dimasukkan. Tanah liat Sama seperti kapur, harus digali terlebih dahulu lapisan yang lembut. Pondasi minimal 1 meter pada tanah liat kering dan minimal 3 meter pada tanah liat basah, diidentifikasi dengan keberadaan pepohonan di dekat lokasi tanah liat. Gambut Kedalaman pondasi minimal 1,5 meter.

Jika gambut dapat dikuliti, hal ini lebih baik karena gambut adalah tanah yang asam dan sangat lembab. Sumber: Holmes, 2016 114 Ibid., 22. 115 Ibid., 18. 116 Arsitektur dan Lingkungan | 57 3.3. Rangkuman Udara, air, dan tanah, adalah komponen abiotik dari

ekosistem. Dengan segala keuntungan yang diberikannya untuk hidup manusia dan bangunan, ketiganya juga membawa masalah baik dalam kondisi murni maupun tercemar. Untuk itu, bangunan perlu untuk adaptif pada ketiga unsur ini, termasuk sampah, yang merupakan pencemar yang dapat berbahaya bagi kehidupan dan bangunan. 3.4.

Tugas Diskusikan dengan kelompok (setiap kelompok 5 orang) dan membuat penilaian kinerja terhadap tugas desain mahasiswa berdasarkan Lampiran II Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Kementerian **Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat** Nomor: 86/Se/Dc/2016 Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau. 3.5. Tes Formatif Dalam lingkungan udara, air dan tanah, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui sebagai dasar untuk memahaminya. Isilah pengertian yang benar untuk istilah dalam lingkungan udara, air dan tanah pada teks di atas (Gunakanlah literature dan sumber yang relevan). 3.6.

Kunci Jawaban **Udara merupakan campuran dari berbagai gas** dan zat padat maupun uap yang ada di sekitar kita. Tanah mempengaruhi bangunan dari dua sisi yaitu dari topografi dan dari bahan. Topografi menentukan kontur tanah dan bangunan yang baik harus adaptif terhadap kontur tanah dengan menyamakan kontur bangunan dengan kontur tanah tempat bangunan berdiri. Dari aspek bahan, tanah dapat mempengaruhi bangunan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, tanah dapat memberikan efek kesilauan tanah. Kesilauan tanah adalah situasi dimana cahaya matahari memantul pada permukaan tanah dan memberikan efek pada pencahayaan dan radiasi pada bangunan. 58 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Arsitektur dan Lingkungan | 59 BAB IV DESAIN ARSITEKTUR BANGUNAN YANG ADAPTIF TERHADAP LINGKUNGAN BIOLOGIS 4.1. Tujuan Pembelajaran : Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami: a. Bangunan yang adaptif terhadap lingkungan lingkungan biologis. b. Istilah-istilah penting dalam bidang lingkungan biologis. c. Konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan biologis. 4.2. Uraian Materi Lingkungan biologis yang hijau sangat diharapkan karena menjamin keterserapan karbondioksida dan menangkap air hujan.

Walau begitu, seringkali bangunan berada di lingkungan yang gersang sehingga diperlukan untuk menciptakan sendiri lingkungan hijau. Sebuah bangunan dalam lingkungan ini perlu membuat ruang terbuka hijau (RTH). Pada peraturan Bangunan Gedung Hijau, RTH tipe ini disebut sebagai RTH Privat. Selain memberikan fungsi penyerapan karbon dioksida dan penangkap air hujan, RTH privat berfungsi untuk tempat aktivitas manusia, khususnya penghuni bangunan. RTH harus dibangun dengan pemilihan jenis **tanaman yang tepat untuk** kebutuhan lansekap.

Permen PU No 5 Tahun 2008 telah secara detail mengatur tentang desain RTH untuk berbagai jenis bangunan, termasuk **tanaman yang tepat untuk** kebutuhan lansekap berdasarkan fungsinya (lihat Tabel dibawah). Tabel 4.1. Jenis Tanaman untuk Lansekap Fungsi Contoh Peneduh Kiara payung (*Filicum decipiens*), Tanjung (*Mimusops elengi*), Bungur (*Lagerstroemia floribunda*) Penyerap polusi udara Angsana (*Ptherocarpus indicus*), **akasia daun besar** (*Accasia mangium*), oleander (*Nerium oleander*), bogenvil (*Bougenvillea sp*), teh-tehan pangkas (*Acalypha sp*) Peredam kebisingan **Tanjung** (*Mimusops elengi*), kiara payung (*Filicium decipiens*), teh- tehan pangkas (*Acalypha sp*), **Kembang sepatu** (*Hibiscus rosa sinensis*), bogenvil (*Bogenvillea sp*), oleander (*Nerium oleander*) 60 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Fungsi Contoh Pemecah angin **Cemara** (*Cassuarina equisetifolia*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), **tanjung** (*Mimusops elengi*), kiara payung (*Filicium decipiens*), **kembang sepatu** (*Hibiscus rosa sinensis*) Pembatas pandang **Bambu** (*Bambusa sp*), cemara (*Cassuarina equisetifolia*), **kembang sepatu** (*Hibiscus rosa sinensis*), oleander (*Netrium oleander*) Penahan silau **Bogenvil** (*Bogenvillea sp*), **kembang sepatu** (*Hibiscus rosa sinensis*), oleander (*Netrium oleander*), **nusa indah** (*Mussaenda sp*) Estetika Soka warna warni (*Ixora stricata*), lantana (*Lantana camara*), pangkas kuning (*Duranta sp*) Pengarah Palem raja (*Oreodoxa regia*), pinang jambe (*Areca catechu*), lontar (*Borassus flabellifer*), khaya (*Khaya sinegalensis*), bungur (*Lagerstromia loudonii*), tanjung (*Mimusops elengi*) Pengundang burung Kiara (*Ficus spp*), beringin (*Ficus benyamina*), loa (*Ficus glaberrina*), dadap (*Erythrina varigata*), dangdeur (*Gosampinus heptaphylla*), aren (*Arenga pinatta*), buni (*Antidesma bunius*), buni hutan (*Antidesma montanum*), kembang merak (*Caesalpina pulcherrina*), serut (*Sreblus asper*), jamblang (*Syzygium cumini*), salam (*Syzygium polyanthum*) Sumber makanan Apel (*Chrysophyllum cainito*), asam (*Tamarindus indica*), durian (*Durio zibenthinus*), jambu air (*Eugenia aquea*), jeruk bali (*Citrus grandisty*), jeruk nipis (*Citrus aurantholia*), kelapa (*Cocos nucifera*), kenari (*Canarium commune*), kersen (*Muntingia calabura*), lengkung (*Euphoria longan*), mangga (*Mangifera indica*), nangka (*Artocarpus heterophylla*), pepaya (*Carica papaya*), salam (*Eugenia polyantha*), sawo kecil (*Manikara kauki*), sukun (*Artocarpus altilis*) Sumber: **Permen PU No 5** 2008, hal. 17-23; 33-34; L-9-L-11 Keberadaan RTH mengimplikasikan kebutuhan adanya alat penyiram tanaman dan air untuk menyiram tanaman. Alat penyiram tanaman harus dijamin hemat air.

Selain itu, air semestinya bersumber dari air daur ulang, misalnya air hujan, sejauh telah memenuhi standar baku mutu. Dalam kaitannya dengan hewan, masalah bangunan terhadap hewan lebih pada lingkungan internal ketimbang eksternal. Berbagai jenis virus dan mikroba tersebar lewat udara di dalam bangunan oleh bersin atau bahkan aktivitas berbicara atau bernyanyi oleh orang yang terkena penyakit, dan berpotensi

menimbulkan cacar, tuberkulosis, influenza, dan masalah pernapasan. Produk hewan yang tercemar dapat menghasilkan demam Q dan anthrax.

Kotoran burung merpati yang menumpuk di atap dan loteng dapat tercemar dengan bakteri *Cryptococcus neoformis*, mengakibatkan penyakit *Cryptococcosis* jika Arsitektur dan Lingkungan | 61 kotoran atau bahan tersebut bergerak, misalnya karena angin, getaran, atau tersentuh. Kulit hewan peliharaan dapat menjadi sumber dari *Bacillus anthracis*, agen penyakit antraks, sementara tanah yang tercemar kotoran burung menjadi sumber penyakit histoplasmosis yang ditularkan oleh *Histoplasma capsulatum*. Kotoran burung hantu yang mengering menjadi sumber *Chlamyda psittici*, agen penular ornithosis.¹¹⁷ Bangunan kadang memiliki saluran yang terhubung langsung dengan menara pendingin, sistem air panas, atau penampung air lainnya.

Jika air dalam penampungan ini tercemar, pengguna dapat terkena penyakit. ¹¹⁸ Bahkan sumber air alamiah, khususnya air yang diam/tergenang, dapat menjadi sumber berbagai penyakit amoeba karena penularan oleh *Acanthamoeba* spp dan penyakit legionnaire dari agen *Legionella* spp serta sebagai agen pembiakan nyamuk yang berpotensi menjadi vektor malaria dan demam berdarah.¹¹⁹ Begitu pula, tanaman mati di halaman rumah dapat menjadi sumber bagi jamur *Aspergillus* spp. dan *Penicillium* spp.

yang sporanya dapat mengalir ke dalam rumah, mengakibatkan asma dan rhinitis maupun aspergillosis bronchopulmoner, mycetoma, dan pneumonitis hipersensitif. Tanaman air menjadi lokasi nyaman mikobakteria atipikal yang mengakibatkan penyakit mirip tuberkulosis.¹²⁰ Untuk itu, tanaman - tanaman mati harus segera dipindahkan ke lokasi pengkomposan dan segera diberi penghalang agar tidak disentuh atau diganggu. Alternatif lainnya adalah dengan segera mengeringkan tanaman mati tersebut di bawah sinar matahari sehingga tidak memberikan lingkungan lembab yang disukai oleh mikroba. ¹²¹ Jamur juga muncul pada material organik yang lembab.

Kompos yang panas dan tumpukan jerami yang lembab serta air maupun tanah yang panas menjadi sumber bagi bakteri aktinomycete seperti *Thermoactinomyces*. Wadah penyimpanan air yang terus menerus terkena cahaya akan merangsang pertumbuhan ganggang yang juga dapat ^{117 118 119 120} Ibid. ¹²¹ Ibid., 33. 62 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** memicu asma dan rhinitis.¹²² Sistem ventilasi sendiri dapat menjadi lokasi yang nyaman bagi Thermophilic actinomycetes seperti *Thermomonospora* spp. dan *Thermoactinomyces* spp. yang memicu pneumonitis hipersensitif.¹²³ Amuba seperti *Naegleria* spp. dan *Acanthamoeba* spp.

dapat hidup subur pada sistem pelembab ruangan.¹²⁴ Sementara itu, arthropoda

seperti lipan dan laba - laba serta serangga senang berada di bagian drainase lemari es. 125 Siapapun yang bekerja secara langsung dengan lingkungan - lingkungan sekitar bangunan tersebut dapat berisiko terkena gangguan hipersensitif, penyakit menular, atau sindrom keracunan. 126 Penelitian menemukan bahwa 48% dari penderita asma yang terus berulang memelihara hewan berbulu seperti kucing.

127 Karena adanya faktor - faktor di atas, penting untuk menempatkan kandang burung, anjing, kucing, dan hewan peliharaan lainnya jauh dari jalan masuk udara atau bangunan. Begitu pula, penempatan kompos harus jauh dari lokasi bermain atau bersantai di RTH privat agar tidak terganggu. Gangguan pada tumpukan kompos akan mengirimkan bioaerosol yang mengakibatkan penyakit. 128 Penting pula untuk menempatkan bangunan jauh dari selokan atau tempat pembuangan limbah lainnya karena daerah ini menjadi sumber utama virus dan protozoa seperti bakteri coliform dan E. coli. 129 Selain metode mekanik seperti di atas, metode kimia seperti disinfeksi disarankan untuk menghilangkan potensi penyakit menular karena lingkungan sekitar bangunan yang kurang mendukung kesehatan. 130 122 123 Burrell 124 Ibid.

125 126 127 128 129 Wastew 130 Ibid., 10. Arsitektur dan Lingkungan | 63 Dalam hubungannya dengan bangunan, lingkungan alam juga memberikan perubahan fisika dan kimia pada bangunan. Organisme berukuran kecil dapat meningkatkan kesadahan (chelating) dan pengikisan pada permukaan bahan dengan mengeluarkan enzim-enzim yang mempercepat reaksi kimia pada bahan bangunan. Selain enzim, organisme mikro juga mengeluarkan dan menghasilkan berbagai jenis asam yang memberikan kerusakan kimia pada bahan lewat pensadahan pada ion-ion logam seperti kalsium dan magnesium. 131 Aksi kimia bakteri mampu menghancurkan batuan, khususnya bakteri yang mendapatkan karbon dari karbon dioksida dan energi dari cahaya atau lewat reaksi reduksi - oksidasi.

Selain itu, bakteri yang dapat mengoksidasi senyawa inorganik seperti senyawa belerang dan nitrogen menghasilkan asam sulfat dan asam nitrat yang menghancurkan batu dengan menurunkan level pH lingkungan di tempat ia tinggal. Bakteri heterotropik mengkonsumsi karbon dari senyawa - senyawa organik dan menghasilkan asam organik lemah serta berbagai agen pensadahan. 132 Serangga dan hewan makro juga dapat merusak bangunan. Lalat batu (plecoptera) bertelur di atas batu dan kayu dan larvanya hidup pada substrat di atas kedua bahan tersebut dan mengakibatkan kerusakan.

Pada bangunan tepi pantai yang terkena air laut, spons dari jenis Ephydatia luviatilis dapat menempel pada batu dan kayu, dan memberikan efek kerusakan yang sama. Kotoran berbagai jenis hewan, termasuk burung, juga memberikan efek merusak pada bahan bangunan karena bereaksi secara kimiawi dengan bahan ataupun menjadi bahan

makanan bagi mikro-organisme perusak.¹³³ Tanaman juga mampu menimbulkan kerusakan. Akar tanaman yang dibiarkan tumbuh mampu mengakibatkan kerusakan mekanik pada bangunan karena memberikan tekanan yang besar pada bahan.

Kerusakan kimia diberikan lewat asam - asam humik yang dikeluarkan oleh sistem perakaran yang menyerang senyawa karbonat pada batu, memberikan efek dekomposisi yang melembutkan dan menghancurkan batuan. ¹³⁴ ¹³¹ fluence the Deterioration of ¹³² Ibid. ¹³³ Ibid. ¹³⁴ Ibid. 64 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Reaksi kimia semakin kuat seiring bertambahnya usia bangunan. Pada semen baru, sangat sulit bagi bakteri untuk tumbuh. Level pH pada tembok beton yang baru dicor hanya sebesar 11-12,5; jauh di atas level pH yang memungkinkan bakteri untuk dapat hidup (pH 9 – 9,5).

Walau begitu, seiring waktu, berbagai interaksi dengan lingkungan akan memaparkan tembok semen pada bakteri karena pH yang terus menurun.¹³⁵ Logam juga tidak luput dari serangan mikro - organisme . Bakteri reduksi sulfat mampu mengubah sulfat dan menghasilkan sulfid, zat yang tidak ramah pada logam. Tergolong bakteri ini adalah *Desulfovibrio vulgaris* dan *Desulfotomaculum nigrificans*. Bakteri - bakteri ini bertanggungjawab pada berbagai perkaratan pada sistem pipa minyak, gas, dan selokan. Bakteri - bakteri ini membuat lapisan tipis dibawah air yang mencegah oksigen terlarut untuk menyentuh permukaan pipa.

Pada lapisan ini, lingkungan anoksik terbentuk dan bakteri reduksi sulfat menggunakan ion sulfat dari lingkungan sekitarnya sebagai sumber oksigen untuk oksidasi senyawa organik. Produk dari reaksi ini adalah sulfida yang merusak pipa tersebut. ¹³⁶ Mikro organisme lain adalah bakteri besi kemoautotrof. Bakteri ini mengoksidasi besi guna mendukung metabolisme mereka, mengakibatkan perkaratan pada besi. Bakteri - bakteri autotrof seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* menggunakan nitrifikasi sebagai sumber energi dan senyawa yang dihasilkannya merusak bahan bangunan.

Batu yang ditempel oleh bakteri - bakteri ini dapat mengalami peningkatan porositas dan penghancuran. Hal ini khususnya terjadi pada lantai dasar bangunan dimana air sering bocor dan masuk secara kapiler. ¹³⁷ Bakteri juga dapat mengakibatkan perubahan pada permeabilitas dan absorptivitas kayu sehingga kayu kehilangan kekuatannya. Bakteri dari genus *Cytophaga* mampu menghancurkan struktur serat selulosa. *Actinomyces* menyerang zat-zat seperti selulosa, kitin, hemiselulosa, dan keratin, serta mendekomposisi lignin.¹³⁸ Tentu saja, tidak semua bakteri merugikan bagi bangunan. Bakteri - bakteri yang mampu memineralisasi karbon seperti *Myxococcus* ¹³⁵ Ibid.,

22. 136 Ibid. 137 Ibid. 138 Ibid., 23. Arsitektur dan Lingkungan | 65 xanthus, sangat sesuai untuk mempertahankan batu. Bakteri-bakteri ini disemenkan pada batu, misalnya karya pahatan, dimana mereka memulai presipitasi kalsium karbonat. Kalsium karbonat yang dihasilkan bakteri ini kemudian menyerap ke dalam pori-pori batuan dan mengeras, sehingga mempertahankan kualitas batuan.¹³⁹ Selain bakteri, ganggang juga memberikan efek pada bangunan. Mereka membentuk lapisan di atas permukaan batu yang terendam air dan mengakibatkan batu menjadi hancur. Sebagian dari ganggang ini bukan saja tinggal di permukaan batu, tetapi juga menyusup ke dalam pori batu.

Secara bersama - sama mereka menghancurkan batu dari luar dan dalam. ¹⁴⁰ Jamur dapat pula merusak integritas struktur bangunan secara kimia maupun fisika. Hifa jamur, sistem vegetatif yang keluar dari spora, menjalar ke dalam struktur. Hifa dapat mengembang dan mengerut tergantung kelembaban . Proses ini yang menghancurkan struktur bangunan secara mekanik. Secara kimia, kerusakan dihasilkan lewat zat - zat yang dihasilkan jamur seperti asam oxalik, sitrik, asetik, tartarik, dan succinik. Asam - asam ini mensadahkan ion logam. Jamur juga dapat berkembang banyak dan membentuk lapisan yang memblokir pori bahan bangunan sehingga menjebak uap air di dalam bahan, meninggalkan kelembaban bahan.

¹⁴¹ Solusi dari banyak masalah ini adalah isolasi dan bila mungkin, pembaruan pada bahan bangunan. 4.3. Rangkuman Lingkungan biologis mencakup makhluk hidup non manusia seperti hewan, tumbuhan, dan berbagai filum mikroba dan virus. Tetapi kita telah membahas masalah mikroba dan virus dalam bagian kedua dan ketiga dan diperluas dalam bab ini. Penanganan pada hewan pada umumnya standar yaitu dengan menyediakan pagar dan penghalang yang cukup untuk menghindari masuknya hewan. Berbeda dengan hewan yang bergerak, tumbuhan yang relatif statis sebenarnya justru diinginkan, apalagi dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

Kita telah membahas bagaimana tumbuhan diletakkan di pekarangan dan bahkan di tembok untuk mengatasi berbagai masalah meteorologis dan klimatologis. ¹³⁹ Ibid. ¹⁴⁰ Ibid. ¹⁴¹ Ibid. 66 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** 4.4. Tugas Diskusikan dengan kelompok (setiap kelompok 5 orang) dan membuat penilaian kinerja terhadap tugas desain mahasiswa berdasarkan Lampiran II Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Kementerian **Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat** Nomor: 86/Se/Dc/2016 Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau. 4.5. Tes Formatif Dalam lingkungan biologis, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui sebagai dasar untuk memahaminya.

Isilah pengertian yang benar untuk istilah dalam lingkungan biologis pada teks di atas

(Gunakanlah literature dan sumber yang relevan). 4.6. Kunci Jawaban Lingkungan biologis mencakup makhluk hidup non manusia seperti hewan, tumbuhan, dan berbagai filum mikroba dan virus. Lingkungan biologis yang hijau sangat diharapkan karena menjamin keterserapan karbondioksida dan menangkap air hujan. Pada peraturan Bangunan Gedung Hijau, RTH tipe ini disebut sebagai RTH Privat. Selain memberikan fungsi penyerapan karbon dioksida dan penangkap air hujan, RTH privat berfungsi untuk tempat aktivitas manusia, khususnya penghuni bangunan.

Arsitektur dan Lingkungan | 67 BAB V DESAIN ARSITEKTUR BANGUNAN YANG ADAPTIF TERHADAP LINGKUNGAN ENERGI 5.1. Tujuan Pembelajaran : Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami: a. Bangunan yang adaptif terhadap lingkungan lingkungan energi. b. Istilah-istilah penting dalam bidang lingkungan energi. c. Konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan energi. 5.2. Uraian Materi 5.2.1. Lingkungan Listrik Keberadaan **menara listrik tegangan tinggi** di lingkungan permukiman padat penduduk merupakan situasi yang umum ditemukan.

Walau begitu, tidak ada bukti kalau energi listrik yang dihasilkan oleh menara dan kabel memberikan efek kesehatan, walaupun banyak orang yang berdemonstrasi atas keberadaan SUTET (Saluran Udara Tegangan Tinggi). Ketimbang mempermasalahkan radiasi dari **menara listrik tegangan tinggi**, risiko yang lebih besar justru datang dari fisik listrik itu sendiri. Dalam kaitannya dengan fisik dari listrik, bangunan harus dilindungi dari dua hal. Pertama, dari potensi tersengatnya penghuni bangunan karena jaringan listrik yang runtuh karena berbagai sebab. Sebab utama keruntuhan menara tegangan listrik adalah gempa bumi.

Malahan, hal ini berlaku pada semua bangunan yang berada dekat bangunan tinggi, termasuk penghuni di dalam bangunan itu sendiri. Bangunan yang rentan runtuh karena gempa memiliki karakteristik berbentuk tidak beraturan khususnya pada tapak dan elevasi, memiliki kekakuan yang tidak merata, memiliki bagian-bagian yang memang belum sempurna dibangun, dan memiliki variasi massa yang besar antara bagian-bagian bangunan.¹⁴² Menara listrik tegangan tinggi sangat simetris dan variasi massa yang rendah antar bagiannya, maupun berada pada landasan yang rata. Walau begitu, menara kurang 142 Saatciogl - 68 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

memiliki kekakuan karena dapat dikatakan hanya berbentuk rangka. Akibatnya, ada faktor yang dapat menjadikan **menara listrik tegangan tinggi** menjadi jatuh atau patah ketika terkena gempa yang cukup besar. Sebagai respon, jangan menempatkan bangunan berada di lokasi yang kemungkinan besar menjadi titik kejatuhan dari menara ataupun kabel udara tegangan tinggi. Untuk menara sendiri, posisi jatuh dapat berbeda-beda tergantung struktur mana yang mengalami kerusakan pertama kali.

Untuk jaga-jaga, semakin jauh dari menara semakin aman.

Misalkan menara memiliki tinggi 50 meter, maka semakin menjauh dari 50 meter, semakin aman bangunan dari kejatuhan menara. Sementara itu, untuk bahaya kabel jatuh, secara umum bangunan di bawah garis kabel akan memiliki risiko karena kabel putus akan jatuh sepanjang jalur dibawahnya. Tentu saja, dalam situasi gempa dapat saja bangunan telah rubuh terlebih dahulu sebelum menara. Karenanya, penting juga agar bangunan memiliki konstruksi tahan gempa.

Aturan umum di atas, yaitu berada pada tapak dan elevasi yang teratur, kaku secara seragam, memiliki sebaran massa yang seragam, serta telah sempurna dibangun adalah aturan yang harus dipenuhi sebelum melihat pada aspek bahan dan pondasi. Dari segi desain, hindari memakai atap yang berat dan berbentuk melengkung.¹⁴³ Atap yang berat lebih mudah jatuh karena gravitasi pada saat gempa. Bentuk yang melengkung menghilangkan kemampuan atap menjadi diafragma karena bentuk melengkung cenderung menekan ke bawah dan tidak elastik. Lebih lanjut, bangunan juga harus mempertimbangkan aspek resistensi dan fleksibilitas.

¹⁴⁴ Kedua aspek ini bersifat antagonis. Jika bangunan resisten gempa, misalnya memiliki dinding yang tebal, bangunan tidak boleh fleksibel, karena akan menghasilkan kepatahan. Sementara itu, jika bangunan diputuskan menggunakan bahan yang fleksibel, maka ia harus tidak resisten. Jika dipaksa resisten, bangunan juga akan runtuh. Kedua, perlu ada perlindungan dari sengatan listrik yang datang dari jaringan listrik di dalam rumah. Dalam kasus ini, semua saluran ¹⁴³ Behavior of Low Earthquake-Resistant Arch-Shaped Roof Masonry Houses Retrofitted by PP- 144 -Resistant Houses Built of Arsitektur dan Lingkungan | 69 listrik harus terisolasi dengan baik dan ditempatkan jauh dari jangkauan normal manusia, sehingga risiko tersengat listrik menjadi minimum. 5.2.2.

Lingkungan Radiasi Frekuensi Radio Keberadaan menara pemancar radiasi frekuensi radio (RFR) untuk kebutuhan telekomunikasi juga semakin menjamur saat ini seiring meningkatnya pemakaian ponsel cerdas dalam kehidupan masyarakat. Banyak bangunan yang telah ada di sekitar lokasi ketika menara Base Transceiver Station (BTS) dibangun dan banyak pula bangunan yang dibangun walaupun ada menara BTS di sekitarnya. Adanya keterlibatan bangunan asing di lingkungan sekitar menimbulkan ketakutan di masyarakat.

Di Australia tahun 1995, terjadi demonstrasi besar dari penduduk Harbord menolak menara BTS di lingkungan mereka karena ketakutan atas radiasi RFR (Radio-Frequency Radiation) dari menara tersebut pada kesehatan, khususnya karena di dekat menara

tersebut terdapat sebuah Taman Kanak- Kanak.¹⁴⁵ Kekhawatiran ini cukup beralasan karena RFR dari menara BTS lebih kuat daripada RFR dari menara televisi dan radio. ¹⁴⁶ Walau demikian, berbagai penelitian telah menyimpulkan bahwa RFR relatif sangat aman bagi manusia. Ponsel memang mengeluarkan RFR, tetapi pada level yang sangat rendah, bahkan jauh di bawah level maksimum yang diizinkan.

Kalaupun ada dampak RFR pada manusia, dampak tersebut hadir pada alat - alat yang sensitif seperti peralatan medis listrik , atau pada para operator dan teknisi menara BTS dan telkom secara umum. Penelitian pada pegawai perusahaan BTS yang sehari - harinya berada dalam lingkungan energi ini tidak menemukan adanya risiko kesehatan yang nyata. Begitu pula, penelitian pada para pegawai yang bekerja sehari - harinya dalam lingkungan medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah menyimpulkan bahwa tidak ada pengaruh kesehatan dari medan elektromagnet.

Penyakit yang ditemukan tidak berasosiasi dengan medan elektromagnet dalam penelitian ini adalah kanker, penyakit sistem syaraf pusat, dan penyakit jantung yang ¹⁴⁵ Ch apn nd zke,?No OurBYd: ia vero Community Opposition to Mobile Phone Towers - An licatn f amas Outage del f isk erio? ¹⁴⁶ -Radiation Levels of GSM Cellular Phone Towers in 70 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** berkaitan dengan aritmia.¹⁴⁷ Malahan, medan elektromagnet justru disarankan, sejauh relatif rendah dan alami, untuk terapi kesehatan karena dapat membantu perkembangan normal organisme dan fungsi fisiologis.

¹⁴⁸ Pada kasus Harbord, pengukuran telah dilakukan dan ditemukan bahwa level paparan di TK yang berada di bawah menara tersebut sebesar 239 kali dibawah standar Australia dan bahkan 12 ribu kali dibawah batas dimana efek RFR dapat menjadi nyata pada kesehatan. ¹⁴⁹ Standar RFR di berbagai negara berbeda - beda. Swiss dan Ital ia menggunakan standar maksimal 90 ribu mikro watt per m² sementara Amerika Serikat, Jerman, Inggris, Finlandia, dan Jepang memberikan batas maksimum 10 juta mikrowatt per m². Sementara itu, menara BTS pada umumnya memiliki kekuatan RFR berkisar antara 200 hingga 100 ribu mikro watt per m², masih dapat jarak yang sangat dapat ditoleran.¹⁵⁰ Artinya, keberadaan menara BTS sebagai sumber radiasi yang berbahaya bagi kesehatan tidaklah memiliki dasar. Akibatnya, bangunan tidak perlu melakukan adaptasi atas lingkungan RFR.

Faktanya, justru kekhawatiran terhadap masalah - masalah seperti **menara listrik tegangan tinggi** dan menara BTS lah yang menimbulkan masalah kesehatan, bukan radiasi itu sendiri. Penelitian di Selandia Baru pada lebih dari 8 ribu orang menyimpulkan bahwa kekhawatiran berlebihan atas kehidupan modern, termasuk kekhawatiran pada radiasi, meningkatkan risiko keluhan rasa sakit. ¹⁵¹ Rasa sakit itu datang dari rasa khawatir, termasuk rasa khawatir yang tidak memiliki alasan seperti

menara listrik tegangan tinggi dan menara BTS.

Karenanya, kita perlu menghilangkan rasa khawatir pada keberadaan menara di lingkungan dan lebih fokus pada aspek lingkungan yang bersifat nyata 147 Johans Epidemiologic Studies of Cancer , Diseases of the Central Nervous System and Arrhythmia- Related 148 **Physiological and Therapeutical Approaches and Molecular Mechanisms of Interaction.** 149 Community Opposition to Mobile Phone Towers - 150 HF-Radiation Levels of GSM Cellular Phone Towers in Resntl e? 151 Relationship of Worries Arsitektur dan Lingkungan | 71 seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya dalam melakukan respon adaptasi bangunan. 5.2.3. Lingkungan Suara Lingkungan dengan suara nyaring adalah suatu lingkungan energi tinggi karena suara merupakan bentuk energi yang menjalar di udara.

Penelitian pada lingkungan ini sepakat bahwa suara nyaring memang memberikan dampak pada kesehatan manusia. Penelitian menunjukkan kalau pelajar yang bekerja di ruang kelas yang bising mengalami gangguan dalam memahami pembicaraan, kinerja akademik, dan merasa terganggu secara umum.152 Untuk itu, bangunan perlu menggunakan landasan yang berpegang pada standar - standar akustik yang berlaku. Tabel berikut adalah standar WHO dan ANSI (American National Standard) untuk tingkat kebisingan dan waktu dengung ruangan.

Secara umum, ruangan kecil harusnya memiliki tingkat kebisingan sekitar 30-40 dB, ruang makan boleh lebih tinggi sekitar 45-50 dB, dan lapangan terbuka luar ruangan diizinkan memiliki kebisingan 55-60 dB. Tabel 5.1. Standar Level Kebisingan berdasarkan Bangunan Bangunan Level kebisingan (dB) Waktu dengung (detik) Ruang kelas 35 0,6 Aula dan kantin - <1 Lapangan bermain 55 - Sumber: Shield dan Dockrell, 2003, p.107 Tabel 5.2. Standar Level Kebisingan berdasarkan Luas Ruang Luas Ruang (m²) Level kebisingan (dB) Waktu dengung (detik) < 283 m² 35 0,6 > 283 m² 2 35 0,7 > 566 m² 40 - Sumber: Shield dan Dockrell, 2003, p.107 Cara yang sangat ramah lingkungan dalam mereduksi pencemaran suara adalah dengan menanam tumbuhan. Tumbuhan 152 chool: A 72 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** memecah gelombang suara sehingga menjadi peredam alami bagi bangunan.

Suara yang sangat keras dapat menggetarkan bangunan, khususnya elemen kaca. Keberadaan pohon di depan kaca sebelum mencapai sumber suara menjadi cara yang baik dalam melindungi kaca dari getaran suara. Sementara itu, untuk keseluruhan fasade, isolasi pada sistem atap dapat dilakukan menggunakan atap hijau. Atap hijau mampu mereduksi suara yang didengar orang **yang ada di dalam** bangunan, khususnya suara yang datang dari udara, seperti suara pesawat atau helikopter.

Selain itu, atap hijau juga mampu meredam suara dan mengurangi beban akustik dari fasade atas suara yang bersumber dari jalan raya.¹⁵³ 5.2.4. Lingkungan Radioaktif
Lingkungan radioaktivitas juga perlu dibahas singkat. Secara alamiah, batuan mengandung zat radioaktif dalam dosis sangat rendah. Zat radioaktif dapat merusak sel dan mendorong terjadinya kanker. Bahan bangunan dapat mengandung zat radioaktif secara alamiah atau karena tercemar radioaktif buatan manusia. Batu granit merupakan bahan bangunan yang paling banyak mengandung zat radioaktif alamiah.

Sungguh demikian, penelitian menemukan bahwa walaupun rumah yang menggunakan batu granit memiliki dosis radiasi lebih tinggi dari bangunan yang tidak memakai granit, dosis radiasi ini masih sangat kecil yaitu sebesar 1 milisevert per tahun, bahkan lebih rendah dari dosis radioaktif rata-rata alamiah sebesar 2,4 milisevert per tahun.¹⁵⁴ Walau demikian, bangunan yang berada pada lingkungan yang sangat radioaktif seperti di daerah yang kaya dengan sumber tambang uranium, radium, dan zat radioaktif lainnya, terpapar pada dosis radiasi yang dapat mencapai 260 milisevert per tahun, jauh lebih tinggi dari batas kesehatan yang diizinkan yaitu 20 milisevert per tahun. ¹⁵⁵ Risiko kanker sangat tinggi di daerah ini sehingga bangunan - bangunan harus dapat melindungi penghuni dengan menerapkan isolasi anti radiasi.

¹⁵³ ¹⁵⁴ Used as Natural Tilin ¹⁵⁵ Ghiassi - I Arsitektur dan Lingkungan | 73 5.3.
Rangkuman Pada masa lalu, ketika belum ada ponsel, lingkungan energi sangat terlokalisasi di beberapa tempat saja di Bumi ini. Sekarang dengan adanya jaringan ponsel, gelombang-gelombang mikro bergerak ke berbagai arah di permukaan Bumi. Kita, khususnya di kota besar, hidup di lautan energi yang dihasilkan oleh gelombang mikro dari pemancar ponsel. Hidup dalam lingkungan energi tidak lagi menjadi dominasi dari kawasan saluran utama listrik tegangan tinggi atau kawasan sekitar instalasi nuklir.

Terdapat tiga lingkungan energi yang penting untuk dipahami dalam kehidupan modern pada umumnya bangunan di berbagai tempat. Pertama, lingkungan energi listrik dari menara listrik tegangan tinggi. Kedua, lingkungan energi gelombang mikro dari menara ponsel. Ketiga, lingkungan energi suara dari berbagai sumber suara bising di lingkungan. 5.4. Tugas Diskusikan dengan kelompok (setiap kelompok 5 orang) dan membuat penilaian kinerja terhadap tugas desain mahasiswa berdasarkan Lampiran II Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Kementerian **Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat** Nomor: 86/Se/Dc/2016 Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau. 5.5. Tes Formatif Dalam lingkungan energi, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui sebagai dasar untuk memahaminya.

Isilah pengertian yang benar untuk istilah dalam lingkungan energi pada teks di atas

(Gunakanlah literature dan sumber yang relevan). 5.6. Kunci Jawaban SUTET adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi, radiasi frekuensi radio (RFR). BTS adalah Base Transceiver Station atau infrastruktur telekomunikasi yang memfasilitasi komunikasi nirkabel antara piranti komunikasi dan jaringan operator. 74 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Arsitektur dan Lingkungan | 75 BAB VI DESAIN ARSITEKTUR BANGUNAN YANG ADAPTIF TERHADAP LINGKUNGAN BUDAYA 6.1. Tujuan Pembelajaran : Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami: a.

Bangunan yang adaptif terhadap lingkungan lingkungan budaya. b. Istilah-istilah penting dalam bidang lingkungan budaya. c. Konsep desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan budaya. 6.2. Uraian Materi Indonesia memiliki variasi budaya yang sangat tinggi. Dalam kaitan antara bangunan dan pohon misalnya, dapat dibedakan antara budaya di Jawa dan di Kalimantan. Di Jawa, pohon sebagai pelengkap bangunan merupakan hal yang dianggap wajar. Hal ini karena diyakini bahwa pohon adalah salah satu kekayaan alam yang harus dieksploitasi. Pepohonan dapat dengan mudah ditemukan di halaman atau belakang rumah sebagai bagian dari sumber makanan (buah-buahan) atau sebagai apotek hidup.

Sebaliknya di Kalimantan, jarang terdapat rumah yang berdampingan dengan pohon. Bukan berarti masyarakat di daerah ini tidak menyukai pohon, tetapi pohon dianggap sesuatu yang sakral dan karenanya, harus dipisahkan dari kehidupan sehari-hari yang profan. Pohon harus berada di hutan dan dibiarkan di sana. Menanamnya di dekat rumah dapat mendatangkan masalah, tetapi menebangnya di hutan pun juga akan mendatangkan masalah. Intinya, hutan dan rumah harus dipisahkan. Dibaliknya, terdapat kearifan lokal mengenai hubungan manusia dan alam, hanya manifestasinya yang berbeda.

Bagaimana kemudian bangunan merespon dari aspek sosio- kultural penempatan pohon pada pekarangan rumah ini? Apakah di Kalimantan berarti kita tidak boleh menanam pohon sementara di Jawa harus menanam pohon. Tidak harus demikian. Masyarakat lokal memiliki kesepakatan mengenai pohon apa yang diizinkan dan mana yang tidak diizinkan. Bentuk adaptasi bangunan hanya terbatas pada jenis pohon apa yang dapat ditanam di pekarangan, bukan ada tidaknya pohon di pekarangan. Pada umumnya, pohon-pohon konsumsi diizinkan ada di pekarangan pada semua tempat di Indonesia. 76 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.

Contoh lain dari lingkungan budaya adalah kebiasaan untuk musyawarah dan bertamu dalam jumlah besar pada masyarakat- masyarakat di Sulawesi. Bangunan di daerah ini umumnya memiliki beranda dan ruang tamu yang luas, dan sebaliknya, kamar yang sempit. Lebih dari itu, bagian beranda langsung terbuka dengan bagian lorong dan

kamar di belakang, yang pada budaya modern dipandang sebagai ruang privat. Malahan, pada rumah yang sederhana, tidak ada sekat sama sekali di dalam rumah. Hal ini juga dapat ditemukan pada budaya masyarakat di pedalaman Sumatera. Bangunan-bangunan semacam ini mengutamakan aspek kolektivitas masyarakat daripada privasi. Bangunan-bangunan modern umumnya mengutamakan privasi dengan bentuk rumah yang bersekat-sekat.

Desain bangunan dengan sekat minimum dan ruang semi publik yang luas bukanlah kewajiban bagi masyarakat yang tinggal di lingkungan budaya yang sangat kolektif. Walau begitu, hal ini dapat dipertimbangkan dalam mendesain bangunan agar adaptif terhadap lingkungan budaya sekitar. Adaptasi ini akan menghindarkan penghuni dari distansi (penjarakan) sosial di masyarakat dan memudahkan pergaulan sosial dan kegiatan saling tolong menolong.

Dalam lingkungan politik Indonesia saat ini yang bersifat desentralisasi, pemerintah daerah dan masyarakat lokal berupaya merevitalisasi aspek-aspek kultural mereka yang pernah redup di era sentralistik Orde Baru. Karenanya, banyak arsitektur lokal dimunculkan kembali dengan sederetan kearifan lokal dan adaptasi modernnya. Ini adalah budaya umum yang terjadi di berbagai tempat di Indonesia. Pertanyaannya adalah apakah kita sebagai individu harus mengikuti lingkungan budaya ini atau berorientasi pada budaya lokal kita kembali? Hal ini akan sangat tergantung pada dinamika budaya lokal dan pendatang.

Jika anda pendatang, apakah anda mengambil sikap sebagai seorang pendatang dengan identitas bangunan pendatang, mengambil sikap netral dengan mengadopsi arsitektur modern, atau mengambil sikap sebagai pendukung budaya lokal dengan turut mengadaptasi arsitektur lokal sebagai wujud dari bangunan baru anda. Banyak faktor yang perlu dibertimbangkan sosiologis yang dapat diperhitungkan dalam mengambil posisi dan sangat tergantung pada konteks yang ada saat itu dan visi ke depannya dalam hubungan antar budaya yang dapat terjadi.

Arsitektur dan Lingkungan | 77 Cara yang paling bijak tampaknya adalah dengan menimbang aspek keberlanjutan dari langkah yang akan diambil. Jika model hunian lokal lebih berkelanjutan dari hunian pendatang, alangkah baiknya model hunian lokal yang diadopsi ketimbang model hunian atau bangunan dari daerah asal kita, daerah lain, atau nasional. Artinya, aspek keberlanjutan menjadi penentu bagi pilihan adaptasi lingkungan budaya yang diambil.

Untuk pertimbangan ini, kita dapat meninjau secara singkat karakteristik dari sejumlah hunian tradisional di Indonesia dan melihat kelebihan dan kekurangannya dari segi

keberlanjutan. Hunian-hunian ini dipilih karena karakteristik yang sangat menonjol dibanding hunian modern. Tinjauan ini disajikan pada tabel berikut. 156 Tabel 6.1. Perbandingan Rumah-Rumah Adat di Indonesia Rumah Karakteristik Keunggulan Kekurangan Aceh Tiga segmen dari depan ke belakang. Lantai segmen tengah lebih tinggi dari segmen depan dan belakang. Ruang tamu laki-laki di depan, ruang tamu perempuan di belakang.

Kamar, gudang barang biasa, dan lorong di tengah. Selalu menghadap utara atau selatan, sehingga secara maksimal mendapatkan pencahayaan alami Panggung tinggi, sehingga risiko runtuh karena gempa tinggi. Loteng digunakan untuk gudang barang berharga sehingga terbebani dan berisiko runtuh. Sakuddei (Mentawai) Terdiri dari lima segmen dari depan belakang. Segmen 1: beranda terbuka sebagai ruang kerja laki-laki, segmen 2: ruang tamu dan tidur laki-laki, segmen 3: ruang ritual kolektif, segmen 4: kamar tidur perempuan dan anak, segmen 5: ruang kerja dan ruang Pekerjaan yang menjadi profesi kepala keluarga dilakukan di beranda terbuka sehingga tidak memerlukan pencahayaan buatan Panggung tinggi, sehingga risiko runtuh karena gempa tinggi. 156 336 78 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Rumah Karakteristik Keunggulan Kekurangan tamu perempuan Limas (Palembang) Terdiri dari enam segmen dari depan belakang. Segmen 1-4 semakin tinggi dan segmen 5-6 semakin turun. Segmen 1 dan 2 untuk tamu, segmen 3 untuk ruang keluarga, segmen 4 untuk orang tua, segmen 5 untuk kamar, segmen 6 dapur Menghadap sungai sehingga menjaga kebersihan sungai, berbeda dengan rumah yang membelakangi sungai yang menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan Panggung tinggi, sehingga risiko runtuh karena gempa tinggi. Jawa Tiga lapisan dari depan ke belakang: pendapa, pringgitan, dan dalem ageng.

Bagian dalem ageng terdiri dari empat bagian dari kiri ke kanan: bagian utama, dua tempat tidur, dan tempat sakral (krobongan) Tahan gempa karena menempel ke tanah dan fleksibel. Menghadap utara- selatan sehingga memaksimalkan cahaya alami Ventilasi minim karena tersekat- sekat Bali Satu kompleks rumah yang terdiri dari sembilan sel. Setiap sel memiliki kegunaan tersendiri dan bergradasi dari yang paling profan hingga sakral Tahan gempa karena menempel ke tanah.

Modular sehingga setiap bagian rumah mendapatkan cahaya alami secara maksimal Bertembok tinggi sehingga kurang fasilitatif secara sosial. Susunan yang modular mengakibatkan semua bagian rumah terpapar risiko lingkungan yang sama. Laboya (Sumba) Tiga tingkat dan konsentrik. Tingkat dasar untuk ternak, tingkat tengah untuk penghuni, tingkat atas untuk leluhur dan benda keramat. Bagian tengah depan terdapat beranda yang membawa pada dua pintu: kiri untuk perempuan, kanan Simetris

sehingga adaptif terhadap gempa Risiko penyakit karena bagian dasar (kolong) digunakan untuk ternak.

Dapur berada di tengah- tengah rumah sehingga risiko kebakaran tinggi. Arsitektur dan Lingkungan | 79 Rumah Karakteristik Keunggulan Kekurangan untuk laki-laki. Kedua pintu membawa pada beberapa ruangan dengan sejumlah fungsi yang konsentrik mengelilingi perapian di tengah rumah. T=i (Flores) Konsentrik, baik pada level rumah (berpusat di ruang tidur) maupun level permukiman (berpusat di gunung). Dari luar ke dalam adalah: hutan, halaman (taman), naungan, beranda, daerah antara dua ruang, ruang besar dalam, ruang dalam (lebih tinggi), dan kamar tidur. Simetris sehingga adaptif terhadap gempa.

Bersahabat dengan alam karena hutan dianggap bagian dari rumah serta disimbolkan sebagai daerah asal laki-laki. Rumah sendiri dianggap sebagai daerah asal perempuan. Keduanya bertemu di taman (halaman). Ventilasi buruk karena konsentrik, khususnya bagi kamar tidur yang berada paling dalam. Sawu Tiga tingkat. Dasar (kolong), tengah, dan atas. Adaptasi terhadap kehidupan berangin kencang di pantai dengan tertutup sepenuhnya dan hanya terbuka di bagian kolong. Ventilasi buruk karena bagian terbuka hanya di kolong.

Tidak simetris, bagian atap menjorok ke depan dan belakang (pelana terbalik) sehingga risiko gempa tinggi. Atoni (Timor) Konsentrik. Dari dalam ke luar: kamar pribadi, kamar tamu, ruang pertemuan/makan (kanan) dan ruang tiduran orang tua (kiri), dapur, perapian, tangki air, dan kandang ayam Orientasi ke selatan sehingga maksimal mendapatkan cahaya alami Karena dapur dan kandang ayam berada di luar sebelum ruang tamu, risiko penyakit tinggi karena masuk dari sampah sisa makanan dan kotoran hewan ke dalam ruangan pribadi. 80 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.**

Rumah Karakteristik Keunggulan Kekurangan Minahasa Tiga bagian dari depan ke belakang: beranda- ruang tamu, kamar kiri dan kanan, dan dapur. Kamar dipisahkan oleh koridor yang menghubungkan pintu depan ke pintu belakang. Ventilasi yang baik karena udara mengalir secara merata Panggung tinggi sehingga risiko gempa tinggi. Toraja Tiga tingkat. Kolong, tengah (kehidupan), dan atas (sakral). Dalam beberapa kasus, atap ditutupi atau tertutupi tanaman hijau Bagian atap berat karena penuh dekorasi dan sangat menjorok (kadang bahkan dibantu dengan tiang tambahan) sehingga rawan runtuh, tidak simetris (bagian selatan dan barat dianggap sebagai bagian kematian) sehingga rawan rusak karena gempa. Panggung tinggi yang juga gampang rusak karena gempa Dawera dan Dawelor (Maluku Tenggara) Model kapal. Panggung tinggi dengan lantai bambu dan atap daun kelapa.

Walaupun panggung, penghuni tinggal di kolong sehingga mendapatkan cahaya dan udara maksimal Menghadap barat – timur sehingga kurang maksimal dalam pencahayaan alami. Risiko runtuh karena model kapal dan penghuni tinggal di kolong, bukan di bagian tengah. Tobelo (Halmahera) Tiga bagian: rumah utama yang berisi tempat tidur, meja bambu besar di depan rumah, dan ekstensi belakang yang berisi Banyak aktivitas dilakukan di luar bangunan (di sekitar meja bambu) sehingga mendorong aktivitas Bagian belakang sangat tertutup sehingga kurang ventilasi

Arsitektur dan Lingkungan | 81 Rumah Karakteristik Keunggulan Kekurangan dapur fisik luar ruangan Sumber: diolah dari Nas, 1998, p.336-343; kecuali Minahasa dari Kristianto et al, 2014 6.3.

Rangkuman Budaya merupakan produk sosial dari karakteristik manusia untuk hidup secara selaras dengan manusia lainnya. Adanya budaya mencerminkan nilai dan norma yang dianut oleh masyarakat dalam membangun tata kehidupannya. Budaya juga mengatur bagaimana manusia membuat bangunan dan apa saja fungsi dari bangunan tersebut. Memang kita tidak lagi hidup pada era budaya tunggal dimana budaya dari satu suku tertentu, terutama yang dominan, harus dipatuhi. Walau begitu, hidup dalam masyarakat majemuk itu sendiri adalah hidup dalam suatu budaya, yaitu budaya masyarakat majemuk. Kita tidak dapat lepas dari budaya dan karenanya, bangunan pun semestinya beradaptasi pada budaya yang ada di sekitarnya. 6.4.

Tugas Diskusikan dengan kelompok (setiap kelompok 5 orang) dan membuat penilaian kinerja terhadap tugas desain mahasiswa berdasarkan Lampiran II Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Kementerian **Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat** Nomor: 86/Se/Dc/2016 Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau. 6.5. Tes Formatif Dalam lingkungan budaya, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui sebagai dasar untuk memahaminya. Isilah pengertian yang benar untuk istilah dalam lingkungan budaya pada teks di atas (Gunakanlah literature dan sumber yang relevan).

6.6. Kunci Jawaban Profan adalah tidak bersangkutan dengan agama atau tujuan keagamaan; lawan sakra.

Sacral adalah suci atau keramat. Konsentrik adalah mempunyai pusat yang sama. 82 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Arsitektur dan Lingkungan | 83 BAB VII PENUTUP Bangunan selalu berada dalam suatu lingkungan, baik fisik maupun sosial. Kita telah membaca bahwa lingkungan telah memberikan berbagai efek kesehatan pada penghuni bangunan. Ada unsur lingkungan yang positif bagi kesehatan dan ada pula yang negatif. Lingkungan pun memberikan efek positif dan negatif pada bangunan. Karenanya, adaptasi di arahkan pada upaya bukan saja untuk melindungi penghuni dari efek negatif dan meningkatkan efek positif, tetapi juga untuk mendorong agar bangunan mendapatkan semaksimal mungkin efek positif dan mereduksi seminimal mungkin efek

negatif lingkungan. Penghuni dan bangunan pun memberikan efek pada lingkungan, baik positif maupun negatif.

Adaptasi yang baik karenanya, mendorong efek positif penghuni dan bangunan pada lingkungan dan mengurangi dampak buruk penghuni dan bangunan pada lingkungan. Sepanjang buku ini, kita telah mempelajari berbagai fakta dan sumber gagasan desain tentang bagaimana beradaptasi dengan lingkungan. Kita melihat bagaimana desain tertentu dapat menjaga agar bangunan berada pada nilai kelembaban yang moderat sehingga tidak terlalu rendah atau terlalu tinggi yang mampu mengundang berbagai jenis kuman penyakit.

Desain yang tepat juga mampu mengisolasi bangunan dari panas terik matahari dan dingin yang terlalu menusuk dari hujan dan malam. Terdapat pula berbagai mekanisme yang dapat diterapkan untuk menjauhkan bangunan dari berbagai pencemaran seperti pencemaran udara, air, tanah, bahkan pencemaran suara dan listrik. Kita telah pula belajar bagaimana menghilangkan kesilauan dan memanen air hujan yang baik untuk mengkonservasi energi dan melestarikan lingkungan hidup.

Walaupun penulis merasa bahkan tinjauan ini telah cukup komprehensif, tentunya masih **ada beberapa hal yang** terlewat. Kita belum membahas mengenai adaptasi bangunan pada lingkungan ekstrim baik dari sisi ruang maupun waktu. Lingkungan ekstrim dari segi ruang misalnya pada tempat-tempat yang mungkin kurang layak untuk mendirikan bangunan, tetapi orang terpaksa atau tertantang untuk membangun di atasnya. Sebagai contoh, bangunan gantung (udara), 84 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** bangunan di tebing, di kutub, di tengah sungai, bangunan terapung, bangunan di luar angkasa, di puncak gunung, di tengah tempat pembuangan sampah, di pulau sangat kecil, di tengah hutan, dan sebagainya.

Manusia bahkan telah membuat rumah yang terjepit di antara dua gedung, sepenuhnya di dalam tanah, di atas pohon, di atas gedung, di atas menara, atau di tengah jalan tol.157 Waktu - waktu ekstrim mencakup waktu ketika terjadi bencana alam seperti bangunan yang tahan gempa, letusan gunung api, tsunami, longsor, ledakan nuklir, badai, kebakaran hutan, dan sebagainya. Penulis sempat sekilas menyinggung bangunan tahan gempa tetapi tidak mendalam. Lingkungan - lingkungan ekstrim di atas menarik untuk dikaji secara arsitektur tetapi sangat kecil nilai aplikasinya serta sangat rumit untuk dibahas.

Sungguh demikian, dapat dikatakan hampir di semua tempat di bumi ini dapat didirikan bangunan sejauh ada sumber daya yang hampir tak terbatas dan kemampuan teknis serta semangat untuk mengadaptasi alam. Penulis katakan semangat untuk

mengadaptasi, bukan menaklukkan, karena alam adalah teman, bukan musuh bagi manusia. 157 Arsitektur dan Lingkungan | 85 INDEKS A ABC, 11, 12, 20, 87 ANSI, 71 Anyksciai, 30 arsitektur, 1, 3, 4, 5, 7, 33, 41, 48, 59, 67, 75, 76, 84 atmosfer, 1, 7, 9, 13, 17, 20, 32, 42, 55, 91 B biologi, 2 biopori, 52, 54 BMKG, 17, 31, 87 BTS, 69, 70, 73 C Coriolis, 27 D dehumidifier, 13 detonasi, 33 F fluktuatif, 15 fotokeratitis, 21 fotokonjunktivis, 21 fotosintesis, 23 G Gedung Hijau, 1, 7, 15, 24, 28, 32, 57, 59, 66, 73, 81, 90 geologi, 2 global, 1, 9, 17, 49, 50 grass block, 52, 53 I Isolasi, 12, 18 K kelembaban, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 31, 32, 41, 43, 44, 47, 52, 55, 65, 83 Kelembaban, 7, 8, 10, 12, 88 kesadahan, 63 khatulistiwa, 26, 27 klasifikasi, 2 klimatologis, 1, 3, 7, 32, 65 Kompos, 61 konsentrik, 78, 79 L LED, 22 listrik, 17, 24, 51, 67, 68, 69, 70, 73, 83 M mastik, 19 MDF, 39 meteorologis, meteorologi, 32 mikroorganisme, 11, 40 N No-Mix Vacuum, 51 O organisme, 63, 64, 70 OTTV, 25 Overhang, 23 Ozon, 21 P Perilaku, 20 pneumonia, 40 pterygium, 21 86 | Dr. Ir.

Zuber Angkasa, M.T. R Radiasi, 20, 21, 26, 69 radioaktif, 72 RFR, 69, 70, 73 RTH, 59, 60, 62, 66 RTTV, 25, 26 RWP, 41 S Sampah, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 88, 90, 91, 92 Shading, 19, 23, 91 signifikan, 1 SNI 2396:2001, 24 SNI 6197:2011, 24 sosio-kultural, 75 SUTET, 67, 73 T TPA, 49, 50 U ultraviolet, 20, 21 V Vegetasi, 29 ventilasi, 11, 13, 30, 34, 38, 43, 62, 80, 87 VOC, 38, 39 W WHO, 21, 71, 92 Arsitektur dan Lingkungan | 87 DAFTAR PUSTAKA ABC +D.?ABC+D bry ? ——— .?Caty vein nad? ABC+D, 2017.

Akbari, H, R Levinson, P Berdahl, and Lawrence Berkeley. **ASTM Standards for Measuring Solar Reflectance and Infrared Emittance of Construction Materials and Comparing their Steady-State Surface Temperatures** (1994). Asa,T nd sepA.Cotuvo?Grundwat harwh lad MunicaWaewat: ItaReguory nsatns. Water Research 38, no. 8 (2004): 1941 – 51. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.01.023>. Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6572-2001 **Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung** (2001). ——— . SNI 03-6575-2001 **Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung** (2001). Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-6389-2011 **tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung** (2011). B,Katine he ffectoRepcDispsed raRecling in with Integrated Waste Receptacles on the Accuracy of Waste Sorting in an Acadmic ild? erMhigaUsy,2012. http://scholarworks.wmich.edu/masters_theses/86%0A. Bmehine,RotJ. Flis .Mas.?Ling itatOvaGoge, Tanzania? Preliminary Landscape Archaeology Results in the Basal Bed II Lake gZo? Journal of Human Evolution 21, no. 6 (1991): 451 – 62. [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(91\)90095-D](https://doi.org/10.1016/0047-2484(91)90095-D). BMKG .?Ten u? Badan Meteorologi Dan Geofisika, 2016, 2016. <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=tren-suhu>. BP.?Satik ingkun iduplnes2017,2017. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Bur ?BaersoPevance nd ItEctin he ndorEont? Journal of Allergy and Clinical Immunology 86, no. 5 (1990): 687 – 701. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(05\)80170-8](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(05)80170-8). Bure icrbiogl ntas ItRs lo . Environmental Health Perspectives 95, no. 4 (1991): 29 – 34. Carer,Tr Pnt -Cove rBuingT o Gr ur? 2017. <https://www.dezeen.com/2017/06/30/10-plant-covered-buildings-point-greener-future-living-walls-roundup/>. Chapn,Sn,aSniaWut tin urBack d: ia vero Community Opposition to Mobile Phone Towers - An Application of SmaOutage del f isPceptn. Australian and New Zealand Journal of Public Health 21, no. 6 (1997): 614 – 20. 88 | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.1997.tb01765.x>.

Chen, C, J W Lim, Y Mao, A Ahamed, I J R Ho, B J H Ng, R Rajagopal, and J Wang. ?Fae nd oWastCo -Digestion for Development of Decentralised Urn esoce verin ingr? IWA Congress Anaerobic Digestion, no. 1 (2011): 2 – 5. Ces oTrl.?Ce - Ineia? lim ates to Travel, 2018. <https://www.climatestotravel.com/climate/indonesia>. Co n.?Co ld usaRespaty lles.I Cutting the Cost of Cold, 49 – 60. London: Routledge, 2000. Denso imbun n mpoisSmpa Domestik Kelurahan Lempeh, KaeSmbawa.UI,2007. Dhl,Da ndTtM a.?Ectof eate n he e f ne Encoding TC Resistance and the Integrase of Class 1 Integrons within Anaerobic and Aerobic Digesters Treating Muni cl ster lids. Environmental Science and Technology 44, no. 23 (2010): 9128 – 33. <https://doi.org/10.1021/es102765a>.

Dos,I NI wso erl loAnaisDue ining nd Urnizatn.I A Handbook of Industrial Ecology, edited by Robert U Ayres and Leslie W Ayres, 351 – 64. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2002. <https://doi.org/10.4337/9781843765479.00017>. Dudka,Sanisw,aDoC.Adarno nvirnmealactoMetl e MaPoing: Re? Journal of Environment Quality 26, no. 3 (1997): 590. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030003x>. EA.Coilatn f oantEsn os. lulSatnarPintand Area Sources (1995). Farreny, Ramon, Tito Morales-Pinzón, Albert Guisasola, Carlota Tayà, Joan Radell,aXa bare oSlectn rRaerHaring Quanty nd litAsssntin pa? Water Research 45, no. 10 (2011): 3245 – 54. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.036>.

Femy, Tati Budiarti, and N srlla erTa ijau erap uDa Kelembaban Relatif Udara, Pada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Ptn,Spo? Lanskap Indonesia 6, no. 2 (2014): 21 – 28. Foias,K. .Sru,and .Phais.?le ased Radiation Exposure by Granite Used s atal iling ck Cio uses.? Radiation Measurements 42, no. 3 (2007): 446 – 48. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2007.02.001>. Fu icd W,aTmaK.Mos.?EctoErmagic ie **on Cells: Physiological and Therapeutical Approaches and Molecular** Mecnisolerio Re? Cells Tissues Organs 182, no. 2 (2006): 59 – 78. <https://doi.org/10.1159/000093061>. Ghiassi-Nejad, M., S. M.J. Mortazavi, J. R. Cameron, A. Niroomand-Rad, and P. A.

Karm.?Vy igBoRiatn eaoRa,lan: Pey ioglt? Health Physics 82, no. 1 (2002): 87 – 93.

<https://doi.org/10.1097/00004032-200201000-00011>. *Arsitektur dan Lingkungan* | 89
Grit woPive o in usein ohto an by Simon Conder Assoiat? n,2013.<https://dezeeco08/24/wo-passive-solar-gain-houses-in-porthtown-by-simon-conder-associates/>. Hary, Da
heNate f nvirnme:TDlects f oiaa Eontl ha? *Real Problems, False Solutions*, 1993, 1 – 51.
Haunn,Tma W nber lfgM nd et ier F - RadioLels f CelarPne os Resntl ea? *Proc. 2nd Int. Workshop on Biological Effects of EMFS 1*, no. Vdb (2002): 327 – 33. Hausladen, Gerhard, Petra Liedl, and Michael de Saldanha. *Building to Suit the Climate: A Handbook*. Basel: Birkhauser Verlag, 2012. Herld,Jie.?HoT igA ustinaGarn.HoBuing,2016.
<https://www.homebuilding.co.uk/sustainable-gardens/>.

Hos,Mhae undioSea oil yp? me ild
<https://www.homebuilding.co.uk/foundation-systems-and-soil-types/>. Ho icl.?Huns
aMade he ksMoe ist? *Nature*, no. October (2007): 1 – 2.
<https://doi.org/10.1038/news.2007.158>. Hosotling,aAlaLawso itAllerns,lo ita Ast? n
Cutting the Cost of Cold, 75 – 90. Routledge, 2000. ICC.?CmatChae TPicaSieBas? Noaa
Faq, 2007, 1 – 4.
[papers3://publication/uuid/789C871F-F7F3-4AD1-A26B-017707E6A214](https://doi.org/10.1038/news.2007.158). Jambeck, Jenna
R, Roland Geyer, Chris Wilcox, TR Siegler, Miriam Perryman, A Andry,R an,aKL last stls
oLa ot Ocea? *Science* 347, no. 6223 (2015): 768 – 71.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386.010>.

Jonse lectonetFldsaHeltEs — *Epidemiologic Studies of Cancer , Diseases of the Central Nervous System and Arrhythmia- Related Hear se*. *Scand J Work Environ Health* 30, no. 1 (2004): 1 – 80. Jo n liaH ida nd heroSDeFoest urVeilatn r LoHo? fat1997. Keatinge, WR, SR Coleshaw, F Cotter, M Mattock, M Murphy, and R Chelliah. ?leain latletand CII unt lod
sity, and Arterial Pressure during Mild Surface Cooling: Factors in Mortality from Coronary and eraTosin er? *British Medical Journal* 289, no. 6456 (1984): 1405 – 8.
<https://doi.org/10.1136/bmj.289.6456.1405>. Kementerian Kesehatan. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/Menkes/Sk/Xi/2002 Tentang Pedoman
Pengendalian Dampak Pencemaran Udara (2002). ——— .

Peraturan Menteri Kesehatan No 1077/Menkes/Per/V/2011 **tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah** (2011). Kementerian Lingkungan Hidup.
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia **Nomor 7 Tahun 2014 Tentang Kerugian Lingkungan Hidup Akibat 90 | Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T. Pencemaran Dan/Atau Kerusakan Lingkungan Hidup** (2014). Kementerian PU. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum **Nomor: 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan** (2008). Kementerian PUPR.

Peraturan **Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 02/PRT/M/2015** tentang

Bangunan Gedung Hijau (2015). Kharseh, Moh a o iatn lcuio - Lecte lide? Khaw,K ,aPWodho ntrlatn f itmin nfectn,Haestic Factr CariolarDease. Bmj 310, no. 6994 (1995): 1559 – 63. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2549940/pdf/bmj00597-0017.pdf>. Kriao,Mandau AgUt nd hy haFatni.?Anain lorEontoMhasaTadiol use ing ? Procedia Environmental Sciences 20 (2014): 172 – 79. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.023>. Lee,Ung,Jeo MhaeWang.?Eluatn f ndl s Emissions from Municipal Solid Waste Landfills for the Life-Cycle Analysis of Waste-to-EgPhwa? Journal of Cleaner Production 166 (2017): 335 – 42. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.016>. Leod,Bo RSnt.

ilih e ah Si akt n. Rumah.com, 2017. <https://www.rumah.com/berita-properti/2017/1/144264/pilih-tempat-sampah-sesuai-karakter-ruangan>. Levis, James W., and MotoA.Bar s iogrita saAtibutfo Discarded Solid Waste? Perspectives from a National Landfill Greenhouse Gas nverMol. Environmental Science and Technology 45, no. 13 (2011): 5470 – 76. <https://doi.org/10.1021/es200721s>. Lim, Seong Rin, Daniel Kang, Oladele A. Ogunseitan, and Julie M. Schoenung. ?PtiaEontl mps f ig -Emitting Diodes (LEDs): Metallic Resoces,Toit HazdoWastCsifio? Environmental Science and Technology 45, no. 1 (2011): 320 – 27. <https://doi.org/10.1021/es101052q>. Madn,Jo brs.JoMadn nd <http://johnmadisonlandscape.com/2012/06/windbreaks/>.

Marks, Kathy, aDal wde he r' Ruh mp?: GarT T rches oHii oJapan. The Independent, no. February (2009): 7 – 9. Mckht TZurh igs eatArhed aioo f ycd Beage tns.Dezeen,2015.h <https://www.dezeen.com/2015/06/01/eth-zurich-arched-pavilion-upcycled-beverage-cartons-new-york-ideas-city-recycled-sustainable-design/>. Me,Gert nstuctn nul rE -Resistant Houses Built of Eh. Building Advisory Service and Information Network, 2001, 52. http://cd3wd.com/cd3wd_40/GTZCRYS3/h4257e.pdf. Arsitektur dan Lingkungan | 91 Momavá,A.?Eontl os hat nfluetDetioatn f Matia? Environmental Deterioration of Materials 28 (2007): 1 – 25. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-032-3/01>. Nahar uana o radnce f he arh s moe.l

Climate Change and Food Security in South Asia, 31 – 42. Springer, 2010. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9516-9>. Nas,Per M.?THoin ndoiaBeten lolizatn nd Lolizatn. **Bijdragen Tot de Taal-, Land- En Volkenkunde / Journal of the Humanities and Social Sciences of Southeast Asia** 154, no. 2 (1998): 335 – 60. <https://doi.org/10.1163/22134379-90003901>. Neild, P J, D Syndercombecourt, W R Keatinge, G C Donaldson, M Mattock, and M Cau Id -Induced Increases in Erythrocyte Count, Plasma-Cholesterol and Plasma-Fibrinogen of Elderly People without a Comparable Rise in Protein-C or Factor- X.

Clinical Science 86, no. 1 (1994): 43 – 48. Or n.?Hoto ild HeltHo? me ild
<https://www.homebuilding.co.uk/is-your-home-making-you-ill/>. Pin,Rand ndurl ymbs:
eing comic nd nvirnmea Vatolerm Ilario? EDI Quarterly 4, no. 3 (2012): 9 – 11. Patt na
wat nd ikrm edd rnt tus f ermpo f ba Green Waste Processed by Three Earthworm
Species — Eisenia Fetida, Eudrilus Eugeniae, and Perionyx Excavatus . Applied and
Environmental Soil Science 2010 (2010): 1 – 13. <https://doi.org/10.1155/2010/967526>.
Petrie, Keith J., Borge Sivertsen, Mari Hysing, Elizabeth Broadbent, Rona Moss- Mor
R.Eiksn,and lgerUrin.?TroMon ries The Relationship of Worries about Modernity to
Reported Symptoms, Health and Medi caCe ilizatn.

Journal of Psychosomatic Research 51, no. 1 (2001): 395 – 401.
[https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(01\)00219-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(01)00219-7). Pwler n.?Sn ntoaSing Dees.WBD
<http://www.wbdg.org/resources/sun-control-and-shading-devices>. PikeLbaKKP a mofer?
,2015. <http://pusriskel.litbang.kkp.go.id/index.php/data/atmosfer>. Ranne,M. les,a net otn
xpoes nd hildrn s Pollution Exposures and Chil drn’Helt? Canadian Journal of Public
Health 89, no. June 1998 (1998): 43 – 48. Reerm,TtVa ndDBoeldor educt ustl açad Lofrm
ad ric itGrn o? Building and Environment 44, no. 5 (2009): 1081 – 87.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.013>. Ro E,and irwsk isoderaDey: heCo nd
surme f PceNigrd r. Urban Affairs Review 34, no. 3 (1999): 412 – 32.
<https://doi.org/10.1177/10780879922184004>. Sa atg at JhaHu.?Dmic lys f ilds r
Earthquake- Resa ig? Canadian Journal of Civil Engineering 30, no. 2 (2003): 338 – 59.
<https://doi.org/10.1139/I02-108.92> | **Dr. Ir. Zuber Angkasa, M.T.** Sid,Juna,aSngko.?Plan a
Plastik Dan Tanaman Enceng Gok i haBanaAltnatHe neri.l

Prosiding Temu Ilmiah IPLBI, 187 – 92, 2016. Santer, B. D., C. Mears, F. J. Wentz, K. E.
Taylor, P. J. Gleckler, T. M. L. Wigley, T. P net deificio of Human-Induced Changes in
Atmospheric MourCoent? Proceedings of the National Academy of Sciences of the
United States of America 104, no. 39 (2007): 15248 – 53.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0702872104>. Sathiparan, Navaratnarajah, and Kimiro
Meguro .?Sis haroLo Earthquake-Resistant Arch-Shaped Roof Masonry Houses
Retrofitted by PP- BaMhe? Practice Periodical on Structural Design and Construction 17,
no. 2 (2012): 54 – 64. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000113](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000113).
Schwarzenbach, René P., Thomas Egli, Thomas Hofstetter, Urs von Gunten, and Berd hr
lol erPoioaHun ah. Ssrn, no. May 2014 (2010).
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342>. SmeMerh ut ApsBhaBnguD
aurUng ntKori.

Semen Merah Putih, 2017. <https://semenmerahputih.com/3-Aplikasi-Bahan-Bangunan-Daur-Ulang-Untuk-Konstruksi-58>. Sld,Br JuEDoell.?TEectoNooCeatSl: A view.
Journal of Building Acoustics 10, no. 2 (2003): 97 – 106. Sauskis,G. Marvska

urvice, G.M. Špyte, A. Slis, al Gryš. Bc mat Pincl ein ce ta Desn: Wat er Buings. Statewide Agricultural Land Use Baseline. Vilnius, 2015.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. Sania erus ncre - A ee Matia T
Ip Reduc Wat Run- oa Pllutn. Indian Concrete Journal 82, no. 12 (2008): 16 – 34.
[https://doi.org/Cited By \(since 1996\) 2 Export Date 9 July 2012 Source Scopus](https://doi.org/Cited%20By%20(since%201996)%20Export%20Date%209%20July%202012%20Source%20Scopus). Sukardi,
Eddi, and Tanudi. Membuat Bahan Bangunan Dari Sampah. Jakarta: Penebar Swadaya,
1997. Tsumi, Ho ffecto Lo Huito Hun mfotand rducty.

Waseda University, 2004. Tsutsumi, Hitomi, Shin ichi Tanabe, Junkichi Harigaya, Yasuo
Iguchi, and Gen Nakaa. Ecto Huito Hun mfotand rducty ft Sep ngesfrm m nd HuEont?
Building and Environment 42, no. 12 (2007): 4034 – 42.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.037>. We, Cis. 4 uses iltin eminglssle
catns. Busss nser 2016.
<https://www.businessinsider.sg/houses-impossible-locations-2016-10/?r=US&IR=T>.
WHO. Slar Radioa Hun ItT MucSIDango? Wilkn, PI, Mn ndo nd imo Sevenso usa Wint at
Arsitektur dan Lingkungan | 93 Eeloicl vide? n Cutting the Cost of Cold, 39 – 48.
Routledge, 2000. Willett, Katharine M., Nathan P. Gillett, Philip D. Jones, and Peter W.
Thorne.

Atrioo Oved ure midy has oHumalnce. Nature 449, no. 7163 (2007): 710 – 12.
<https://doi.org/10.1038/nature06207>. Wilhur, P eate Cariolar Moalit? Bmj 309, no. 6961
(1994): 1029. <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6961.1029>. Zakarova, Alexandra, Ji Yeon
Seo, Hyang Yeon Kim, Jeong Hwan Kim, Jung Hye S MaC, Chong Lee, a ng ang lic
Sprouting Is Associated with Increased Antioxidant Activity and Concomitant Change s
tMaboe rfile. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62, no. 8 (2014): 1875 – 80.
<https://doi.org/10.1021/jf500603v>. Zng, Mun, Hao Che izn ng, a Ga Pn. Rinwat ilizioa Storm
Pollution Control Based on Urban Runo ff actizio? Journal of Environmental Science 22,
no. 1 (2010): 40 – 46. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60599-2](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60599-2).

Zheljazkov, Valtcho D., Juan L. Silva, Mandar Patel, Jelena Stojanovic, Youkai Lu,
Tjo Kim, a Tmas r maHa a Nutrient Source for Hoicuurl o? HortTechnology 18, no. 4
(2008): 592 – 96.

INTERNET SOURCES:

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/317037668_Arsitektur_Melayu_Berbasis_Islam
_dan_Relevansinya_dalam_Desain_Gedung_UIN_Raden_Fatah_Palembang](https://www.researchgate.net/publication/317037668_Arsitektur_Melayu_Berbasis_Islam_dan_Relevansinya_dalam_Desain_Gedung_UIN_Raden_Fatah_Palembang)

<1% - <https://core.ac.uk/download/pdf/48593365.pdf>

<1% - <http://repository.lppm.unila.ac.id/15416/1/klimatologi%20pertanian.pdf>

<1% - <https://id.scribd.com/doc/232652706/Suplemen-Astrofisika>
<1% -
<http://eprints.radenfatah.ac.id/4075/1/BUKU%20ULUMUL%20HADITS%20II%20LENGKA P.pdf>
<1% - <http://eprints.radenfatah.ac.id/2149/1/Desain%20Pembelajaran.pdf>
<1% - <https://aljazuli99.blogspot.com/2015/03/asuhan-keperawatn-mioma-uteri.html>
<1% - <http://ft.um-palembang.ac.id/teknologiinformasi/2018/>
<1% - <https://mz-pendidikan.blogspot.com/feeds/posts/default>
<1% -
<https://id.123dok.com/document/oy86mx5q-pemberlakuan-hukum-jinayah-di-aceh-dan-kelantan.html>
<1% - <https://id.scribd.com/doc/161625290/Prosiding-Seminar-Dan-Kolokium-Nasional>
<1% -
<https://faperta.untidar.ac.id/wp-content/uploads/2020/02/PEDOMAN-PKL-FAPERTA-2020.pdf>
<1% -
<http://repository.poliupg.ac.id/375/1/01-Laporan%20Akhir%20%20PDP%20%2716.pdf>
<1% - https://emboen.files.wordpress.com/2012/01/melakukan_data_entry_dengan.pdf
<1% -
https://bsd.pendidikan.id/data/2013/kelas_11smk/Kelas_11_SMK_Perekayasaan_Sistem_Antena_2.pdf
<1% -
<http://belajar.ditpsmk.net/wp-content/uploads/2014/09/TEKNIK-DASAR-PENGERJAAN-NON-LOGAM-KELAS-X-SEMESTER-2.pdf>
<1% - <http://dataku.sidoarjokab.go.id/UpDown/pdfFile/201927.pdf>
<1% -
https://bsd.pendidikan.id/data/2013/kelas_11smk/Kelas_11_SMK_Gambar_Konstruksi_Kapal_Fiberglass_dengan_CAD_1.pdf
<1% - <https://www.slideshare.net/setioaribowo/sistem-operasi-jaringan-xi-2-rev>
<1% -
https://bsd.pendidikan.id/data/2013/kelas_10smk/Kelas_10_SMK_Konsep_Dasar_Kapal_2.pdf
<1% - https://issuu.com/dlhc.aceh/docs/dikplhd_2016
<1% - <http://aripple.blogspot.co.id/feeds/posts/default>
<1% - <http://jurnalsosekpu.pu.go.id/index.php/sosekpu/article/download/222/pdf>
<1% -
<https://winkhamaisya.blogspot.com/2012/09/menciptakan-lingkungan-belajar-yang.html>
|
<1% - <https://ari-razgriz.blogspot.com/2011/03/>
<1% - <https://syahriartato.wordpress.com/2013/08/page/3/>

<1% - <https://www.slideshare.net/yuliahhsan1/dasar2-farmasi>
<1% - <http://ft.um-palembang.ac.id/arsitektur/dosen/>
<1% - <https://sttcirebon.ac.id/index.php/tentangsttc/programstudi/arsitekturs1/20-catar>
<1% - <https://id.123dok.com/document/yd7wlegy-dasar-dasar-farmakologi-2.html>
<1% - <https://id.123dok.com/document/y6enl95z-sma10geo-geografi-iwan-1.html>
<1% -
<https://iputuyuliawanapp.blogspot.com/2012/02/kelembaban-dan-tekanan-udara.html>
<1% -
<https://www.yumpu.com/id/document/view/62282195/kepmenkes-153-t2018-juknis-be-rhias>
<1% -
<https://www.scribd.com/document/98725104/BukuBse-belajarOnlineGratis-com-teknik-Pemanfaatan-Tenaga-Listrik-1>
<1% - <https://mokohar.blogspot.com/2014/>
<1% - <https://tekniksipiluhuy.wordpress.com/2016/03/28/>
<1% - <https://keilmuanteknologi.blogspot.com/feeds/posts/default>
<1% - <https://nurcahyanto88.wordpress.com/category/materi-kuliah/>
<1% -
<https://mgmpagrominapacitan.wordpress.com/2013/03/27/prinsip-pengawetan-pangan/>
<1% -
<https://dpmptsp.pemkomedan.go.id/userfiles/dpmptspmedan/dpmptspwebaplikasi/files/JDIH/PERDA-KOTA-MEDAN-NO.-1-TAHUN-2015-TTG-BANGUNAN-GEDUNG.pdf>
<1% -
http://docshare.tips/its-paper-24898-2409030011-paper-1_578f4812b6d87fa30e8b4584.html
<1% - <https://peri-laut.blogspot.com/2011/>
<1% - <https://lingkunganhidup.co/pengertian-pemanasan-global-penyebab-dampak/>
<1% - <https://belajarnazir.blogspot.com/2014/>
<1% - <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong/article/download/772/414>
<1% - <https://issuu.com/metrورياu/docs/16102015>
<1% -
<https://docobook.com/deteksi-perubahan-tutupan-lahan-di-das-cisadane-bagian.html>
<1% -
<https://doku.pub/documents/7506buku-ajar-kimia-kontekstual-boptn-p3-ugm-30j7z34zmw0w>
<1% - <https://pencemud6.wordpress.com/>
<1% - <https://dosengeografi.com/pengertian-kabut-asap/>
<1% - <https://altzone.blogspot.com/2005/>
<1% -

<https://www.cekaja.com/info/ini-caranya-agar-rumahmu-tetap-sejuk-di-cuaca-panas-tanpa-pasang-ac/>

<1% -

<http://www.djpk.depkeu.go.id/wp-content/uploads/2016/02/PERMEN-PUPR-47-2015-juknis-dak.pdf>

<1% - <https://europein.eu/astm-e1980-75/>

<1% - <https://jurnal.teknikunkris.ac.id/index.php/semnastek2019/article/view/296/295>

<1% -

<https://id.scribd.com/doc/73490184/SNI-03-6389-2000-Konservasi-Energi-Selubung-Bangunan-Pada-Bangunan-Gedung>

<1% - <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/download/576/516>

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/19562/Appendix.pdf;sequence=1>

<1% - <http://research-report.umm.ac.id/index.php/sentra/article/view/2321>

<1% -

<https://www.scribd.com/document/321192806/SNI-6389-2011-web-konservasi-Energi-Selubung-Bangunan-pdf-Unlocked>

<1% - <http://jurnalpermukiman.pu.go.id/index.php/JP/article/download/161/140>

<1% - <https://www.pendidikanfisika.com/keseimbangan-radiasi-bumi/>

<1% - https://anapangesti.blogspot.com/2012/11/v-behaviorurldefaultvmlo_5101.html

<1% -

<https://frensiatanaga1705.blogspot.com/2015/01/dinamika-atmosfer-dan-dampaknya.html>

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/18191/Chapter%20II.pdf;sequence=3>

<1% - <https://sudardjofx.blogspot.com/feeds/posts/default>

<1% -

<https://mudah-bahasaindonesia.blogspot.com/2015/11/ccontoh-kalimat-menggunakan-kata-banyak.html>

<1% - <https://sapaberani.blogspot.com/2010/05/tanaman-durian.html>

<1% - <https://www.serviceacsurabayatehnik.com/feeds/posts/default>

<1% -

<https://id.scribd.com/doc/259364506/Buku-Pemetaan-Kegiatan-Riset-2006-2007-pdf>

<1% - <https://putrarajawali76.blogspot.com/2012/09/makalah-pencemaran-udara.html>

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/41198/Chapter%20I.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

<1% -

<http://repository.unmuhpnk.ac.id/710/2/skripsi%20maju%20hasil%20GAPITA%20FIX.pdf>
<1% - <https://id.scribd.com/doc/274603335/Permen-LH-No-7-Tahun-2014-Kerugian-LH>
<1% - <https://bacabse.blogspot.com/2010/02/smk-10-budi-daya-ikan-html.html>
<1% -
https://www.researchgate.net/publication/312956067_PENINGKATAN_INDEKS_STANDAR_PENCEMARAN_UDARA_ISPU_DAN_KEJADIAN_GANGGUAN_SALURAN_PERNAPASAN_DI_KOTA_PEKANBARU
<1% - <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Search?entitas=147&tahun=2016>
<1% -
https://mafiadoc.com/profil-kesehatan-indonesia-tahun-2012_59c17e511723ddd1fb9d335d.html
<1% -
<https://queenadelevina.blogspot.com/2010/12/modul-biologi-lingkungan-kelas-x.html>
<1% - <https://blogs.itb.ac.id/pencemud1klp7/tag/global-warming/>
<1% - https://mafiadoc.com/kimia-sma-ma_59ce87981723dd6ec1009393.html
<1% - <https://mitrajaya.wordpress.com/kirim-tulisan/>
<1% - <https://dewieariies.blogspot.com/2012/10/pengelolaan-sampah-rs.html>
<1% - <https://makalah.blogspot.com/2011/10/ccontoh-makalah.html>
<1% - <http://indoincinerator.blogspot.co.id/feeds/posts/default>
<1% - <http://cara-mengatasi-limbah.blogspot.co.id/feeds/posts/default>
<1% - <http://id-id.hair-growth-48.eu/>
<1% -
<https://tatisembilan.blogspot.com/2010/07/ilmu-pengetahuan-dan-teknologi-ipitek.html>
<1% - <https://kulimijit.blogspot.com/2009/06/pencemaran-lingkungan-dan-upaya.html>
<1% - <http://digilib.unila.ac.id/2120/8/BAB%202.pdf>
<1% -
<https://www.slideshare.net/perencanakota/pedoman-penyediaan-dan-pemanfaatan-ruang-terbuka-hijau-di-kawasan-perkotaan>
1% -
<http://www.gurupintar.com/threads/jelaskan-kelebihan-dan-kekurangan-sumur-resapan-dibandingkan-dengan-biopori.2719/>
<1% -
<https://www.scribd.com/document/320911873/Jelaskan-Kelebihan-Dan-Kekurangan-Sumur-Resapan-Dibandingkan-Dengan-Biopori>
<1% - https://akvopedia.org/wiki/Pemanenan_air_hujan_dengan_teknik_atap_bangunan
<1% -
<https://www.anekapendidikan.com/2019/02/rangkuman-materi-ipa-kelas-5-sd-mi-semester-1-dan-semester-2-revisi-lengkap.html>
<1% - <https://sarisanih.wordpress.com/>
<1% - <https://pt.scribd.com/document/88261079/Kajian-Perencanaan-RTH>

<1% - <https://ar.scribd.com/document/49063442/RTNH>
<1% -
<https://id.123dok.com/document/4zpj1oz-pendugaan-potensi-cadangan-karbon-tersimpan-pada-beberapa-jalur-hijau-di-jalur-arteri-sekunder-kota-medan.html>
<1% -
<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/6742/BAB%20II%20OK.docx?sequence=2>
<1% -
<https://www.scribd.com/document/339905231/4-Perencanaan-Teknik-Lanskap-Jalan-pdf>
<1% - <https://id.scribd.com/doc/54505551/permen05-2008-RTH>
<1% - <http://www.readbag.com/bkprn-peraturan-the-file-permen05-2008>
<1% - <https://nugrohodc5.blogspot.com/2013/>
<1% - <https://perpustakaan dunia-rezad.blogspot.com/2011/01/biologi.html>
<1% - https://issuu.com/waspada/docs/waspada__selasa_10_januari_2012
<1% - <https://fadlysutrisno.wordpress.com/page/6/>
<1% - <https://www.vitatec.com/docs/referenz-experimente/funk-and-monsees-2006.pdf>
<1% - <https://jayautama-proteksindo.com/category/blog/>
<1% - <https://kimithycullenblog.wordpress.com/>
<1% - <http://fwatcher.fwi.or.id/artikel-peserta/>
<1% -
<http://hsarifin.staff.ipb.ac.id/2018/10/01/2018-odd-semester-agricultural-landscape-for-bachelor-program/>
<1% - <https://anggihanyrp.blogspot.com/feeds/posts/default>
<1% - <https://sangkalafatamorgana.wordpress.com/page/2/>
<1% -
<https://leumburkuring.files.wordpress.com/2012/05/sni-03-1733-2004-tata-cara-perencanaan-lingkungan.pdf>
<1% -
<http://www.flevin.com/id/lgso/legislation/Mirror/czozMToiZD1ibisyMDExJmY9Ym4zMzQtMjAxMS5wZGYmanM9MSI7.pdf>
<1% - https://brill.com/view/journals/bki/154/2/article-p335_8.xml?lang=en