

BUKU AJAR
ARSITEKTUR
BERKELANJUTAN

Apridus Kefas Lapenangga



GETPRESS INDONESIA

BUKU AJAR
ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

Penulis : Apridus Kefas Lapenangga

ISBN :

Editor : Mila Sari, M.Si.

Dede Ahsani Aulia, ST.

Penyunting: Yuliatrini Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Buku ajar mata kuliah Arsitektur Berkelanjutan mengarahkan mahasiswa agar memahami prinsip-prinsip yang mendasari sebuah bangunan memenuhi unsur keberlanjutan baik di bidang sosial, ekonomi maupun lingkungan. Setiap bangunan yang didesain sebaiknya mampu mengindikasikan keberlanjutan agar bisa dinikmati oleh generasi mendatang. Untuk mencapai keberlanjutan yang dimaksud maka desain arsitektur harus memenuhi prinsip-prinsip desain yang ada.

Capaian pembelajaran mata kuliah ini adalah mahasiswa mampu mengaplikasikan prinsip arsitektur berkelanjutan untuk menyelesaikan masalah/studi kasus yang ada di masyarakat. Masalah yang berhubungan dengan arsitektur berkelanjutan antara lain masalah ekonomi, sosial dan lingkungan. Prinsip prinsip desain arsitektur berkelanjutan digunakan untuk membuat konsep dan menghasilkan sebuah pradesain arsitektur.

Sejalan dengan perubahan-perubahan dalam kurikulum arsitektur, buku ajar ini juga mengalami perkembangan. Buku ajar Arsitektur Berkelanjutan tentunya akan mengalami beberapa penyesuaian melalui perubahan edisi dalam proses penyempurnaannya. Oleh karena itu dalam segala kerendahan hati penulis memerlukan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kepentingan pembelajaran yang lebih baik.

Kupang, Juli 2024
Penyusun

Apridus Kefas Lapenangga, ST., MT

KATA SAMBUTAN

Buku Ajar "Arsitektur Berkelanjutan" karya Apridus Kefas Lapenangga merupakan sebuah karya penting yang wajib diperhatikan oleh mahasiswa arsitektur dan para praktisi di lapangan. Buku ini bukan hanya sekedar kompilasi teori dan konsep, melainkan sebuah panduan praktis yang akan membimbing Pembaca melalui lima bab esensial, mulai dari "Sejarah dan Pengertian Arsitektur Berkelanjutan" hingga berbagai contoh bangunan yang menerapkan prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan.

Di zaman dimana keberlanjutan menjadi kebutuhan, bukan lagi pilihan, buku ini menawarkan lebih dari sekedar wawasan. Ia mengajak Pembaca untuk memahami dan menerapkan prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan dalam setiap aspek perancangan. Buku ini menggarisbawahi pentingnya membangun lingkungan yang tidak hanya estetis dan fungsional, tetapi juga ramah lingkungan dan bertanggung jawab secara sosial.

Para mahasiswa arsitektur akan menemukan bahwa buku ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan mereka, tetapi juga memperkaya perspektif mereka tentang bagaimana arsitektur dapat dan seharusnya menjadi kekuatan positif dalam menciptakan bumi yang lebih baik. Dengan pendekatan yang holistik, Apridus Kefas Lapenangga membawa Pembaca menyelami bagaimana setiap aspek desain mulai dari pemilihan material hingga integrasi dengan lingkungan dapat berkontribusi pada keberlanjutan.

Mari kita gunakan pengetahuan dan keterampilan yang kita miliki untuk tidak hanya menciptakan bangunan dan ruang yang indah, tapi juga yang mendukung kesejahteraan planet kita. Buku ini adalah langkah penting dalam perjalanan tersebut. Selamat membaca dan merenungkan, semoga Pembaca terinspirasi untuk menciptakan perubahan yang berarti dalam dunia arsitektur dan di mana karya tersebut berada – Bumi kita.

Prasasto Satwiko
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Bumi semakin tua dan menyisakan sumber daya alam yang makin minim bagi generasi mendatang. Keadaan ini membuat pembangunan yang ramah lingkungan, sangatlah penting. Arsitek, yang memiliki peran besar dalam pembangunan lingkungan binaan, sangatlah penting untuk memperhatikan aspek-aspek ramah lingkungan, diantaranya melalui pendekatan arsitektur berkelanjutan.

Buku ajar arsitektur berkelanjutan yang disusun penulis adalah buku yang dapat menjadi pedoman bagi para mahasiswa Arsitektur untuk senantiasa mendesain bangunan dan lingkungan binaan secara berkelanjutan. Buku disusun secara sistematis sehingga memudahkan mahasiswa memahami perbagian dan akhirnya secara bertahap mampu memahami isi buku secara keseluruhan. Soal-soal yang dilengkapkan pada setiap akhir bab pembelajaran juga memudahkan mahasiswa mengukur tingkat pemahamannya.

Bapak Apridus Kefas Lapenangga, ST., MT adalah seorang yang tekun belajar dan secara terus menerus bersemangat meningkatkan kemampuan tulis-menulisnya. Saya senang dan bangga dapat mendampingi beliau dalam penulisan buku ini. Selamat atas terbitnya buku ini, semoga bermanfaat bagi kolega dan mahasiswa.

Surabaya, 3 Juni 2024

Christina E. Mediastika
Universitas Ciputra Surabaya

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
KATA SAMBUTAN	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
TINJAUAN MATA KULIAH.....	1
I. Deskripsi Singkat	1
II. Relevansi	2
III. Capaian Pembelajaran	2
BAB 1 SEJARAH DAN PENGERTIAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN	7
1.1 Sejarah Arsitektur Berkelanjutan	7
1.2 Pengertian Arsitektur Berkelanjutan	20
DAFTAR PUSTAKA.....	32
BAB 2 PRINSIP-PRINSIP ARSITEKTUR BERKELANJUTAN.....	35
2.1 Tiga Elemen Arsitektur Berkelanjutan	35
2.2 Prinsip Desain Arsitektur Berkelanjutan	54
2.3 Desain Pasif.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	91
BAB 3 PENERAPAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN	95
3.1 Material Ramah Lingkungan	95
3.2 Pemanfaatan Energi Terbaru	101
3.3 Pengolahan Limbah	112
3.4 Konservasi Air Bersih Dan Penggunaan Air Hujan	128

DAFTAR PUSTAKA.....	142
BAB 4 MANAJEMEN OPERASIONAL BANGUNAN	147
4.1 Bangunan Mandiri Energi	147
4.2 Manajemen Energi dengan Teknologi Bangunan	154
DAFTAR PUSTAKA.....	163
BAB 5 CONTOH BANGUNAN BERKELANJUTAN.....	167
5.1 Arsitektur Tradisional	167
5.2 Arsitektur dengan Material Alami.....	182
5.3 Arsitektur dengan Bahan Daur Ulang.....	189
5.4 Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Modern.....	192
DAFTAR PUSTAKA.....	202
GLOSARIUM.....	205
INDEKS	213
TENTANG PENULIS	217

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Penyebab dampak iklim.....	11
Gambar 1. 2. Emisi karbon 1 tahun operasional rumah tipe 45 di Kota Kupang	12
Gambar 1. 3. Pembangkit listrik tenaga nuklir	15
Gambar 1. 4. Ilustrasi keberlanjutan 3 elemen.....	21
Gambar 1. 5. Fokus perancangan arsitektur berkelanjutan.....	22
Gambar 1. 6. Strategi desain berkelanjutan.....	24
Gambar 1. 7. Perumahan melingkar di Fujian	27
Gambar 1. 8. Arsitektur berbasis lingkungan	28
Gambar 2. 1. Elemen arsitektur berkelanjutan	35
Gambar 2. 2. Gedung Acros Fukuoka - Jepang.....	37
Gambar 2. 3. Manusia menjadi bagian dari lingkungan binaan.....	39
Gambar 2. 4. Ketahanan bangunan	40
Gambar 2. 5. Naungan dan landsekap.....	41
Gambar 2. 6. Berbagai jenis pertanian perkotaan.....	43
Gambar 2. 7. Destinasi wisata Kampung adat Takpala, Kab. Alor.....	44
Gambar 2. 8. Kampung Code - Yogyakarta	45
Gambar 2. 9. Kantor UNEP Nairobi	46
Gambar 2. 10. Aspek bentuk, fungsi dan makna dalam kebudayaan.....	47
Gambar 2. 11. Rumah tradisional daerah Alor dan TTS	48
Gambar 2. 12. Wanita di Boti yang memintal dan menenun	49
Gambar 2. 13. Warga benteng None	50
Gambar 2. 14. Contoh aksesibilitas pada skala desa dan kota	51
Gambar 2. 15. Lopo sebagai tempat musyawarah masyarakat suku Boti	52
Gambar 2. 16. Pantai Tedys, Kota Lama Kupang	52
Gambar 2. 17. Keadilan sosial pada ruang jalan dan ruang komunal.....	53
Gambar 2. 18. Arsitektur Nusantara beradaptasi dengan iklim tropis	57
Gambar 2. 19. Adaptasi arsitektur tradisional Cina	58

Gambar 2. 20. Bentuk arsitektur beradaptasi dengan kondisi iklim	62
Gambar 2. 21. Material lantai rumah tradisional Sabu	64
Gambar 2. 22. Rumah tradisional Sabu (<i>Amu Rukoko</i>)	64
Gambar 2. 23. Ilustrasi pergerakan udara di rumah tradisional Sabu.....	65
Gambar 2. 24. Aliran udara dan komponen yang digunakan untuk mendinginkan bangunan selama musim panas.....	66
Gambar 2. 25. Sistem pemanas lantai Ondol di Korea Selatan.....	67
Gambar 2. 26. Rumah tradisional suku atoni (<i>ume kbubu</i>)	68
Gambar 2. 27. Fasad kulit ganda sebagai pra-pemanas langsung sentral dari pasokan udara.....	70
Gambar 2. 28. Konsep kulit ganda dan ventilasi alami gedung Sekisui <i>Office Towers</i> di Tokyo-Jepang.....	71
Gambar 2. 29. Tingkat kualitas insulasi panas dinding bangunan	72
Gambar 2. 30. Perpustakaan King Fahad National di Riad, Saudi Arabia.....	73
Gambar 2. 31. Delapan jenis perangkat static shading.....	74
Gambar 2. 32. Dua puluh tujuh konfigurasi shading.....	75
Gambar 2. 33. Parameter iklim dan posisi matahari dalam desain naungan	76
Gambar 2. 34. Ventilasi silang pada bangunan.....	77
Gambar 2. 35. Ventilasi rongga atap	77
Gambar 2. 36. Ilustrasi pergerakan udara pada atap.....	78
Gambar 2. 37. <i>Stack effect</i> pada bangunan atap kubah.....	79
Gambar 2. 38. <i>Stack ventilation</i> pada bangunan atap miring	80
Gambar 2. 39. <i>Stack ventilation</i> pada bangunan atap datar	80
Gambar 2. 40. Dinding berpori pada rumah tradisional suku Atoni	81
Gambar 2. 41. Aliran udara konveksi melalui jendela.....	82
Gambar 2. 42. Fungsi jendela untuk pencahayaan alami	83
Gambar 2. 43. Atap hijau (<i>green roof</i>).....	84
Gambar 2. 44. Atap hijau (<i>green roof</i>) Fukuoka - Jepang.....	85
Gambar 2. 45. Tipe kemiringan atap	86

Gambar 2. 46. Pencahayaam alami rumah Jepang dengan teritisan..	87
Gambar 3. 1. Material alami untuk konstruksi ume kbubu	96
Gambar 3. 2. Material alami arsitektur vernakular	96
Gambar 3. 3. Gedung Gereja St. Antonius Padua Sasi, Kab. TTU.....	97
Gambar 3. 4. Rumah Kanak dan Gedung Pusat Budaya di New Caledonia	98
Gambar 3. 5. Kuil botol di Thailand.....	99
Gambar 3. 6. Gedung pencakar langit dengan konstruksi kayu.....	100
Gambar 3. 7. Konblok dari daur ulang sampah plastik kemasan	101
Gambar 3. 8. Sumber energi.....	103
Gambar 3. 9. Tipe turbin angin	105
Gambar 3. 10. <i>Bahrain World Trade Center</i>	106
Gambar 3. 11. Tipe turbin angin atap.....	107
Gambar 3. 12. Diagram jalur matahari untuk garis lintang 55 ° , menunjukkan dampak penghalang	108
Gambar 3. 13. BIPV pada salah satu apartemen di Seoul-Korea Selatan.....	110
Gambar 3. 14. Instalasi panel surya di atas atap dan.....	111
Gambar 3. 15. Tumpukan sampah di Pantai Warna Oesapa- Kupang.....	113
Gambar 3. 16. Penggunaan sampah botol, Kuil Botol-Thailand	116
Gambar 3. 17. Penggunaan cup es krim sebagai dinding Microlibrary – Bandung	116
Gambar 3. 18. Hirarki lingkungan untuk pengelolaan	119
Gambar 3. 19. Sistem air limbah domestik	121
Gambar 3. 20. Sistem air limbah industri	123
Gambar 3. 21. Sistem air limbah konvensional	125
Gambar 3. 22. Sistem air limbah yang berkelanjutan	126
Gambar 3. 23. Sumur resapan dangkal dengan talang	130
Gambar 3. 24. Warga Desa Balawelin, Flores Timur	131
Gambar 3. 25. Kondisi banjir Jakarta 2007-2015	133
Gambar 3. 26. Sistem distribusi air hujan	135
Gambar 3. 27. Panen air hujan dengan atap parkir	136
Gambar 3. 28. Skema konservasi air bangunan tinggi.....	137

Gambar 3. 29. Skema konservasi air bangunan sederhana (panen air hujan)	138
Gambar 4. 1. Sketsa hubungan antara bangunan dan jaringan energi menunjukkan terminologi yang relevan	148
Gambar 4. 2. Berbagai langkah efisiensi energi	149
Gambar 4. 3. Sketsa hubungan antara bangunan dan jaringan energi menunjukkan terminologi yang relevan	150
Gambar 4. 4. Zero Energy Building @ BCA Academy: Singapore.....	151
Gambar 4. 5. Konsep <i>Self-Sufficient Building</i>	152
Gambar 4. 6. <i>The HIVE Project</i> , contoh penerapan konsep <i>Self-Sufficient Building</i>	153
Gambar 4. 7. Perbedaan kontrol manual dan kontrol jarak jauh manajemen bangunan	155
Gambar 4. 8. Ilustrasi <i>smart building</i> pada bangunan tinggi	156
Gambar 4. 9. Contoh bangunan <i>hi-tech architecture</i>	159
Gambar 4. 10. Gedung Patrick Bingham-Hall.....	160
Gambar 5. 1. Arsitektur tradisional di India dan Afrika.....	167
Gambar 5. 2. Jenis-jenis pola kampung masyarakat Sunda.....	169
Gambar 5. 3. Arsitektur Nusantara dari beberapa daerah di Indonesia	170
Gambar 5. 4. Material kayu, bambu dan alang-alang	171
Gambar 5. 5. Arsitektur Tradisional NTT dan persebarannya.....	172
Gambar 5. 6. Rumah tradisional <i>Mbaru Niang</i> -Manggarai	173
Gambar 5. 7. Respon <i>Mbaru Niang</i> terhadap angin.....	174
Gambar 5. 8. Rumah tradisional <i>Lopo</i> di Benteng None - TTS	176
Gambar 5. 9. Rumah tradisional <i>Ume Kbbubu</i> -TTS	177
Gambar 5. 10. Aktivitas ekonomi rumah <i>Fala</i>	178
Gambar 5. 11. Rumah tradisional <i>Fala</i> -Alor	179
Gambar 5. 12. Rumah adat Fafoe – Kabupaten Malaka.....	181
Gambar 5. 13. Gedung Pusat Budaya di New Caledonia dengan bahan kayu	183
Gambar 5. 14. Gedung Gereja St. Antonius Padua Sasi, dengan bahan batu.....	184
Gambar 5. 15. Sistem sambungan konstruksi bambu modern Sumber: (Ironbark Architecture, 2017)	185

Gambar 5. 16. Desain arsitektur bambu dari berbagai negara	186
Gambar 5. 17. Arsitektur bambu, Restoran ' <i>The Kings</i> '	188
Gambar 5. 18. Luotuowan Pergola-Cina, penggunaan kayu daur ulang	190
Gambar 5. 19. Kuil di Thailand dengan bahan botol bekas	191
Gambar 5. 20. Bangunan tinggi dengan pemanfaatan energi angin	194
Gambar 5. 21. Bangunan tinggi dengan desain pasif	195
Gambar 5. 22. Gedung <i>Acros</i> Fukuoka.....	197
Gambar 5. 23. Gedung <i>Osaka Municipal Central Gym</i>	199

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jejak karbon dan informasi serapan karbon material	13
Tabel 2. Volume Air yang Disalurkan dan yang Bocor pada Perusahaan Air Bersih di Nusa Tenggara Timur Menurut Kategori Pelanggan 2014-2015 dan 2017- 2019 (ribu m3)	132
Tabel 3. Data banjir Jakarta 2013-2020	134
Tabel 4. Rubrik penilaian	200

I. Deskripsi Singkat

Mata kuliah Arsitektur Berkelanjutan berguna dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep berkelanjutan dalam desain arsitektur. Melalui mata kuliah ini mahasiswa akan memiliki cara berpikir desain yang selalu mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan, ekonomi dan sosial dari lingkungan binaan yang direncanakan. Oleh karena itu mahasiswa arsitektur diharapkan mampu memahami dasar-dasar pemikiran berkelanjutan sehingga desain yang dihasilkan bertolak dari konteks lingkungan setempat untuk menjawab kebutuhan masa kini dan tetap relevan untuk kebutuhan yang akan datang.

Cakupan buku ajar Arsitektur Berkelanjutan: Bab 1 menjelaskan tentang Sejarah dan Pengertian Arsitektur Berkelanjutan. Bab ini terdiri dua bagian pembahasan yakni Sejarah Arsitektur Berkelanjutan dan Pengertian Arsitektur Berkelanjutan. Bab 2 menjelaskan tentang Prinsip-Prinsip Arsitektur Berkelanjutan. Bab ini terdiri dari tiga bagian pembahasan yakni Tiga Elemen Arsitektur Berkelanjutan, Prinsip Desain Arsitektur Berkelanjutan dan Desain Pasif. Bab 3 menjelaskan tentang Penerapan Arsitektur Berkelanjutan. Penerapan Arsitektur Berkelanjutan terbagi dalam empat bagian pembahasan yakni Material Ramah Lingkungan, Pemanfaatan Energi Terbarukan, Pengolahan Limbah dan Konservasi Air Bersih dan Penggunaan Air Hujan. Bab 4 menjelaskan tentang Manajemen Operasional Bangunan. Bab ini terdiri dari dua bagian pembahasan yakni Bangunan Mandiri Energi dan Manajemen Energi Dengan

Teknologi Bangunan. Bab 5 menjelaskan tentang Contoh Bangunan Berkelanjutan. Bab ini terdiri dari empat bagian pembahasan yakni; Arsitektur Tradisional, Arsitektur Dengan Material Alami, Arsitektur Dengan Bahan Daur Ulang dan Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Modern.

II. Relevansi

Mata kuliah Arsitektur Berkelanjutan memberikan manfaat bagi mahasiswa Program Studi S1 Arsitektur untuk memahami secara baik prinsip-prinsip dalam arsitektur berkelanjutan dan penerapannya dalam desain. Pemahaman tentang arsitektur berkelanjutan menjadi bekal dalam menyelesaikan tugas Perancangan Arsitektur atau Tugas Akhir dalam perkuliahan maupun dalam desain sesungguhnya pada dunia kerja setelah menyelesaikan studi S1.

III. Capaian Pembelajaran

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mengetahui, mengenal dan memahami prinsip-prinsip dasar serta prinsip desain dalam arsitektur berkelanjutan pada bangunan tradisional hingga modern dalam skala bangunan tunggal, permukiman maupun kota.

2. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- Mengikuti perkuliahan serta membangun kerja sama tim sekelas untuk memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan.

- Mengikuti perkuliahan serta membangun kerja sama tim sekelas untuk memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan
- Mampu memahami dan menjelaskan teori yang berkaitan dengan arsitektur berkelanjutan dan arsitektur yang berbasis lingkungan
- Mampu memahami dan menjelaskan teori yang berkaitan dengan tiga elemen prinsip dasar arsitektur berkelanjutan
- Mampu memahami dan menjelaskan teori yang berkaitan dengan prinsip desain arsitektur berkelanjutan
- Mampu memahami dan menjelaskan unsur-unsur dalam passive design
- Mampu mengaplikasikan prinsip arsitektur berkelanjutan untuk menyelesaikan studi kasus yang ada di masyarakat

3. Indikator

- Setelah menyelesaikan bab 1 pada beberapa pertemuan pertama, mahasiswa akan mampu menjelaskan sejarah arsitektur berkelanjutan, pengertian arsitektur berkelanjutan dan hubungan arsitektur berkelanjutan dengan arsitektur berbasis lingkungan secara lengkap.
- Setelah menyelesaikan bab 2 pada perkuliahan-perkuliahan selanjutnya, mahasiswa akan mampu menjelaskan prinsip dasar arsitektur berkelanjutan, prinsip desain arsitektur dan desain pasif secara lengkap.

- Setelah menyelesaikan bab 3 pada beberapa pertemuan selanjutnya, mahasiswa akan mampu menjelaskan pemanfaatan material ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan, pengolahan limbah dan konservasi air bersih secara lengkap.
- Setelah menyelesaikan bab 4 pada beberapa pertemuan selanjutnya, mahasiswa akan mampu menjelaskan manajemen energi dan bangunan mandiri energi pada operasional bangunan secara lengkap.
- Setelah menyelesaikan bab 5 pada beberapa pertemuan selanjutnya, mahasiswa akan mampu membuat model pradesain arsitektur berkelanjutan yang inovatif untuk menyelesaikan masalah yang ada di kota Kupang.

4. Petunjuk Belajar

Proses pembelajaran dilakukan dalam 16 pertemuan selama satu semester, di mana proses belajar mengajar dilakukan dalam 14 pertemuan dan dua pertemuan lainnya untuk melakukan Ujian Tengah Semester dan Ujian Akhir Semester. Persebaran materi dan metode pembelajaran pada matakuliah ini adalah sebagai berikut:

- Bab 1 terdiri dari dua pembahasan sehingga disampaikan dalam dua pertemuan dengan metode ceramah. Metode ini menunjang kompetensi dasar dasar mahasiswa untuk mampu menjelaskan kembali materi yang diperoleh.
- Bab 2 terdiri dari tiga pembahasan sehingga disampaikan dalam tiga pertemuan dengan metode ceramah. Capaian kompetensi mahasiswa untuk mampu menjelaskan kembali materi diperoleh

melalui metode ceramah yang diselingi dengan diskusi kelas untuk menentukan topik masalah arsitektur berkelanjutan yang akan diselesaikan secara berkelompok.

- Bab 3 terdiri dari empat pembahasan yang disampaikan dalam empat pertemuan. Materi disampaikan menggunakan metode ceramah yang dapat menunjang kompetensi dasar mahasiswa untuk memahami materi yang disampaikan.
- Bab 4 terdiri dari dua pembahasan yang disampaikan dengan metode ceramah dalam dua pertemuan. Metode ini juga untuk menunjang kompetensi mahasiswa dalam memahami materi yang disampaikan.
- Bab 5 terdiri dari empat pembahasan namun disampaikan dalam tiga pertemuan. Metode yang digunakan adalah metode ceramah untuk menyampaikan materi, diskusi kelas untuk menyelesaikan topik arsitektur berkelanjutan yang diangkat serta presentasi kelompok untuk menjelaskan hasil diskusi.

Untuk mencapai standar kompetensi mahasiswa yang mampu memahami dan menjelaskan materi yang telah dipelajari maka mahasiswa harus aktif menyiapkan pertanyaan ataupun menjawab pertanyaan dari dosen. Tugas diberikan individu terkait materi kuliah serta tugas besar untuk penyelesaian masalah arsitektur berkelanjutan yang diselesaikan berkelompok.

BAB 1

SEJARAH DAN PENGERTIAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

1.1 Sejarah Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan merupakan sebuah pemikiran arsitektur yang lahir karena adanya perubahan lingkungan akibat pembangunan yang terus dilakukan oleh manusia. Arsitektur berkelanjutan juga dikenal dengan *sustainable architecture* adalah sebuah konsep berpikir arsitektur untuk meminimalkan dampak negatif lingkungan akibat kehadiran sebuah bangunan sehingga proses pembangunan saat ini dapat berdampak baik bagi generasi selanjutnya. Revolusi industri mempengaruhi adanya perubahan besar pada lingkungan. Berbagai dampak lingkungan tidak saja mempengaruhi lingkungan tersebut tapi berdampak pada kehidupan manusia baik itu kehidupan sosial maupun kehidupan ekonomi karena lingkungan merupakan tempat hidup manusia tersebut dan keturunannya pada masa yang akan datang.

1.1.1 Revolusi industri

Perdana Menteri Norwegia pada tahun 1987 selaku ketua WCEB (*The World Commission on Environment and Development*) bersama komisi ini melahirkan sebuah konsep pembangunan yaitu pembangunan berkelanjutan (***sustainability development***) yang mana proses pembangunan saat ini untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Pembangunan berkelanjutan juga dapat diartikan sebagai eksistensi pembangunan saat ini yang terus dapat dimanfaatkan oleh generasi mendatang yang terlihat dari keberlanjutan pada aspek sosial, ekonomi dan lingkungan.

Selain konsep pembangunan berkelanjutan di atas juga terdapat pemahaman lain oleh *International Union of Architect* (UIA) bahwa proses pembangunan dan industri konstruksi memberi dampak yang besar terhadap perubahan iklim. Proses pembangunan akan terus berlanjut untuk memenuhi kebutuhan manusia, sehingga dampak yang dihasilkan akan tetap ada. Dengan demikian diperlukan sebuah sistem lingkungan binaan yang dapat membantu pengurangan dampak tersebut. Salah satu langkah yang dilakukan oleh UIA adalah dengan menetapkan strategi desain berkelanjutan. Strategi ini mengharuskan sebuah tahapan desain yang sudah lebih awal merencanakan keberlanjutan aspek sosial, ekonomi dan lingkungan pada lingkungan binaan yang dirancang.

1.1.2 Perubahan lingkungan

Perubahan lingkungan yang signifikan mempengaruhi kenyamanan masyarakat yang tinggal di tengah-tengah lingkungan tersebut. Perkembangan zaman saat ini menunjukkan perubahan lingkungan secara negatif atau dapat dikatakan dengan kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan dapat disebabkan oleh faktor alamiah seperti erupsi gunung berapi, gempa bumi, banjir, erosi, longsor ataupun oleh manusia karena tingginya eksploitasi sumber daya alam, pemanfaatan energi tidak terbarukan bahkan oleh karena peperangan.

Isu yang paling sering dibicarakan terkait kerusakan lingkungan adalah Pemanasan global karena kerusakan lingkungan mempengaruhi kenaikan suhu bumi. Pemanasan global berdampak pada perubahan iklim/cuaca ekstrim, penipisan lapisan ozon, penipisan sumber daya alam, gelombang panas, mencairnya es di kutub dan kenaikan permukaan air laut hingga

munculnya virus-virus baru (salah satunya corona virus disiasis – 19 atau Covid-19)

1. Penipisan Sumber Daya Alam

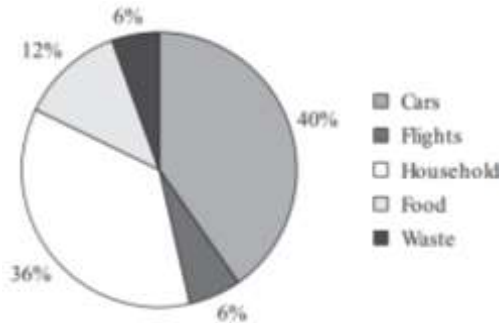
Eksplotasi sumber daya alam secara berlebihan sejak munculnya revolusi industri. Sumber daya alam sebagai bahan mentah industri terus diambil dari alam dalam jumlah besar secara cepat dengan perbaikan lingkungan yang lambat sehingga mengganggu keseimbangan alam. Ketimpangan antara eksploitasi dan perbaikan lingkungan mempengaruhi keberlangsungan hidup berbagai ekosistem yang ada di alam. Pohon menjadi rumah bagi hewan dan hewan membantu penyebaran bibit pohon secara alami.

Sumber daya alam juga digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan makanan manusia sehingga eksploitasi dari lingkungan tidak dapat dihindari. Contoh industri peternakan sapi ataupun ayam merupakan permasalahan di darat yang terus berkembang dengan tuntutan permintaan daging yang cukup tinggi, lahan peternakan terus diperluas dengan pergeseran fungsi hutan yang mengakibatkan deforestasi, pemanfaatan air bersih secara berlebihan untuk pembersihan kandang ataupun air minum ternak, serta limbah dari kotoran ternak. Tingginya konsumsi ikan ataupun hewan laut secara umum sehingga menjadi sebuah permasalahan dimana manusia berupaya meningkatkan teknologi penangkapan untuk meningkatkan hasil tangkap yang mengganggu masa reproduksi ikan ataupun hewan laut tersebut.

Kerusakan hutan juga terjadi akibat eksploitasi mineral bumi melalui sektor pertambangan untuk kebutuhan industri. Pembukaan lahan tambang dengan luas dan

kedalaman lahan tertentu menggeser fungsi dan struktur hutan. Elemen-elemen (air bersih, ketahanan struktur tanah) yang terkandung di lokasi pertambangan dan sekitarnya akan terganggu sekalipun telah melalui proses AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan). Masalah yang muncul akibat pergeseran fungsi hutan yang umum terjadi adalah banjir, longsor ataupun kekeringan karena kehilangan cadangan air tanah.

Penipisan sumber daya alam bisa diperbaiki dengan kerja sama semua pihak baik masyarakat umum, swasta maupun pemerintah sebagai pemangku kebijakan. Masyarakat yang berada di sekitar hutan memiliki kearifan lokal dalam memelihara hutan sebagai tempat mereka bertumpu hidup, masyarakat kota wajib menjalani rutinitas hidup perkotaan (penggunaan listrik, transportasi, limbah rumah tangga, dll) secara bijak. Pihak swasta yang mengelola hutan dengan tujuan alih fungsi hutan (hutan produksi, pertambangan) harus memiliki AMDAL untuk lokasi hutan tersebut, serta harus memiliki komitmen untuk perbaikan lokasi hutan bila kontrak penggunaan lahan selesai. Pihak pemerintah bertanggung jawab dalam menyediakan kebijakan ataupun aturan yang mengikat pihak swasta dalam mengelola lokasi hutan maupun memperbaiki lokasi hutan tersebut.



Gambar 1. 1. Penyebab dampak iklim
Sumber : (Reay, 2005)

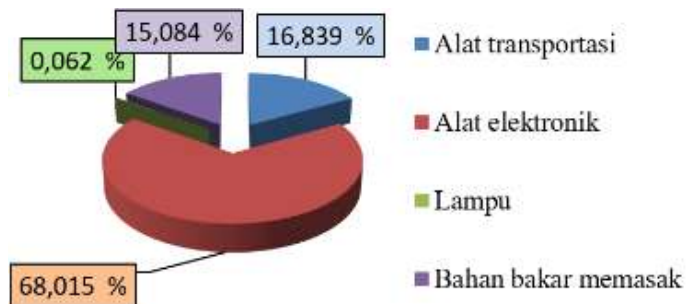
2. Polusi

Sektor energi ini merupakan sektor terpenting dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK), dengan memberikan kontribusi lebih 90 persen dari emisi CO₂ dan 75 persen dari total emisi di negara maju. CO₂ biasanya menyumbang 95 persen dari emisi sektor energi dengan metana dan dinitrogen oksida yang bertanggung jawab atas keseimbangan. Sektor lain adalah pembakaran stasioner yang berkontribusi sekitar 70 persen emisi GRK dari sektor energi yang mana sekitar setengah emisinya berasal dari pembakaran pada pembangkit listrik dan kilang. Sistem transportasi (jalan dan lalu lintas lainnya) menyumbang seperempat dari emisi di sektor energi (IPCC, 2006).

Polusi yang terjadi bisa berupa polusi udara, polusi cahaya bahkan polusi suara, yang paling bahaya adalah polusi udara karena memberi dampak secara global. Polusi udara berasal dari aktivitas-aktivitas manusia melalui penggunaan bahan bakar. Gas buang dari hasil pembakaran mesin industri, mesin kendaraan, ataupun aktivitas manusia

(kegiatan memasak atau penggunaan listrik untuk AC, penerangan dan alat elektronik lainnya) akan dihirup manusia ataupun terlepas ke udara dan menyebabkan efek rumah kaca.

Efek rumah kaca adalah sebuah peristiwa fisika yang mana gelombang panas yang dilepaskan matahari dan sampai ke bumi dipantulkan kembali oleh permukaan bumi, namun panas tersebut terjebak oleh GRK yang terperangkap di atmosfer. Gas rumah kaca yang berada di atmosfer antara lain uap air (H_2O), karbondioksida (CO_2), sulfur dioksida (SO_2), metana (CH_4), nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida (NO_2) dan gas lainnya (hidrofluorokarbon atau HCFC-22, klorofluorokarbon atau CFC, ozon atau CO_3). Karbondioksida (CO_2) merupakan gas yang jumlahnya paling tinggi di udara. Riwayat pembuangan CO_2 dapat ditelusuri atau dikenal dengan **jejak karbon** untuk menekan pembuangan CO_2 yang lebih tinggi lagi.



Emisi CO_2 Pasca Konstruksi selama 1 tahun operasional

Gambar 1. 2. Emisi karbon 1 tahun operasional rumah tipe 45 di Kota Kupang

Sumber: (Lapenangga & Satwiko, 2016)

Jejak karbon dapat bersumber dari sektor industri, transportasi dan pembangunan. Pada sektor pembangunan jejak karbon dapat terdeteksi sejak proses eksploitasi material dari alam, pabrikasi material, transportasi material, proses konstruksi (menggunakan sumber energi tidak terbarukan) hingga operasional bangunan yang juga mengkonsumsi energi selama masa bangunan itu. Dengan perhitungan jejak karbon dapat terlihat seberapa besar produksi karbon yang dihasilkan selama satu hari, satu bulan atau satu tahun sehingga dapat mendorong pemerintah, pengembang ataupun masyarakat untuk dapat menekan emisi karbon yang dihasilkan.

Tabel 1. Jejak karbon dan informasi serapan karbon material

Insulation Material	CO₂e g/kg	CO₂e uptake g/kg
Glass Wool - Europe	3148	-
Polystyrene (EPS) - Europe	3300	-
Polyurethane (Rigid Foam) - Europe	4200	-
Wood fibre insulation - Finland	243	1240
Other building products	CO₂e g/kg	CO₂e uptake g/kg
Aerated Concrete Block, Europe	442	-
Reinforced Aerated	511	-

Concrete Block, Europe		
Aluminium extrusion profile, Europe	2264	-
Aluminium sheet, Europe	2980	-
Ceramic Tile, Finland	613	-
Stainless Steel, Cold Rolled	3778	-
Copper Sheet, Europe	973	-
Copper tube, Europe	981	-
Copper wire, Europe	788	-
Crushed stone, Europe	14	-
Float Glass, Europe	1230	-
Gravel 2/32, Europe	3	-
Gypsum plaster, Germany	243	-
Gypsum stone, Germany	3	-
Lightweight Concrete Block, Europe	240	-
Polyethane (LDPE), Europe	2130	-
Pre-cast Concrete 20/25 (Europe)	121	-
Sand 0/2 (Europe)	2	-

Sumber : (Ruuska, 2013)

Di dalam pembangunan, entah itu untuk bangunan besar ataupun sederhana membutuhkan ketersediaan material. Material yang digunakan bisa berupa material alami ataupun material pabrikasi yang mana masing-masing mempunyai jejak karbon tersendiri dari material itu masih berupa bahan mentah, di ambil dari alam, diproduksi di pabrik atau bisa digunakan langsung (untuk material alami) hingga transportasi material tersebut ke site. Jejak karbon tidak hanya pada material bangunan saja namun juga berasal dari pemanfaatan energi pada proses desain, proses konstruksi dan proses pemakaiannya.



Gambar 1. 3. Pembangkit listrik tenaga nuklir
Sumber: (Bauer et al, 2007)

3. Sampah beracun

Karena kebutuhan sumber energi listrik dalam jumlah yang besar beberapa negara mencari alternatif sumber energi menggunakan energi nuklir. Energi yang bersumber dari nuklir menghasilkan energi yang ramah lingkungan

karena tidak menghasilkan gas buang yang berbahaya, tetapi limbah dari penggunaan reaksi nuklir ini yang sangat berbahaya bagi lingkungan.

4. Perubahan iklim

Gerak semu matahari (GSM) menyebabkan perbedaan iklim yang berbeda di beberapa belahan bumi yang dikenal dengan iklim tropis, sub tropis dan kutub. Pada daerah beriklim tropis terdapat 2 musim yakni musim kemarau dan musim penghujan, sedangkan pada daerah beriklim sub tropis terdapat 4 musim yakni musim semi, musim gugur, musim panas dan musim dingin. Akibat kenaikan suhu bumi, iklim ikut berubah dan mengalami pergeseran-pergeseran secara periodik musim yang terjadi.

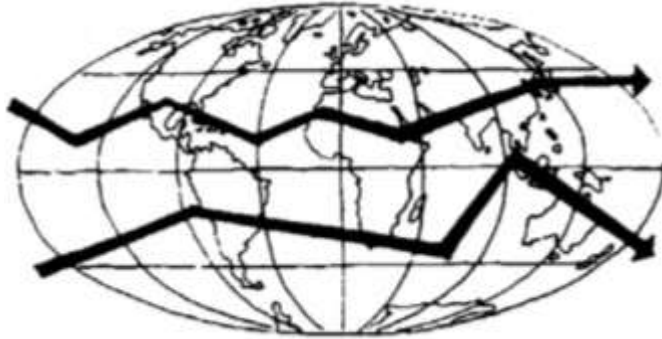
Dalam buku *Introduction to Architectural Science*, Szokolay menguraikan unsur-unsur iklim menjadi beberapa item antara lain (Szokolay, 2004):

- Suhu (*dry bulb temperature/DBT*), diukur di tempat teduh, biasanya dalam kotak berventilasi, layar Stevenson, 1,2–1,8 m di atas permukaan tanah.
- Kelembaban, yang dapat dinyatakan sebagai RH (*relative humidity*) atau WBT (*wet bulb temperature*) atau suhu titik embun (*dew point temperature/DPT*) dapat dinyatakan.
- Pergerakan udara, yaitu angin, biasanya diukur pada ketinggian 10 m di atas tanah di negara terbuka, tapi lebih tinggi di daerah built-up, untuk menghindari penghalang; baik kecepatan dan arah dicatat.
- Curah hujan, yaitu jumlah total hujan, hujan es, salju atau embun, diukur dalam alat pengukur hujan dan

dinyatakan dalam mm per satuan waktu (hari bulan tahun).

- Tutupan awan, berdasarkan pengamatan visual, dinyatakan sebagai pecahan dari belahan langit (sepersepuluh atau 'okta' = delapan) tertutup oleh awan.
- Durasi sinar matahari, yaitu periode cerahnya sinar matahari (saat bayangan tajam dilemparkan), diukur dengan pencatat sinar matahari, indi mana lensa membakar jejak pada strip kertas; ditampilkan sebagai jamper hari atau bulan.
- Radiasi matahari, diukur dengan pyranometer, pada permukaan horizontal yang tidak terhalang dan direkam baik sebagairadiasi yang bervariasi terus menerus (W/m^2), atau melalui integrator elektronik sebagai iradiasi selama jam atau hari. Jika per jam nilai iradiasi diberikan dalam Wh/m^2 , itu akan menjadi numeriksama dengan radiasi rata-rata (W/m^2) untuk jam tersebut.

Perubahan atau pergeseran iklim ini menyebabkan terjadinya cuaca ekstrim hampir di seluruh belahan bumi. Cuaca ekstrim yang terjadi antara lain; kemarau panjang, hujan yang tidak menentu, banjir bandang, badai dan angin kencang hingga turunnya salju di daerah gurun. Kondisi ini akan terus memburuk setiap tahun karena kondisi lingkungan yang berfungsi untuk menyeimbangkan keadaan alam juga rusak karena adanya eksploitasi yang berlebihan.



Gambar 1.4. Korelasi horizontal pengaruh iklim
Sumber: (Olgay, 1962)

5. Pemanasan global

Pemanasan global merupakan kenaikan suhu permukaan bumi yang terjadi akibat perubahan-perubahan lingkungan karena kejadian alamia (misalnya erupsi gunung berapi) ataupun karena intervensi manusia (aktivitas manusia secara manual ataupun dengan menggunakan peralatan yang menghasilkan gas rumah kaca). Salah satu akibat dari naiknya suhu permukaan bumi adalah mencairnya es di kutub. Dengan mencairnya es di kutub menambah volume air laut sehingga permukaan air laut menjadi bertambah. Permukaan air laut yang terus bertambah menyebabkan banjir rob di daerah pesisir pantai dan bahkan dapat menyebabkan tenggelamnya pulau-pulau kecil.

Akibat lain dari pemanasan global adalah munculnya jenis virus baru yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Dalam 20 tahun terakhir muncul virus baru yang tersebar ke berbagai negara. Virus-virus tersebut antara lain ebola, sars, virus flu burung, virus antraks dan yang terbaru adalah corona. Virus corona yang muncul pada akhir tahun 2019 dan terus berevolusi menjadi beberapa varian baru yang masih menyebar hingga kini.

1.1.3 Rekomendasi sustainable development

Melalui aritkel "*A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction*," (Roodman, Lenssen, 1995) menyatakan bahwa pembangunan lingkungan binaan memberi pengaruh kepada pemanfaatan dan eksploitasi berbagai sumber daya alam. Pembangunan fisik lingkungan menggunakan 1/6 air bersih dunia, 1/4 hasil kayu dunia, 2/5 bagian material dan energi dunia. Selain itu pembangunan juga berdampak terhadap struktur lingkungan karena penggunaan lahan yang mempengaruhi daerah resapan air dan kualitas udara. Jason F. Mc Lennan (McLennan, 2004) menyatakan bahwa *sustainable design* adalah sebuah dasar filosofis dalam perancangan, pembangunan dan operasional bangunan yang bertanggungjawab terhadap lingkungan.

1.1.4 Rangkuman

Kerusakan lingkungan global yang berawal dari lahirnya revolusi industri menyebabkan terjadinya berbagai perubahan lingkungan yang paling umum dikenal dengan pemanasan global. Pembangunan lingkungan binaan membutuhkan sumber daya yang besar, hal ini berdampak langsung terhadap lingkungan sehingga dibutuhkan konsep pembangunan yang peduli terhadap

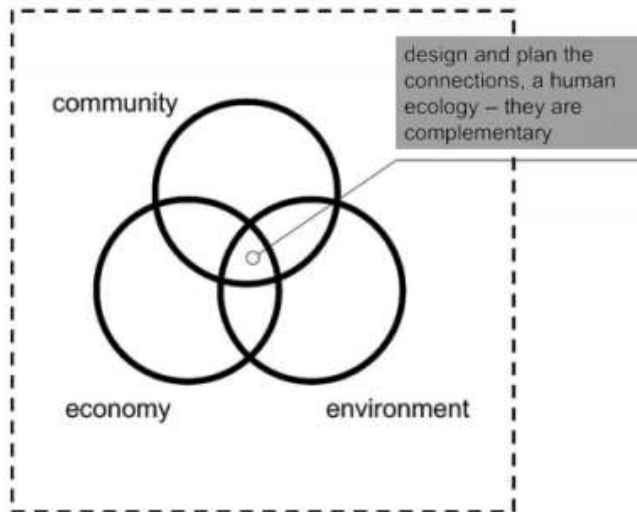
lingkungan. Pembangunan berkelanjutan

1.2 Pengertian Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan juga sebagai salah satu konsep dalam desain arsitektur yang berbasis lingkungan mengupayakan pembangunan yang memanfaatkan berbagai sumber daya masa kini dengan tetap mengupayakan ketahanan lingkungan untuk masa yang akan datang. Selain arsitektur berkelanjutan, ada juga beberapa konsep berpikir dalam desain yang berbasis lingkungan namun memiliki fokus dan ciri tersendiri. Konsep-konsep desain berbasis lingkungan yang dimaksud antara lain; arsitektur hijau, arsitektur ramah lingkungan, arsitektur ekologi, arsitektur organik, arsitektur bioklimatik, arsitektur tropis dan beberapa konsep lainnya.

1.2.1 *Sustainable architecture*

Sustainable architecture atau arsitektur berkelanjutan merupakan sebuah pendekatan untuk merancang dan bukan sebuah penilaian estetika maka arsitektur berkelanjutan bukanlah merupakan sebuah style atau langgam. Arsitektur berkelanjutan adalah sebuah konsep yang mencari cara untuk meminimalisasi dampak negatif dari lingkungan dan bangunan dengan meningkatkan efisiensi dan kebijaksanaan dalam penerapan material, energi dan pengaturan ruang. Karena setiap langkah kita akan berdampak pada generasi masa depan, maka kesadaran akan lingkungan perlu diterapkan pada desain bangunan. Kehadiran arsitektur berkelanjutan harus memberi dampak baik bagi masyarakat dan lingkungan sekitar dari aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.



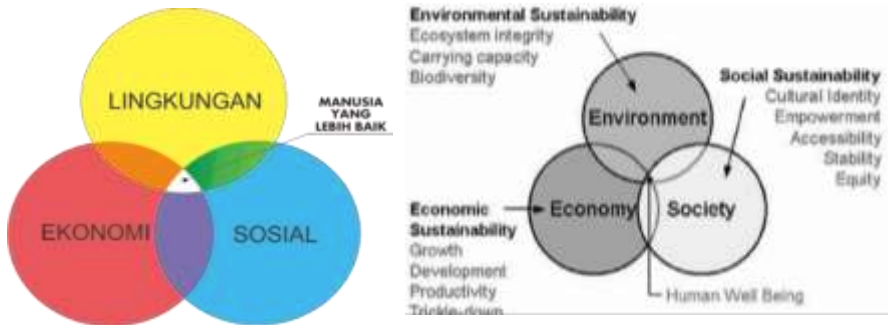
Gambar 1. 4. Ilustrasi keberlanjutan 3 elemen

Sumber: (Williams, 2007)

Perancangan arsitektur berkelanjutan menggunakan konsep berbasis lingkungan dengan fokus keberlanjutan lingkungan, ekonomi dan sosial. Untuk mencapai sebuah desain yang berkelanjutan maka dibutuhkan strategi perancangan dan pemanfaatan teknologi yang tepat agar memberi dampak baik bagi lingkungan sekitar. Strategi dan teknologi yang memiliki dampak negatif yang rendah terhadap lingkungan dan memperbaiki kenyamanan serta kualitas secara keseluruhan menurut pendekatan arsitektur berkelanjutan antara lain adalah:

1. Penerangan alami (*day lighting*)
2. Kualitas udara dalam ruang
3. Ventilasi alami
4. Efisiensi energi
5. Minimasi sampah konstruksi
6. Konservasi air

7. Manajemen sampah padat
8. Energi terbarukan (*renewable energy*)
9. Lansekap alamiah
10. Preservasi lahan



Gambar 1. 5. Fokus perancangan arsitektur berkelanjutan

Sumber : Penulis

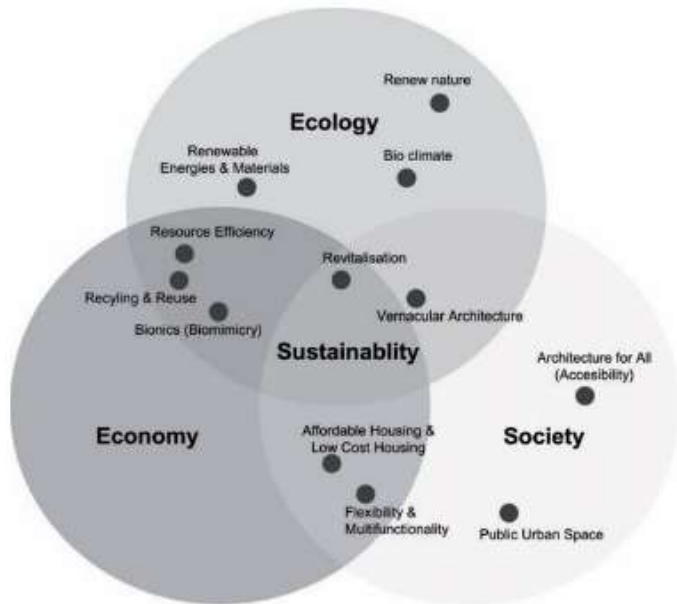
Untuk memperbaiki dunia agar mendekati kondisi berkelanjutan, arsitektur harus dirancang untuk keberlanjutan, dengan menggunakan ide dan teknik berkelanjutan sebagai kriteria desain dasar. Dengan dukungan lingkungan yang berkelanjutan, termasuk perilaku dan pengelolaan yang berkelanjutan serta kondisi politik dan sosial yang berkelanjutan, arsitektur dapat menjadi bagian dari keberlanjutan atau menjadi keberlanjutan (Chansomsak, Vale, 2008). Dalam buku *Understanding Sustainable Architecture* (Williamson et al, 2003) Wiliamson dan dan kawan-kawan menyatakan bahwa gagasan 'arsitektur berkelanjutan' sebagai produk, sebagai atribut bangunan, tidak hanya bermasalah tetapi seringkali kontra produktif karena dapat menyebabkan penyederhanaan dan meremehkan konteks budaya dan fisik lokal. Sebaliknya, kami

menganjurkan cara berpikir berdasarkan melakukan tindakan indah yang muncul dari argumen beralasan yang kredibel, dengan pengakuan atas cara nilai-nilai dan pengetahuan kami menginformasikan proses ini. Mereka berpendapat bahwa:

- a. Arsitektur berkelanjutan adalah konstruksi budaya yang merupakan label untuk konseptualisasi arsitektur yang direvisi;
- b. Dalam konseptualisasi yang direvisi ini, dengan merancang (lebih) 'arsitektur berkelanjutan' kami melakukan 'tindakan yang indah';
- c. Sebuah 'desain berkelanjutan' adalah adaptasi kreatif terhadap konteks ekologis, sosiokultural dan dibangun (dalam urutan prioritas itu), didukung oleh argumen kohesif yang kredibel.

1.2.2 Sustainable design

Sustainable design merupakan usaha yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan lingkungan dengan memperhatikan seluruh aspek desain pada bangunan seperti pemilihan material yang berkelanjutan, mengoptimalkan potensi lahan, meminimalkan konsumsi energi. Bangunan mendapat predikat sebagai *sustainable/green building* jika bangunan tersebut mampu meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan, sebaliknya mengoptimalkan dampak sosial dan ekonominya.



Gambar 1. 6. Strategi desain berkelanjutan
Sumber: (UIA , 2009)

Konsep Strategi Desain Berkelanjutan menurut UIA (*Union Internationale des Architectes*) ini dapat didefinisikan lebih detail dalam 9 butir sbb:

1. *Sustainable by Design* (SbD) dimulai pada tahapan awal proyek dan melibatkan komitmen seluruh pihak: klien, desainer, insinyur, pemerintah, kontraktor, pemilik, pengguna, dan komunitas.
2. SbD harus mengintegrasikan semua aspek dalam konstruksi dan penggunaannya di masa depan berdasarkan “*Full Life Cycle Analysis and Management*” (Analisa dan Manajemen sepenuhnya dari Daur Hidup Bangunan).
3. SbD harus mengoptimalkan efisiensi melalui desain. Penggunaan energi terbarukan, teknologi modern dan

ramah lingkungan harus diintegrasikan dalam praktek penyusunan konsep proyek tsb

4. SbD harus menyadari bahwa proyek – proyek arsitektur dan perencanaan merupakan sistem interaktif yang kompleks dan terkait pada lingkungan sekitarnya yang lebih luas, mencakup warisan sejarah, kebudayaan dan nilai – nilai sosial masyarakatnya.
5. SbD harus mencari “healthy materials” (material bangunan yang sehat) untuk menciptakan bangunan yang sehat, tata guna lahan yang terhormat secara ekologis dan sisual, dan kesan estetik yang menginspirasi, meyakinkan dan memuliakan
6. SbD harus bertujuan untuk mengurangi “carbon imprints”, mengurangi penggunaan material berbahaya, dan dampak kegiatan manusia, khususnya dalam lingkup lingkungan binaan, terhadap lingkungan.
7. SbD terus mengusahakan untuk meningkatkan kualitas hidup, mempromosikan kesetaraan baik lokal maupun global, memajukan kesejahteraan ekonomi, serta menyediakan kesempatan – kesempatan untuk kegiatan bersama masyarakat dan pemberdayaan masyarakat.
8. SbD mengenal juga keterkaitan lokal dan sistem plane bumi yang mempengaruhi segenap umat manusia. SbD juga mengakui bahwa populasi urban tergantung pada sistem desa-kota yang terintegrasi, saling terkait untuk keberlangsungan hidupnya (air bersih, udara, makanan, tempat tinggal, pekerjaan, pendidikan, kesehatan, kebudayaan dan lain – lain)

9. Terakhir, SbD juga mendukung pernyataan UNESCO mengenai keberagaman budaya sebagai sumber pertukaran, penemuan, kreativitas sangat diperlukan oleh umat manusia.

Tiga elemen utama yang harus dipertimbangkan pada awal proses desain dalam buku *Sustainable design: ecolgy, architecture, and planning*:

1. Konektivitas: Desain untuk memperkuat hubungan antara proyek, lokasi, komunitas, dan ekologi. Buat perubahan minimal pada fungsi sistem alami. Perkuat dan pertahankan karakteristik alami yang spesifik untuk tempat tersebut.
2. Keaslian/lokalitas: Desain dengan dan untuk apa yang telah menetap dan berkelanjutan di situs selama berabad-abad.
3. Umur panjang, fleksibel: Desain untuk generasi mendatang sambil mencerminkan generasi masa lalu

1.2.3 Sustainable city

Sustainable city adalah kota yang mampu memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengabaikan kebutuhan generasi mendatang. Komunitas berkelanjutan harus mengembangkan solusi berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan dasar untuk rumah, kesehatan, pendidikan, pekerjaan, lingkungan yang menarik dan aman, ekonomi sejahtera, pelayanan publik yang baik dan ruang terbuka. Komunitas berkelanjutan harus bertujuan untuk menjadi sumber daya yang efisien dan lebih disukai otonomi sumber daya, sumber air, energi dan bahan sebanyak mungkin dari lingkungan setempat, serta sumber layanan dari masyarakat lokal. Dalam kasus kota, pengalaman ini berhubungan dengan lingkungan binaan dan fasilitas yang terkandung di dalamnya. Masyarakat sering mendefinisikan diri sesuai tempat

tinggal mereka yang memiliki karakter khusus yang dipengaruhi oleh pemandangan, suara, bau, perhatian terhadap detail, aktivitas, sejarah budaya dan bangunan, sedangkan karakter lingkungan dapat mempengaruhi perasaan orang untuk merasakan kebanggaan, identitas komunal, keamanan ataupun sebaliknya perasaan tidak peduli atau tidak hormat sehingga dapat dikatakan bahwa karakter lingkungan sangat berhubungan erat dengan kehidupan sosial masyarakat disekitarnya (Sassi, 2006).

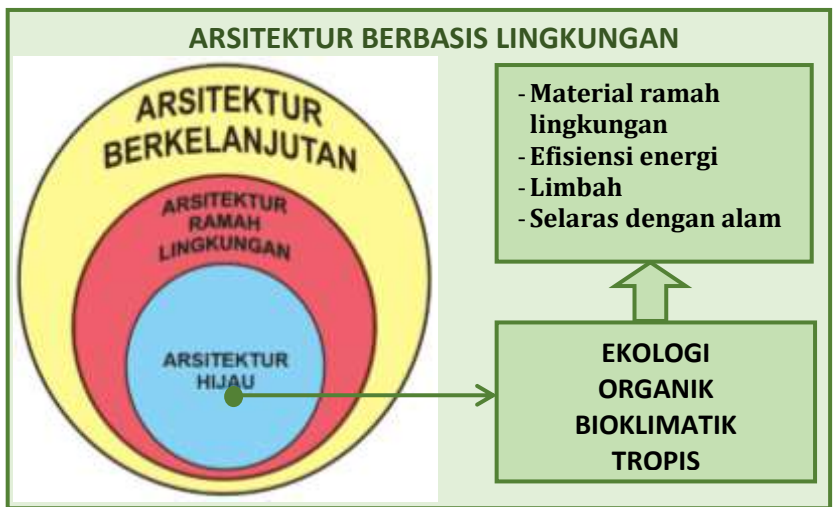


Gambar 1. 7. Perumahan melingkar di Fujian
Sumber: (Alliance for Global Sustainability, 2006)

1.2.4 Arsitektur Berbasis Lingkungan

Proses pembangunan selalu memberi dampak pada lingkungan, baik pada proses konstruksi, masa operasional bangunan, maupun pada masa pasca huni. Proses konstruksi

memberi dampak pada lingkungan melalui pembukaan lahan, eksploitasi dan transportasi material, penggunaan energi listrik untuk proses konstruksi tersebut dan limbah konstruksi. Operasional bangunan memberi dampak lingkungan melalui penggunaan energi listrik untuk kebutuhan pencahayaan dan penghawaan, polusi dari proses memasak, limbah padat, limbah cair dan sampah. Pasca huni memberi dampak lingkungan melalui sampah konstruksi dari hasil pembongkaran bangunan. Dari berbagai dampak yang dihasilkan oleh proses pembangunan ini maka muncullah berbagai konsep desain yang berbasis lingkungan.



Gambar 1. 8. Arsitektur berbasis lingkungan

Sumber : Penulis

Ada beberapa konsep desain arsitektur yang berbasis lingkungan. Dalam konteks arsitektur berkelanjutan yang mensyaratkan keberlanjutan sumber daya saat ini untuk generasi yang akan datang maka konsep arsitektur ramah lingkungan,

arsitektur hijau dan beberapa konsep lainnya juga dapat menunjukkan keberlanjutan. Arsitektur ramah lingkungan dan arsitektur hijau juga mempertimbangkan kondisi lingkungan sekitarnya namun tetap memiliki fokus penyelesaian yang berbeda sesuai dengan konteks iklim. Pada tingkat paling sederhana, arsitektur tropis modern hanyalah sebuah adaptasi tren modern dalam desain dan konstruksi dengan iklim, dengan mempertimbangkan beberapa perubahan dalam gaya hidup yang diberikan oleh iklim tropis (Bay,Ong, 2006). Model ekologi, ketika diterapkan pada desain perkotaan dan komunitas, memandu bentuk pola perkotaan. Elemen dari pola itu akan membantu memaksimalkan penggunaan energi dan sumber daya terbarukan penduduk yang ada. Semua komponen yang dirancang bertindak sebagai penghubung, pengumpul, dan konsentrator sumber daya dan energi lokal. Desain perkotaan dan komunitas yang berkelanjutan menghubungkan elemen-elemen alami ini sehingga komunitas bekerja sama sebagai organisme, menciptakan pola yang saling bergantung yang saling menopang (UIA , 2009).

1.2.5 Rangkuman

Arsitektur berkelanjutan adalah konsep desain dan bukan langgam arsitektur. Konsep berkelanjutan meminimalisasi dampak negatif dari lingkungan dari bangunan dengan meningkatkan efisiensi dan kebijaksanaan dalam penerapan material, energi dan pengaturan ruang agar lingkungan yang sama bisa dinikmati generasi mendatang. Konsep desain arsitektur yang berbasis lingkungan dan berada dalam payung besar konsep arsitektur hijau, arsitektur berkelanjutan ataupun arsitektur ramah lingkungan yang sama-sama mempertimbangkan kondisi

lingkungan sekitarnya namun tetap memiliki fokus penyelesaian yang berbeda.

RUBRIK PENILAIAN

Tabel Rubrik penilaian

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
Konsep 100%	Mampu menjelaskan sejarah arsitektur berkelanjutan, pengertian arsitektur berkelanjutan dan hubungan arsitektur berkelanjutan dengan arsitektur berbasis lingkungan secara lengkap	Mampu menjelaskan sejarah arsitektur berkelanjutan, pengertian arsitektur berkelanjutan dan hubungan arsitektur berkelanjutan dengan arsitektur berbasis lingkungan	Mampu menjelaskan sejarah arsitektur berkelanjutan, pengertian arsitektur berkelanjutan	Kurang mampu menjelaskan sejarah arsitektur berkelanjutan

INSTRUKSI TUGAS

Baca bab 1 secara saksama dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

- a. Jelaskan yang Anda ketahui tentang revolusi industri!
- b. Jelaskan yang Anda ketahui tentang perubahan lingkungan yang terjadi akibat revolusi industri!
- c. Apa saja perubahan lingkungan yang terjadi akibat revolusi industri?

- d. Jelaskan pengertian arsitektur berkelanjutan yang Anda ketahui!
- e. Jelaskan yang Anda ketahui tentang arsitektur berbasis lingkungan?

REFLEKSI MAHASISWA

- 1. Apa yang telah dipelajari dari Bab 1 ini? Seberapa pentingkah hal yang dipelajari ini dalam hubungan dengan pemahaman Anda tentang sejarah dan pengertian arsitektur berkelanjutan?
- 2. Apa yang harus dipelajari selanjutnya setelah mempelajari sejarah dan pengertian arsitektur berkelanjutan?

DAFTAR PUSTAKA

- Bauer et al. (2007). *Green Building – Guidebook for Sustainable Architecture*. Stuttgart: Springer.
- Alliance for Global Sustainability. (2006). *Sustainable Urban Housing in China*. Dordrecht: Springer.
- Bay,Ong. (2006). *Tropical Sustainable Architecture: Social and Environmental Dimension*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Chansomsak, Vale. (2008, September 21-25). Sustainable Architecture: Architecture as Sustainability. *World Conference SB08*, pp. 2294-2301.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Jepang: IGES.
- Lapenangga, A., & Satwiko, P. (2016). Carbon Footprint Analysis of a T-45 House in Kupang. *Jurnal Dimensi*, 77-84.
- McLennan, J. F. (2004). *The Philosophy of Sustainable Design*. Kansas: Ecotone Publishing.
- Olgyay, V. (1962). *Design With Climate*. New Jersey: Princeton University Press.
- Reay, D. (2005). *Climate Change Begins at Home*. London: Macmillan.
- Roodman, Lenssen. (1995, Maret 1). *A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction*. Retrieved from Worldwatch Paper 124: <https://www.usgbc.org/resources/worldwatch-paper-124-building-revolution-how-ecology-and-health-concerns-are-transforming->

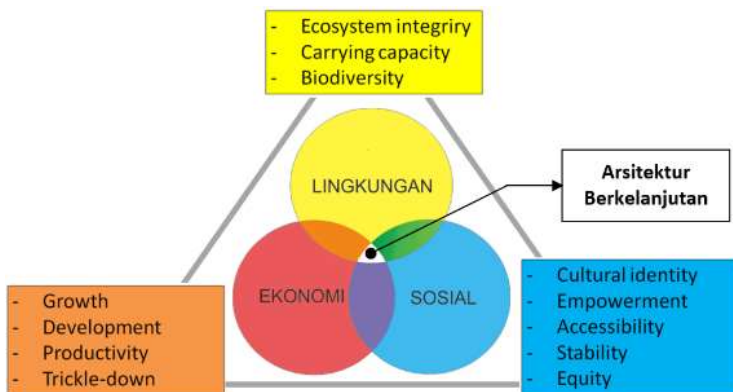
- Ruuska, A. (2013). *Carbon Footprint For Building Products*. Espoo: VTT Technical Research of Finland.
- Sassi, P. (2006). *Strategies for Sustainable Architecture*. New York: Taylor and Francis.
- Szokolay, S. V. (2004). *Introduction to Architectural Science*. Oxford: Architectural Press.
- UIA . (2009). *UIA Open Forum and Student Workshop: Sustainable by Design*. Copenhagen: UIA.
- Williams, D. E. (2007). *Sustainable Design: Ecology, Architecture and Planning*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Williamson et al. (2003). *Understanding Sustainable Architecture*. Spon Press: London.

BAB 2

PRINSIP-PRINSIP ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

2.1 Tiga Elemen Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan merupakan konsep berpikir arsitektur yang menitikberatkan pada keberlanjutan berbagai komponen yang berhubungan langsung dengan arsitektur. Adapun komponen-komponen yang dimaksud antara lain; lingkungan, ekonomi dan sosial. Tiga komponen ini berhubungan langsung dengan arsitektur sehingga dalam proses perencanaan penting untuk mempertimbangkan keberlanjutan komponen-komponen ini, keberlanjutan lingkungan harus memberi dampak bagi pertumbuhan ekonomi masyarakat sekitar dan kemudian mempengaruhi keberlanjutan kehidupan sosial masyarakat dan hubungan sebaliknya. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tiga komponen ini merupakan prinsip paling dasar arsitektur berkelanjutan.



Gambar 2. 1. Elemen arsitektur berkelanjutan

Sumber : Penulis

2.1.1 Keberlanjutan Lingkungan

Kehadiran arsitektur harus mampu menjaga kelestarian dengan lingkungan dan hidup berdampingan dengan lingkungan tanpa merusak ekosistem yang ada di sekitarnya. Penggunaan material harus secara bijak dengan penggunaan bahan regeneratif, ramah lingkungan dengan tata guna lahan yang tetap melestarikan tapak dan air tanah di sekitar serta harus tetap selaras dengan alam. Contoh penggunaan material alami pada bangunan harus disertai dengan proses regenerasi material tersebut agar masih bisa digunakan pada periode-periode mendatang.

1. Kelestarian lingkungan

Arsitektur berkelanjutan mewajibkan sebuah perencanaan secara bijak dan menyeluruh terhadap sebuah desain, konstruksi dan operasional harus peduli dan beradaptasi terhadap lingkungan. Aspek desain mewajibkan perencanaan yang terintegrasi dengan lingkungan mulai dari sumber material bangunan, sumber air bersih, pengolahan air hujan, sumber energi, pengolahan limbah, pasif desain untuk penghawaan dan pencahayaan alami yang beradaptasi dengan lingkungan sekitar. Aspek konstruksi mewajibkan manajemen konstruksi yang baik agar tidak menghasilkan limbah konstruksi dan pada operasional bangunan ditekankan pemanfaatan energi listrik dan penggunaan kendaraan bermotor secara bijak, meminimalisir sampah mengolah kembali limbah dan memanfaatkan air hujan.



Gambar 2. 2. Gedung Acros Fukuoka - Jepang
Sumber: (Workshop Nihon Sekkei Inc, 2005)

Menghadirkan sebuah arsitektur berkelanjutan harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Bahan bangunan regeneratif
Bahan baku untuk kebutuhan material bangunan alami atau pabrikan yang bersumber dari alam (kayu, bambu, rotan dsb) harus bisa dibudidayakan kembali. Tumbuhan yang akan diunakan untuk material bangunan sebaiknya bersumber dari hutan produksi yang memang sudah disiapkan untuk kebutuhan membangun. Manajemen hutan produksi di atur agar keseimbangan antara penanaman dan panen harus seimbang.
- Penggunaan material ramah lingkungan
Material merupakan unsur penting yang dipadukan satu-sama lain dan membentuk elemen-elemen bangunan (lantai,

dinding dan atap). Material bangunan yang digunakan bisa berupa material alami ataupun material pabrikasi. Material pabrikasi pada arsitektur berkelanjutan harus dipilih material dengan jejak karbon rendah baik dari sisi produksi, dari jarak angkut ataupun dari kualitas material tersebut terhadap kesehatan. Material alami yang digunakan sebaiknya yang bersumber dari sekitar site sehingga mengurangi jejak karbon transportasi pengangkutan.

- Tata guna lahan

Kelestarian tapak terpilih untuk arsitektur yang berkelanjutan harus diperhatikan. Pohon, batu, tanah ataupun air pada tapak harus dimanfaatkan sebagai potensi agar kehadiran arsitektur tetap selaras dengan alam.

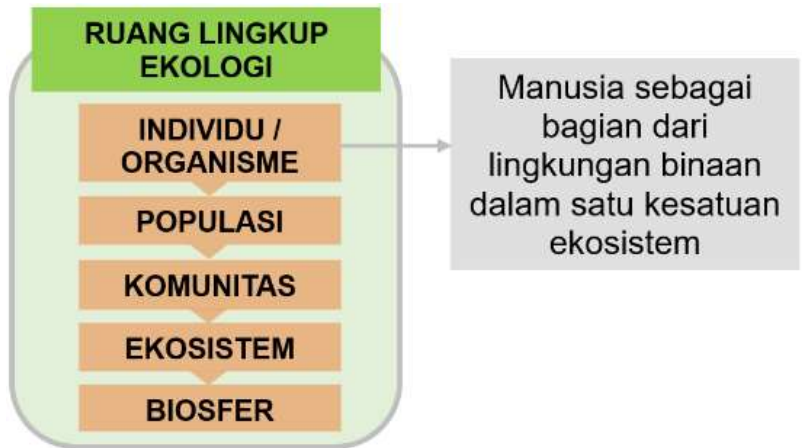
- Selaras dengan alam

Selaras dengan alam menjadi salah satu tolak ukur yang menjadikan sebuah arsitektur itu berkelanjutan. Penempatan bukaan pada bangunan harus memperhatikan arah mata angin agar cahaya yang masuk ke bangunan merupakan cahaya langit yang tidak menyebabkan silau serta memudahkan aliran udara bergerak bebas di dalam bangunan. Desain yang direncanakan harus sedapat mungkin mengikuti kontur dengan tetap mempertimbangkan faktor geologi tapak.

2. Ketangguhan ekosistem

Manusia sebagai bagian dari lingkungan binaan (arsitektur) harus menjadi bagian dari lingkungan sekitar sehingga menjadi satu kesatuan ekosistem. Arsitektur sebagai tempat bernaung bagi manusia tidak boleh mengganggu struktur lingkungan, tetapi kehadiran

arsitektur bisa menjadi bagian dari ekosistem dan menyatu dengan lingkungan. Dalam konsep arsitektur berkelanjutan manusia merupakan bagian bagian dari lingkungan binaan dalam satu kesatuan ekosistem



Gambar 2. 3. Manusia menjadi bagian dari lingkungan binaan

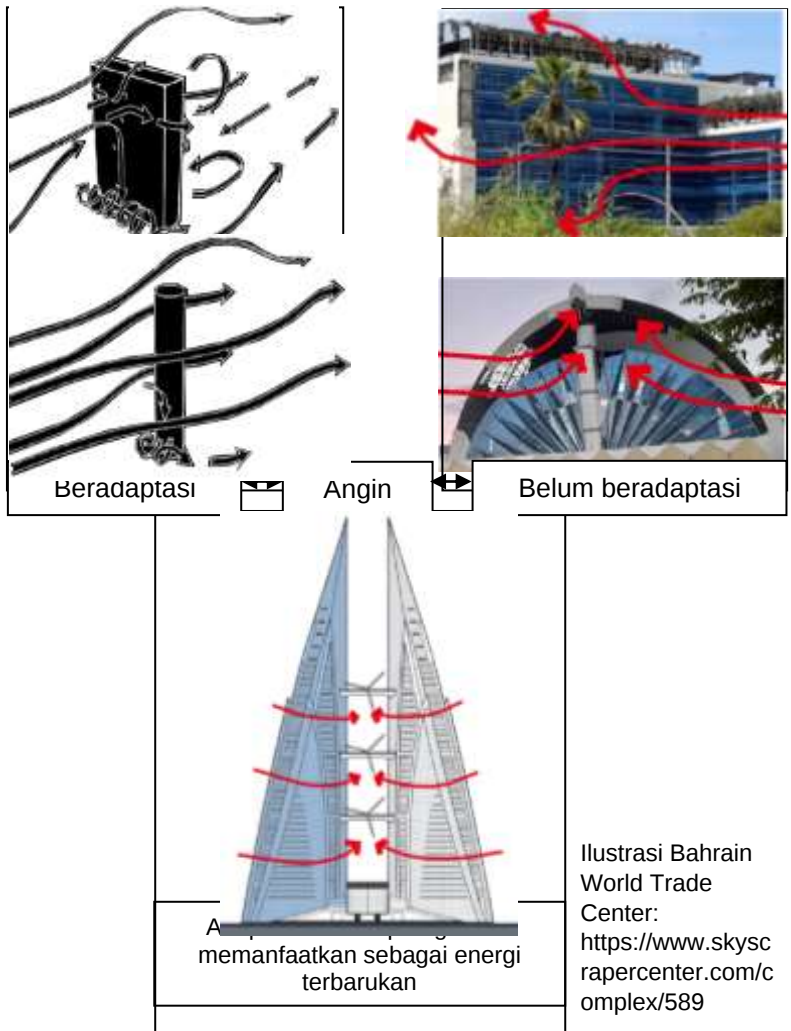
Sumber: Penulis

3. Kapasitas tambahan

Bangunan berkelanjutan direncanakan dengan adaptasi terhadap lingkungan sekitar. Adaptasi terhadap lingkungan dilakukan terus menerus dari waktu ke waktu dengan berbagai perubahan lingkungan yang terus terjadi. Hasil dari adaptasi ini menghasilkan ketahanan bangunan yang berdampak baik bagi kenyamanan pengguna di dalamnya atau masyarakat umum yang lebih luas. Adapun ketahanan bangunan dan adaptasi lingkungan sebagai berikut:

- Dampak kenyamanan pada interior bangunan

- Dampak global dari bangunan terhadap lingkungan luar
- Dampak lingkungan terhadap ketahanan bangunan



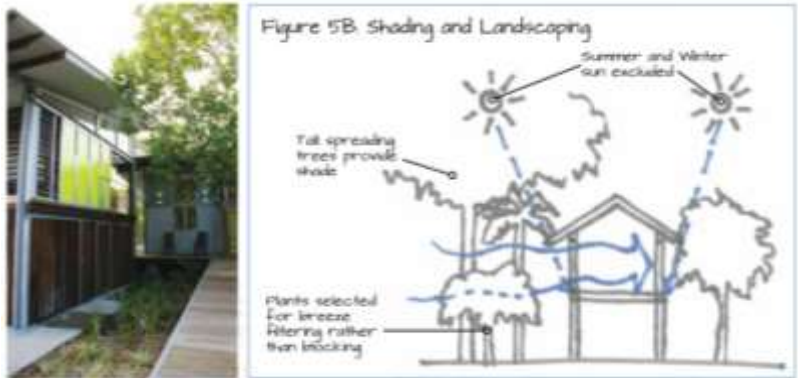
Gambar 2. 4. Ketahanan bangunan

Sumber: Penulis

4. Keberagaman hayati

Arsitektur sebagai bagian dari alam:

- Arsitektur menyatu dengan alam
- Keberagaman hayati harus tetap terjaga dengan kehadiran arsitektur agar tidak mengganggu ekosistem lingkungan yang ada.



Gambar 2. 5. Naungan dan landsekap
Sumber: (Cairns Regional Council, 2011)

2.1.2 Keberlanjutan Ekonomi

Kehadiran arsitektur harus mampu mempengaruhi kehidupan ekonomi penggunanya. Misalnya rumah tinggal harus bisa menjadi tempat bernaung bagi penghuni untuk tetap berusaha memenuhi kebutuhan hidupnya. Untuk sebuah negara, salah satu contoh keberlanjutan ekonominya dapat dilihat dari penggunaan energi baik itu energi terbarukan maupun energi fosil.

1. Pertumbuhan ekonomi

Penataan lingkungan dan relokasi pemukiman memberi dampak ekonomi bagi masyarakat. Berada pada lingkungan yang bersih dan sehat memungkinkan produktifitas masyarakat lebih tinggi. Kehidupan masyarakat dalam suatu lingkungan juga ikut dipengaruhi oleh penggunaan energi baik itu eneregi fosil ataupun energi terbarukan karena akan berdampak baik langsung ataupun tidak langsung pada keadaan ekonomi masyarakat tersebut.

- Penggunaan energi fosil

Secara makro ketersediaan energi bagi sebuah negara sangat berpengaruh pada pertumbuhan ekonominya. Negara yang memiliki cadangan minyak bumi dan batu bara pada wilayahnya dapat mengeksplotasinya dan mengimpor ke berbagai negara yang membutuhkannya sebagai sumber pendapatan.

- a) Menghasilkan energi dari bahan baku fosil (minyak bumi dan batu bara) membutuhkan biaya besar untuk proses produksinya, resiko kerusakan lingkungan serta menipisnya cadangan bahan baku tersebut untuk masa mendatang.
- b) Polusi yang dihasilkan juga mempengaruhi ekonomi secara langsung dengan biaya untuk perbaikan lingkungan dan perawatan kesehatan.

- Penggunaan energi terbarukan

- a) Menghasilkan energi berlimpah secara langsung dari alam dan biaya hanya untuk teknologi peralatan yang digunakan

- b) Tidak menghasilkan polusi sehingga tidak berdampak pada biaya.



Gambar 2. 6. Berbagai jenis pertanian perkotaan
Sumber: (Veenhuizen, 2006)

2. Pembangunan ekonomi

Arsitektur berkelanjutan harus memberi dampak bagi ekonomi masyarakat yang terus berkelanjutan ke generasi berikutnya. Sektor pariwisata menjadi motor penggerak pembangunan ekonomi masyarakat di kampung adat. Kampung adat yang sebelumnya ditinggali oleh masyarakat adat dengan orientasi kebudayaan dapat menjadi sumber ekonomi masyarakat dengan orientasi baru pada wisata budaya. Contoh lain adalah sektor pertanian yang dahulu menjadi sumber mata pencaharian masyarakat berkembang menjadi agrowisata sehingga lahan pertanian menjadi objek wisata baru yang ikut membangun ekonomi masyarakat.



Gambar 2. 7. Destinasi wisata Kampung adat Takpala, Kab. Alor
Sumber: Penulis

3. Produktifitas ekonomi

- Penataan lingkungan dan relokasi pemukiman memberi dampak ekonomi bagi masyarakat. Berada pada lingkungan yang bersih dan sehat memungkinkan produktifitas masyarakat lebih tinggi.
- Kampung adat yang bersih dengan pemberdayaan masyarakat yang benar akan mempengaruhi produktifitas ekonomi masyarakat tersebut bahkan lebih luas lagi bagi daerah sekitarnya.



Gambar 2. 8. Kampung Code - Yogyakarta

Sumber: (Siska, 2017)

4. Kegiatan ekonomi kerakyatan (teori kemakmuran)
 - Kebijakan pemerintah dengan berbagai kemudahan perijinan mengundang investor yang membantu proses pembangunan dengan dampak yang besar bagi ekonomi masyarakat.
 - Contoh: Program PBB (UN-HABITAT) untuk membangun kantor UNEP (*United Nations Environment Programme*) di Nairobi-Afrika dengan memberdayakan Masyarakat sekitar.

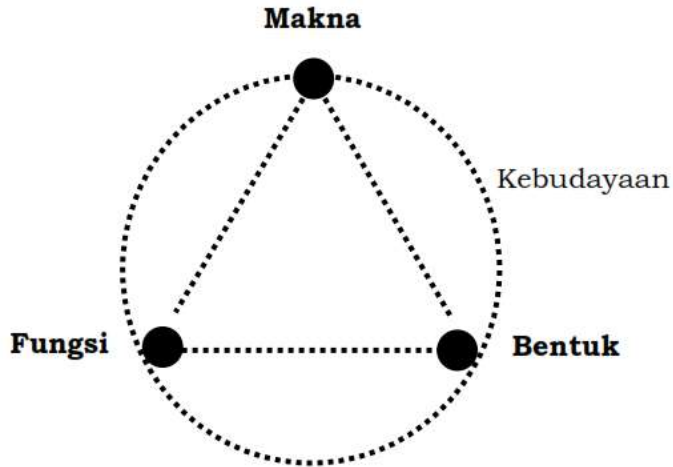


Gambar 2. 9. Kantor UNEP Nairobi
Sumber: (UNEP, 2011)

2.1.3 Keberlanjutan Sosial

Dalam buku *"Sustainable Design: Ecology, Architecture, and Planning"* (Williams, 2007) menerangkan bahwa keberlanjutan sosial terdiri dari beberapa tingkatan skala yakni skala urban (*urban scale*), skala lingkungan/kawasan (*neighborhood scale*) dan skala bangunan (*building scale*) yang mana penerapannya berbeda di tiap skala. Kehadiran arsitektur harus mampu menjaga kehidupan sosial masyarakat pengguna arsitektur tersebut. Kehadiran arsitektur harus tetap menjaga, bukan mengubah kultur sosial masyarakat bahkan ke arah yang lebih baik. Arsitektur lahir dari warisan budaya yang mengekspresikan makna, fungsi dan bentuk secara fisik dan menjadi wadah

keberlanjutan sosial secara non fisik.



Gambar 2. 10. Aspek bentuk, fungsi dan makna dalam kebudayaan

Sumber: (Ashadi, 2018)

1. Identitas budaya

- Budaya yang tetap terjaga dari lantunan musik dan tarian bersama meunjukkan adanya keberlanjutan sosial di masyarakat
- Setiap budaya menunjukan identitas/tanda pengenal kelompok masyarakat tertentu
- Budaya gotong royong menunjukan keberlangsungan kehidupan sosial
- Akulturasi budaya dalam nilai keagamaan

Arsitektur sebagai wujud dari kebudayaan menjadi identitas budaya dan menunjukan keberlanjutan sosial dimana arsitektur menyediakan ruang-ruang untuk keberlangsungan kehidupan sosial masyarakat di dalamnya.



Suasana depan rumah Fala
Foka – Kampung adat

Suasana rumah Lopo –
Kampung adat Boti - TTS

Gambar 2. 11. Rumah tradisional daerah Alor dan TTS
Sumber: Penulis

2. Pemberdayaan

- Masyarakat sebagai pelaku budaya menjadi subjek utama sekaligus menjadi objek budaya. Contoh: wanita-wanita di Boti mengisi hari-hari mereka dengan memintal benang dan menenun, untuk mendukung perekonomian keluarga yang bersumber dari pertanian.



Gambar 2. 12. Wanita di Boti yang memintal dan menenun

Sumber: Penulis

- Masyarakat dalam lingkungan sosial bukan individu. Contoh: wisata budaya dalam kampung adat di mana masyarakat setempat menjadi subjek yang diberdayakan untuk memamerkan atraksi budaya langsung di kampung wisata tersebut sehingga pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat terus terdorong maju tanpa mengubah tatanan budaya masyarakat di daerah tersebut.



Gambar 2. 13. Warga benteng None
(benteng tradisional) di Kab. TTS
Sumber: Penulis

3. Aksesibilitas

Aksesibilitas dalam konteks keberlanjutan sosial menunjukkan bagaimana sebuah lingkungan binaan dapat menjadi wadah sosial yang ramah untuk semua elemen masyarakat. Aksesibilitas pada skala bangunan memberikan ruang bersama bagi masyarakat agar bisa bersosial satu

sama lain, sedangkan pada skala urban ruang bersama kota lebih luas untuk menghubungkan elemen-elemen kota menjadi satu kesatuan.

	Lopo adalah salah satu bangunan tradisional suku atoni di pulau Timor menjadi ruang bersama tempat bermusyawarah
	Halaman rumah pada kawasan permukiman warga desa Fatumnasi-TTS tidak berbatas massif menjadi ruang bersama dan tempat bersosialisasi antar warga
	Sistem TOD (<i>Transit Oriented Development</i>) pada beberapa kota besar di Indonsia memberi akses kepada semua masyarakat dengan biaya terjangkau dan waktu yang singkat

Gambar 2. 14. Contoh aksesibilitas pada skala desa dan kota

Sumber: Penulis

4. Stabilitas

Stabilitas sosial pada skala bangunan, arsitektur menjadi wadah bagi masyarakat untuk terus bersosial dan mempertahankan segala tatanan dan kaidah yang terkandung dalam masyarakat sosial tersebut. Sedangkan pada skala urban, ruang terbuka menjadi ruang bersama masyarakat urban dalam bersosial.



Gambar 2. 15. Lopo sebagai tempat musyawarah masyarakat suku Boti

Sumber: (Trianita, 2019)



Gambar 2. 16. Pantai Tedys, Kota Lama Kupang

Sumber: Penulis

5. Keadilan sosial

Hak yang sama harus dirasakan oleh setiap lapisan masyarakat dalam setiap lingkungan binaan.

Contoh:

- Bangunan publik harus dilengkapi dengan fasilitas untuk penyandang cacat (difable), lansia dan lain-lain.
- Pembagian jalur jalan berdasarkan penggunaa untuk pejalan kaki, pesepeda ataupun pengguna kendaraan bermotor dengan pertimbangan keamanan, keselamatan dan keadilan.



Gambar 2. 17. Keadilan sosial pada ruang jalan dan ruang komunal

Sumber: Penulis

2.1.4 Rangkuman

Prinsip dasar yang merupakan tujuan dari arsitektur berkelanjutan adalah terciptanya sebuah kesinambungan berkelanjutan dari aspek ekonomi, lingkungan dan sosial kehidupan masyarakat suatu tempat. Hadirnya arsitektur diukur

dengan adanya keberlanjutan ekonomi, lingkungan dan sosial masyarakat saat ini yang terus diwariskan untuk generasi selanjutnya.

2.2 Prinsip Desain Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan memiliki prinsip-prinsip desain yang berfungsi sebagai panduan desain. Adapun prinsip-prinsip desain dari arsitektur berkelanjutan antara lain; tata guna lahan, pemanfaatan potensi tapak, desain pasif, pemanfaatan material ramah lingkungan, pemanfaatan air hujan serta pengolahan limbah.

2.2.1 Gagasan Dasar

Untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan dalam tujuan meminimalisir dampak negative terhadap lingkungan, dibutuhkan konsep berpikir inovatif, efektif dan efisien. Konsep berpikir ini hadir melalui arsitektur berkelanjutan yang memberikan gagasan secara menyeluruh terhadap sebuah perencanaan bangunan ataupun lingkungan binaan yang lebih luas cakupannya. Konsep yang ditawarkan oleh arsitektur berkelanjutan mulai dari tata guna lahan, pemanfaatan potensi tapak secara bijak dengan penyesuaian desain terhadap kondisi tapak, adaptasi desain pasif dengan lingkungan secara langsung, pertimbangan kondisi iklim dan cuaca setempat, pemanfaatan material ramah lingkungan (sedapat mungkin material yang memiliki jejak ekologi yang rendah) pemanfaatan air hujan serta pengolahan limbah.

Konsep terapan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek lingkungan saja tapi juga diupayakan memberi dampak positif bagi perkembangan ekonomi maupun bagi kehidupan sosial

masyarakat setempat. Perencanaan yang berbasis lingkungan juga memberi dampak langsung terhadap ekonomi. Pemanfaatan material lokal menjadi contoh yang baik dalam hubungan dengan keberlanjutan ekonomi, material ini diperoleh dengan biaya yang relatif murah, perawatannya yang mudah juga mengeluarkan biaya yang rendah, transportasi material ini ke lokasi juga dekat sehingga tidak mengeluarkan banyak biaya untuk transportasi. Pada konteks tertentu pemanfaatan material lokal juga mendorong ekonomi masyarakat sekitar yang mampu menyediakan material secara trampil, misalnya anyaman, ukiran dan sebagainya.

Di sisi lain pertumbuhan ekonomi juga dapat diukur dari sebuah lingkungan binaan dapat mandiri pangan dan mandiri energi. Mandiri pangan mendukung kelestarian lingkungan agar kehadiran arsitektur dapat selaras dengan alam dan sekaligus dapat menjaga keseimbangan ekosistem di lingkungan sekitar. Mandiri pangan juga dapat mendukung pertumbuhan ekonomi masyarakat, terutama bagi masyarakat perkotaan. Konsep yang populer dalam mewujudkan mandiri pangan ini adalah *urban agriculture* atau *urban farming*. Contoh paling sederhana masyarakat menanam sayur untuk memenuhi kebutuhan konsumsi rumah tangga sendiri, tidak perlu mengeluarkan biaya untuk berbelanja ke pasar.

Sama halnya dengan mandiri pangan, mandiri energi merupakan konsep yang ditawarkan arsitektur berkelanjutan bagi pertumbuhan ekonomi yang sekaligus mendukung kelestarian lingkungan. Pemanfaatan energi terbarukan memberi dampak positif bagi lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dalam pengoperasiannya. Teknologi untuk menyediakan energi terbarukan masih membutuhkan biaya yang tinggi namun dalam

pengoperasian selama umur peralatan tersebut biaya yang dikeluarkan sangat rendah sehingga dapat menutupi biaya yang dikeluarkan untuk penyediaan teknologi tersebut.

Desain berkelanjutan juga mewajibkan bangunan yang lebih pro masyarakat dan tidak eksklusif. Keadilan sosial menjadi syarat penting dalam pembentukan sebuah lingkungan binaan yang berkelanjutan. Bagi area perkotaan pembagian jalan yang merata antara jalur pejalan kaki, jalur sepeda dan jalur kendaraan bermotor yang aman merupakan contoh yang baik untuk keberlanjutan sosial. Fasilitas-fasilitas ruang kota diharapkan dapat dimanfaatkan oleh setiap lapisan masyarakat dari strata sosial yang berbeda. Ruang lingkup lingkungan binaan yang lebih kecil (bangunan-bangunan publik) diharapkan dapat dimanfaatkan oleh setiap lapisan masyarakat, baik oleh anak-anak, orang dewasa, lansia maupun kaum difable. Untuk keberlanjutan sosial bagi rumah-rumah di daerah perkampungan dapat terlihat dari ruang-ruang komunal (ruang bersama) yang sering dipakai berkumpul warga, halaman rumah tidak dibatasi oleh pagar permanen sehingga komunikasi antar tetangga terasa lebih akrab.

2.2.2 Prinsip Desain

Tujuan arsitektur berkelanjutan adalah tercapainya lingkungan binaan yang selaras dengan alam atau dengan meminimalisir dampak negatif lingkungan secara efisien sehingga lingkungan tetap lestari dan dapat dinikmati oleh generasi-generasi mendatang. Dampak dari hadirnya sebuah bangunan yang berkelanjutan harus terlihat dari lingkungan dengan keseimbangan ekosistem, ekonomi masyarakat yang terus

meningkat dan kehidupan sosial masyarakat yang tetap terjaga (adil, sejahtera, harmonis). Arsitektur nusantara menjadi referensi penting bagi arsitektur berkelanjutan di Indonesia. Indonesia berada di jalur khatulistiwa sehingga beriklim tropis namun arsitektur nusantara yang menyebar juga ikut dipengaruhi oleh letak geografis, lingkungan serta budaya masyarakatnya.

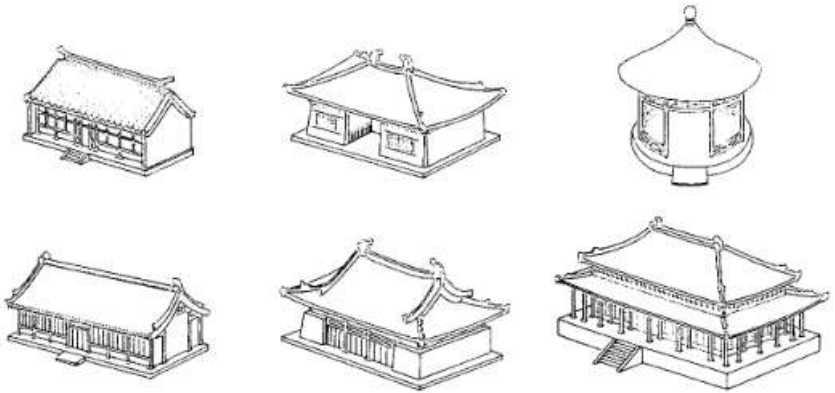


Gambar 2. 18. Arsitektur Nusantara beradaptasi dengan iklim tropis

Sumber: (Awal, 2019)

Tercapainya arsitektur yang memiliki keberlanjutan yang baik tidak terlepas dari penyesuaian dengan iklim yang ada di daerah tersebut. Arsitektur tradisional menjadi contoh arsitektur berkelanjutan yang beradaptasi dengan lingkungan dan iklim dari

waktu ke waktu. Fitur paling kritis dari bangunan tradisional adalah atapnya, atau apa pun yang menutupi strukturnya (Noble, 2007).



Gambar 2. 19. Adaptasi arsitektur tradisional Cina

Sumber: (Noble, 2007)

Keberlanjutan 3 aspek ini (lingkungan, ekonomi dan sosial) tidak terlepas dari penerapan prinsip-prinsip desain yang secara ketat dan tepat diterapkan dalam desain. Berikut adalah prinsip-prinsip desain dalam konsep arsitektur berkelanjutan antara lain:

1. Tata guna lahan

Pada skala urban, desain berkelanjutan sebaiknya diletakkan pada site yang terintegrasi dengan transportasi umum, desain pemukiman yang layak huni dan dapat dilalui dengan berjalan kaki serta dilengkapi dengan fasilitas publik (Williams, 2007). Pada skala bangunan, desain berkelanjutan respon terhadap bentuk site dan sedapat mungkin mempertahankan kondisi tapak serta mengupayakan koefisien dasar hijau yang memadai.

2. Desain pasif (*Passive design*)

Desain pasif adalah langkah desain yang memanfaatkan semua potensi tapak dengan seting fisik arsitektur secara langsung. Desain arsitektur secara optimal tanpa menggunakan bantuan peralatan untuk menghasilkan kondisi ruangan yang nyaman bagi penggunanya.

3. Konservasi energi

Konserfasi energi dalam arsitektur berkelanjutan adalah pemanfaatan energi terbarukan yang terintegrasi langsung dalam desain arsitektur. Cahaya matahari yang berlimpah, angin yang terus bergerak dapat dimanfaatkan untuk pencahayaan dan penghawaan alami sekaligus dapat menghasilkan energi listrik. Limbah yang merupakan masalah juga bisa diubah menjadi biogas untuk kebutuhan rumah tangga ataupun yang lebih besar dari itu.

4. Penggunaan material ramah lingkungan

Penggunaan material ramah lingkungan dengan memanfaatkan material-material ramah lingkungan. Material ramah lingkungan bisa berupa material alami, material alami yang mengalami transformasi sederhana ataupun material pabrikasi namun menggunakan teknologi yang aman dan tidak memberi dampak negatif bagi lingkungan.

5. Pengolahan limbah

Setiap bangunan yang digunakan pasti akan menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun cair, organik maupun anorganik. Limbah dapat berasal langsung dari aktifitas manusia ataupun dari operasional bangunan itu sendiri. Untuk menjaga kelestarian dan keberlanjutan lingkungan maka perlu adanya penanganan khusus terhadap limbah tersebut sehingga tidak mencemari lingkungan bahkan bisa

digunakan kembali sebagai sesuatu yang berguna dan sekaligus memberi dampak baik bagi keberlanjutan ekonomi.

6. Konservasi air bersih dan penggunaan air hujan

Air bersih menjadi salah satu hal pokok untuk keberlangsungan sebuah bangunan, baik untuk konsumsi manusia sebagai pengguna bangunan ataupun untuk vegetasi dan operasional bangunan lainnya. Untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dan ekonomi maka penggunaan air bersih harus dengan konservasi air bersih yang didukung dengan manajemen penggunaannya yang bijak. Selain konservasi air tanah, penggunaan air bersih juga bisa dengan sistem *water treatment* pada air hujan sehingga bisa memenuhi kebutuhan air bersih pada bangunan.

7. Manajemen energi

Manajemen energi dalam arsitektur berkelanjutan adalah proses pemanfaatan energi secara bijak dalam operasional bangunan. Manajemen energi dimulai dari setiap individu untuk menghemat penggunaan energi, penggunaan air bersih.

2.2.3 Rangkuman

Konsep berpikir dari arsitektur berkelanjutan adalah untuk mewujudkan bangunan yang mampu memenuhi keberlanjutan dari aspek ekonomi, lingkungan dan sosial. Untuk mencapai tingkatan keberlanjutan ini maka dibutuhkan prinsip desain yang beradaptasi dengan iklim dan lingkungan sekitar, memanfaatkan energi terbarukan mengolah limbah serta melakukan konservasi air bersih dan memanfaatkan air hujan. Semua prinsip ini harus terintegrasi dalam satu bangunan secara utuh sehingga dapat memaksimalkan performa bangunan yang berkelanjutan.

2.3 Desain Pasif

Desain Pasif dilakukan dengan mengoptimalkan berbagai potensi site untuk menciptakan *micro climate* yang memberikan kenyamanan bagi penghuninya dengan menekan konsumsi energi listrik. Seting fisik dilakukan dalam desain arsitektur dengan mempertimbangkan kondisi iklim dan lingkungan sekitar antara lain; orientasi matahari, pergerakan angin, kontur, vegetasi dan hal-hal lain yang berhubungan langsung dengan site. Seting fisik yang dilakukan meliputi penataan denah dalam hubungan dengan arah hadap (timur-barat atau utara-selatan), bukaan dan ventilasi, *shading*, teritisan, kemiringan atap serta kombinasi vegetasi dalam bangunan.

Pada daerah tropis untuk mendapatkan pengkondisian udara yang nyaman dan optimal secara alami, desain pasif adalah desain yang bekerja dengan lingkungan untuk mengecualikan panas atau dingin yang tidak diinginkan dan mengambil keuntungan dari matahari dan angin, oleh karena itu menghindari atau meminimalkan kebutuhan akan pemanasan atau pendinginan mekanis. Desain pasif di daerah tropis berarti mendesain bangunan untuk memaksimalkan cahaya alami dan pendinginan angin, dan menggunakan naungan, orientasi dan bahan bangunan yang sesuai untuk mengurangi perolehan dan penyimpanan panas. Penggunaan prinsip desain pasif di daerah tropis menghasilkan bangunan yang nyaman, hemat energi dan menghasilkan penghematan substansial dalam biaya operasional pendinginan dan pencahayaan (CRC, 2011).



Gambar 2. 20. Bentuk arsitektur beradaptasi dengan kondisi iklim
Sumber: (Olgyay, 1962)

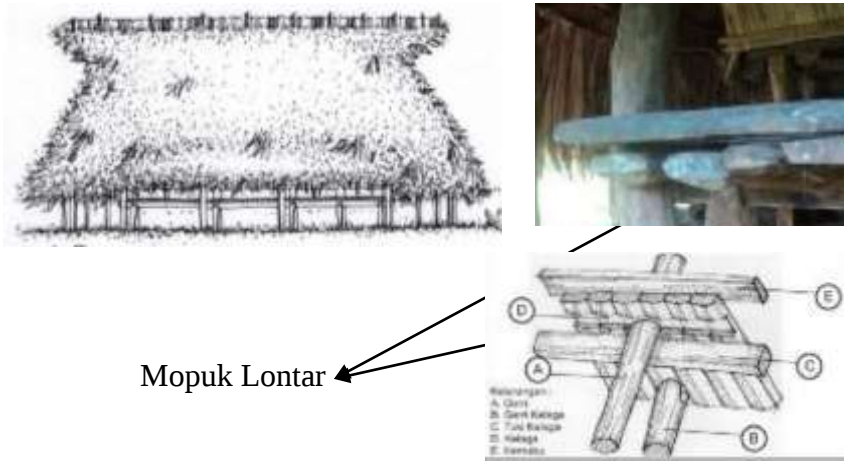
Mempertahankan keberlanjutan dalam desain berarti mengurangi emisi karbondioksida (CO_2), memaksimalkan jumlah cahaya alami dengan menyelaraskan bangunan secara tepat dengan jalur sinar matahari, meminimalkan jumlah tanah yang dipindahkan dari lokasi, mempertimbangkan pemugaran dan penggunaan kembali material sebelum membangun bangunan baru (yang pasti mengkonsumsi lebih banyak energi dalam menciptakan bahan baru yang digunakan) serta efek bahan dan bentuk bangunan pada lingkungan internal dan konsumsi energi pada bangunan tersebut (Dudek, 2007).

2.3.1 Lantai

Salah satu elemen konstruksi yang dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan kenyamanan dalam desain pasif arsitektur adalah lantai. Pemilihan material dan desain lantai yang tepat akan memberi dampak yang baik bagi interior bangunan. Elemen lantai pada bangunan tradisional menjadi media pembelajaran yang baik dalam sebuah perencanaan desain pasif.

1. Material

Bangunan pada daerah tropis beradaptasi dengan suhu yang relatif tinggi. Bangunan-bangunan tradisional menggunakan material lokal sebagai bahan utama karena mudah diperoleh tetapi di samping itu memiliki sifat yang baik sebagai isolator panas sehingga suhu udara di dalam ruangan akan terasa lebih rendah dibanding dengan suhu udara di luar ruangan. Lantai pada arsitektur tradisional yang tersebar diseluruh nusantara cukup beragam, bagi beberapa bangunan lantai langsung di atas tanah ataupun susunan batu alam, sedangkan beberapa bangunan lain dengan konstruksi panggung memiliki lantai yang terbuat dari papan, bilah bambu ataupun dari bahan mopuk (kayu kelapa ataupun lontar).



Gambar 2. 21. Material lantai rumah tradisional Sabu

Sumber: (Kapilawi et al, 2019)

2. Lantai berpori

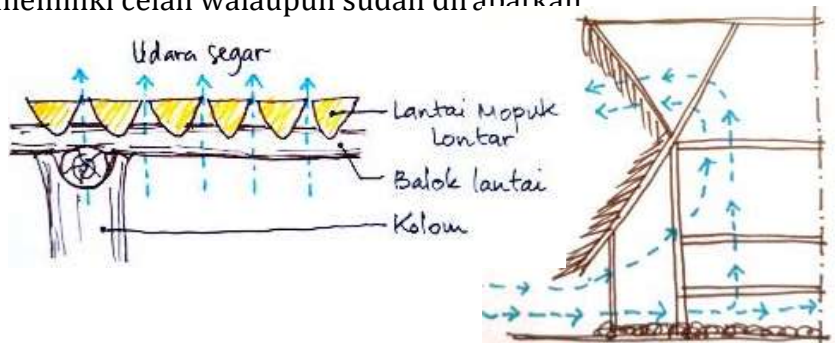
Bangunan dengan konstruksi panggung memungkinkan udara bebas melalui ruang bawah lantai. Udara dengan tekanan yang lebih tinggi umumnya memiliki suhu yang lebih rendah dan bergerak dipermukaan tanah dan kondisi dimanfaatkan oleh seting bangunan dengan lantai berpori sehingga udara yang bergerak dapat masuk melalui susunan kayu mopuk dan memberi sensasi segar dalam ruangan.



Gambar 2. 22. Rumah tradisional Sabu (*Amu Rukoko*)

Sumber: (Jeraman, 2019)

Arsitektur tradisional Sabu (*amu rukoko*) merupakan salah satu contoh bangunan tradisional yang beradaptasi dengan lingkungan. Kondisi lingkungan di Pulau Sabu cukup kering dengan suhu berkisar antara 24 – 33°C (BPS Kabupaten Kupang, 2022). Lantai rumah *amu rukoko* yang terbuat dari susunan kayu mopuk memiliki celah sehingga menjadi pori tempat masuknya udara. Kayu mopuk yang berasal dari batang lontar di haluskan dengan peralatan yang sederhana sehingga batang kayu yang disusun tetap memiliki celah walaupun sudah diranatkan

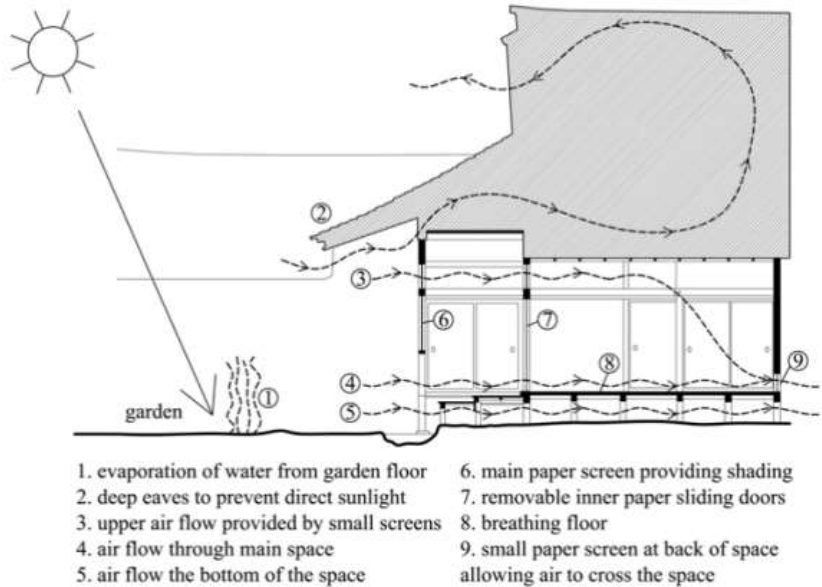


Gambar 2. 23. Ilustrasi pergerakan udara di rumah tradisional Sabu

Sumber: Penulis

Salah satu bangunan tradisional dengan seting lantai yang bernapas adalah bangunan tradisional Jepang. Rumah tradisional ini sangat beradaptasi dengan kondisi iklim, pada musim panas aliran udara yang masuk ke dalam gedung didinginkan oleh taman, melalui penguapan uap air dari vegetasi. Bangunan itu juga terangkat dari tanah, memungkinkan lebih banyak udara mengalir di bawah lantai (Hernandez et al, 2010). Pada musim dingin bangunan ini

dapat beradaptasi dengan perapian pada sisi belakang yang dapat mentransfer udara hangat melalui kolong bangunan sehingga dapat menghangatkan udara ruangan di atasnya.

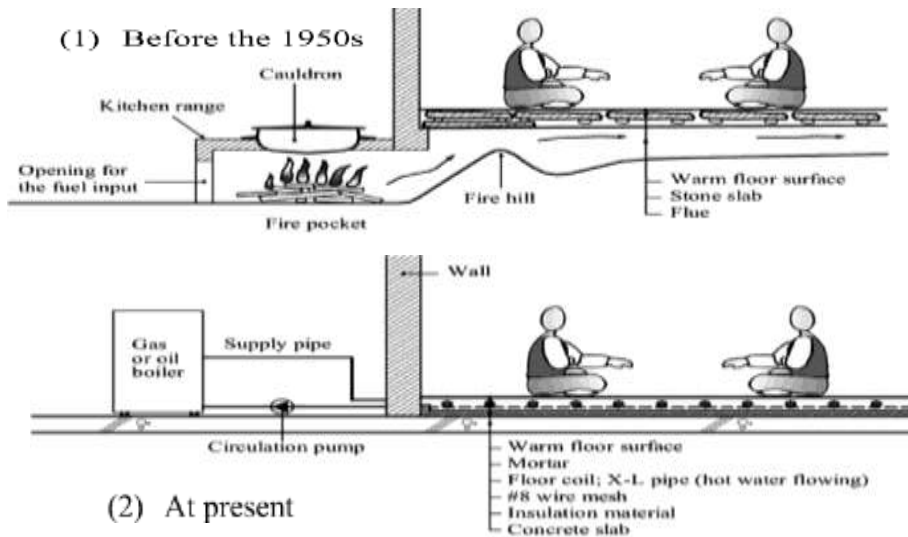


Gambar 2. 24. Aliran udara dan komponen yang digunakan untuk mendinginkan bangunan selama musim panas

Sumber: (Hernandez et al, 2010)

Contoh lain pada rumah tradisional di Korea Selatan adalah *ondol*, sebuah sistem pemanas ruangan dengan seting lantai untuk mengatasi masalah suhu rendah pada musim dingin. Secara tradisional masyarakat Korea menggunakan perapian di dapur untuk memanaskan ruang di bawah lantai dan menghangatkan ruang di atasnya. Pada masa sekarang rumah-rumah di Korea masih tetap menggunakan *ondol* sebagai sistem pemanas ruangan tetapi tidak menggunakan

perapian secara tradisional lagi melainkan menggunakan sistem pemanas air atau pemanas elektrik.



Gambar 2. 25. Sistem pemanas lantai Ondol di Korea Selatan
 Sumber: (Song, 2004)

2.3.2 Dinding

Kenyamanan termal pada sebuah bangunan merupakan hal yang penting bagi penghuni bangunan tersebut. Bangunan-bangunan tradisional menjadi contoh yang baik dengan adaptasi terhadap iklim dan lingkungan yang telah dilakukan bertahun-tahun. Tidak hanya pada arsitektur nusantara namun hal ini juga berlaku pada semua arsitektur tradisional yang menyebar di seluruh dunia. Penggunaan material lokal, pemanfaatan potensi site (orientasi matahari dan angin, vegetasi) serta adaptasi terhadap iklim secara optimal menjadikan bangunan tradisional sangat nyaman dan terus bertahan. Dinding menjadi salah satu

elemen yang berhubungan langsung dengan lingkungan luar yang memiliki suhu rendah di musim dingin dan suhu tinggi di musim panas.

Di berbagai daerah dengan perbedaan iklim dan kondisi lingkungan material dinding untuk bangunan-bangunan tradisionalpun cukup beragam mulai dari kayu, bambu, rumput, lumpur yang dikeringkan, batu hingga kulit hewan. Material dinding mempengaruhi karakter fungsi elemen konstruksi tersebut. Salah satu contoh dinding bambu cincang (*pelupu*) pada rumah tradisional suku atoni di desa Fatumnasi kabupaten Timor Tengah Selatan memiliki celah di semua sisi dan menjadi pori untuk mengeluarkan asap karena terdapat perapian di dalam *ume kbubu* yang berfungsi sebagai penghangat ruangan.



Gambar 2. 26. Rumah tradisional suku atoni (*ume kbubu*)

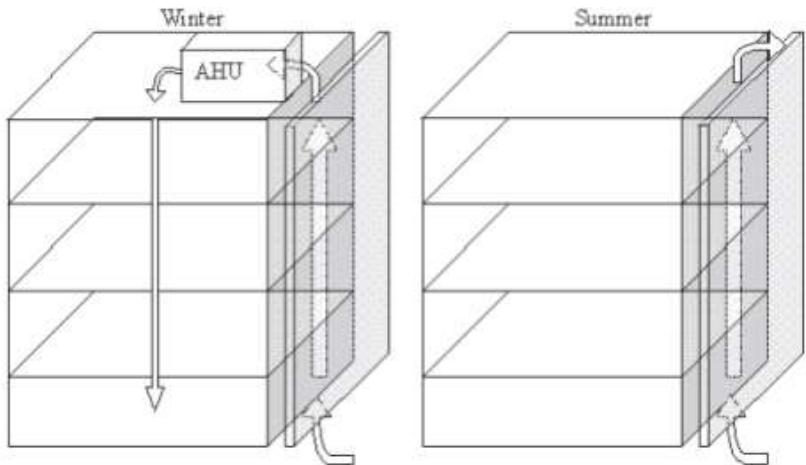
Sumber: (Lapenangga, Ara Kian, & Boli, 2020)

Pada perkembangannya banyak bermunculan aliran/gaya mendesain arsitektur dengan fungsi yang kompleks sehingga menghasilkan desain bangunan yang gemuk ataupun bangunan tinggi. Bangunan gemuk bermasalah dengan pencahayaan dan

penghawaan alami pada bagian tengah bangunan yang sulit dijangkau oleh cahaya matahari ataupun aliran udara. Bangunan tinggi bermasalah dengan paparan sinar matahari langsung dan pergerakan angin kencang. Masalah bangunan modern ini akan mempengaruhi kenyamanan pengguna sehingga akan mempengaruhi penggunaan energi yang mahal untuk memberikan kenyamanan yang optimal namun menjadi tidak ramah lingkungan. Desain dinding yang tepat menjadi solusi yang baik untuk mengatasi masalah-masalah bangunan modern yang ada. Ada beberapa strategi desain dinding antara lain: *double façade*, OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*), dan *shading*.

1. *Double façade*

Double façade merupakan teknik desain selubung bangunan sebagai bentuk respon terhadap lingkungan, iklim dan juga dapat menjadi bagian sistem akustik bangunan. Menurut Saulles dan De *double façade* dapat membantu kelangsungan hidup bangunan dengan ketahanan terhadap iklim sehingga dapat menekan beban kerja AC (*air conditioner*) bila masih diperlukan (Saulles, De, 2006). Selubung bangunan ini diharapkan menjadi tabir penghalau panas paling luar agar panas tidak masuk melalui dinding ataupun bukaan yang ada di balik selubung luar ini. Insulasi panas yang tepat sangat baik untuk efisiensi energi, sehingga pembuangan panas keluar ataupun pencegahan panas masuk ke dalam harus diperhatikan (Baeur et al, 2010).



Gambar 2. 27. Fasad kulit ganda sebagai pra-pemanas langsung sentral dari pasokan udara

Sumber: (Poirazis, 2004)

Bangunan tinggi akan menggunakan energi yang besar serta menghasilkan limbah yang banyak selama masa operasional bangunan tersebut. Menurut Knaack dan Klein bangunan itu seperti organisme yang juga mengalami proses metabolisme, jadi beberapa komponen pada bangunan menjadi penting sehingga keberlanjutan dapat terwujud dengan memanfaatkan potensi desain yang terintegrasi dengan iklim melalui desain selubung atau kulit bangunan (Knaack, Klein, 2009).

Jika proses metabolisme pada bangunan tidak berjalan dengan baik maka akan menyebabkan *Sick Building Syndrom* (SBS: keadaan yang menyatakan sebuah bangunan tidak sehat dan memberi dampak penyakit bagi pengguna di dalamnya). Penyebab umum bangunan sakit seringkali

karena salah desainsistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara. Saat ini, penggunaan ventilasi alami dianggap tidak efisien, terutama untuk gedung perkantoran, namun lingkungan internal dengan ventilasi alami justru jauh lebih ramah dan nyaman untuk banyak orang (Valoušková, 2014).



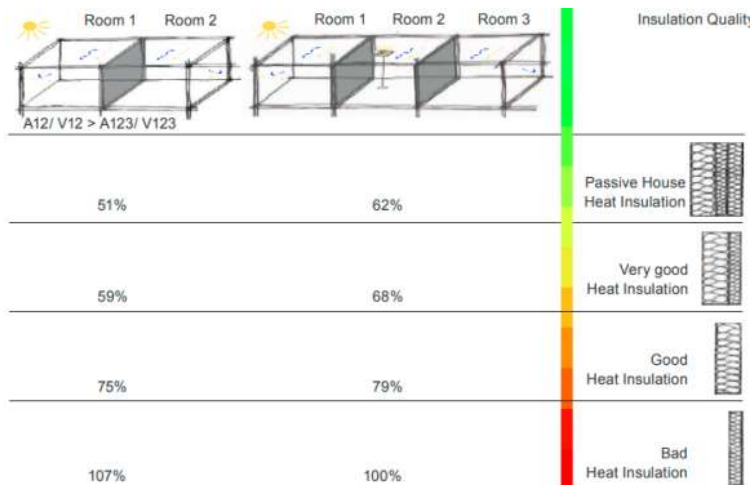
Gambar 2. 28. Konsep kulit ganda dan ventilasi alami gedung Sekisui *Office Towers* di Tokyo-Jepang

Sumber: (Baeur et al, 2010)

2. OTTV

Selubung bangunan di Indonesia diatur dalam SNI 03-6389-2011 yaitu tentang konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung dimana batasan maksimum nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV)

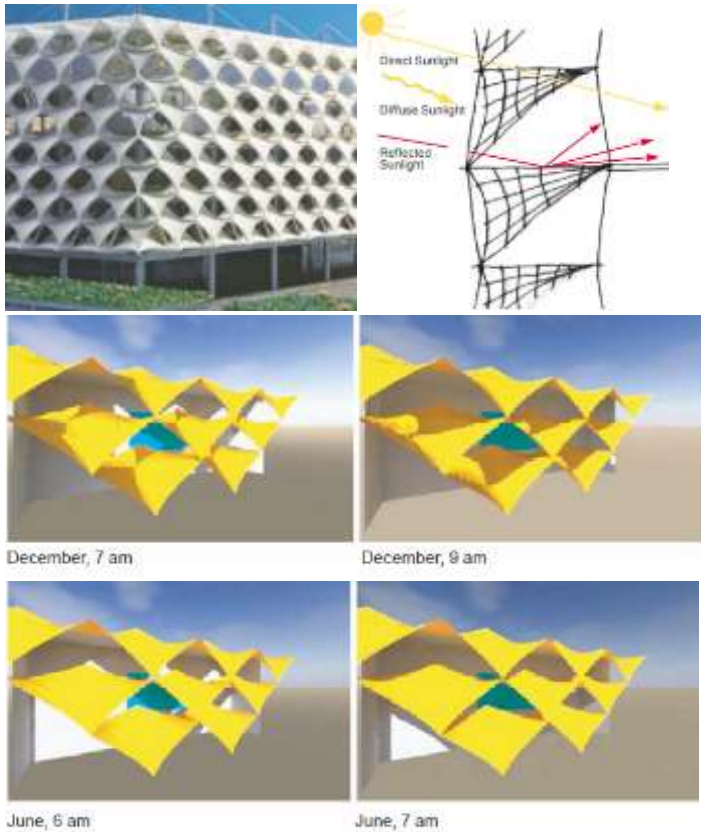
sebesar 35 W/m², tetapi pada kenyataannya tidak semua bangunan di Indonesia diketahui berapa besar nilai OTTV pada selubung bangunannya (Utari, 2018). OTTV mengontrol perpindahan panas dari lingkungan luar menuju lingkungan dalam bangunan melalui selubung bangunan. Penggunaan energi untuk penghawaan dapat dikurangi dan konsumsi energi listrik menjadi efisien (Iqbal, 2015). Dengan demikian elemen dinding pada bangunan perlu direncanakan dengan benar, mulai dari jenis material dan kemampuannya dalam menyerap dan mentransfer panas, hingga ketebalan dan lapisan dinding yang direncanakan. Bangunan yang berada di daerah dengan suhu yang relatif hangat umumnya menggunakan material yang mempunyai kemampuan insulasi panas yang baik



Gambar 2. 29. Tingkat kualitas insulasi panas dinding bangunan

Sumber: (Baeur et al, 2010)

3. *Shading*

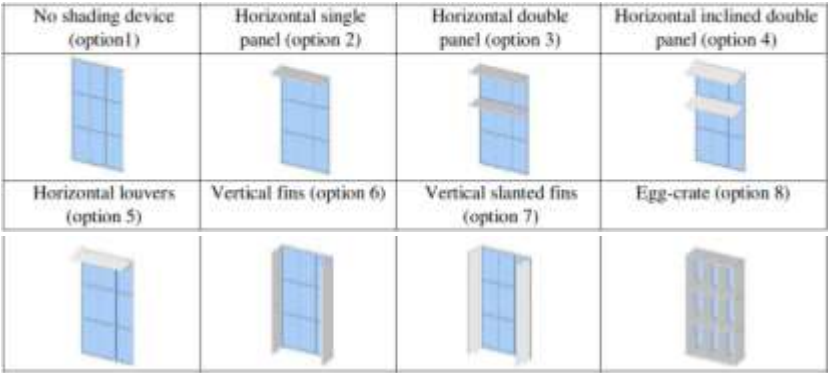


Gambar 2. 30. Perpustakaan King Fahad National di Riad,
Saudi Arabia
Sumber: (Baeur et al, 2010)

Shading adalah elemen tambahan yang digunakan sebagai tabir untuk menghalangi pancaran sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan panas dan silau ke dalam bangunan. Tujuannya disini adalah untuk memberikan perlindungan matahari yang cukup bagi bangunan untuk menjaga kebutuhan energi pendinginan dan yang

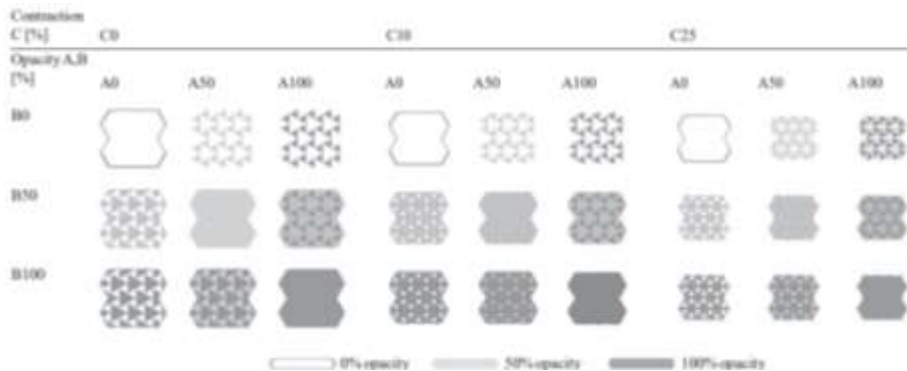
diharapkan beban pendinginan dapat serendah mungkin (Baeur et al, 2010). Tentunya dalam mendesain *shading*, perlu diperhatikan orientasi matahari sepanjang tahun karena Gerak Semu Matahari (GSM) memberi perbedaan signifikan terhadap arah penyinaran matahari ke bangunan.

Dalam penelitian Shahdan dan kawan-kawan yang melakukan simulasi BIM (*Building Information Modelling*) membuktikan bahwa bahwa model shading/perangkat peneduh *egg-crate* (peti telur) adalah model yang terbaik sebagai solusi untuk area iklim panas-lembab di mana model ini menggabungkan perangkat peneduh horizontal dan vertikal. Untuk daerah beriklim tropis lembab, sangat penting untuk menjaga bangunan tetap terlindung dari sinar matahari untuk meminimalkan penetrasi panas ke dalam gedung (Shahdan et al, 2018). Model *shading* yang memberikan pembayangan yang optimal akan memberi dampak yang baik juga bagi konsumsi energi untuk pendingin ruangan.

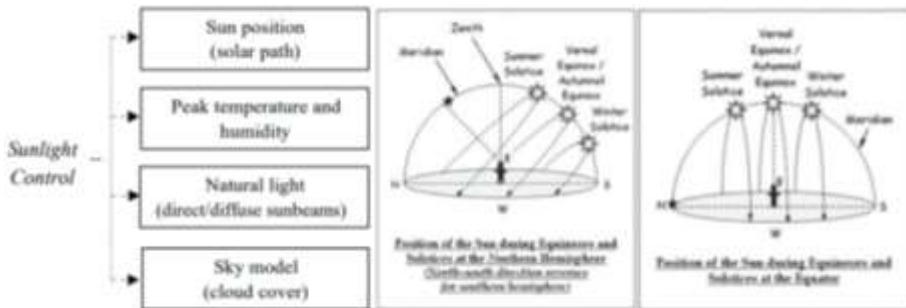


Gambar 2. 31. Delapan jenis perangkat static shading
Sumber: (Shahdan et al, 2018)

Shading pada awalnya dibangun masif atau yang dikenal dengan *static shading* dianggap masih memiliki beberapa kekurangan karena belum mampu mengatasi orientasi matahari dengan gerak semu matahari yang terjadi. Bentuk *shading* yang seragam pada semua sisi hanya lebih efektif pada sisi yang mendapat paparan matahari langsung sedangkan pada sisi yang lain akan menjadi mubasir. Sesuai perkembangan dan dengan beberapa keterbatasan pada *static shading* kemudian dikembangkan *dynamic shading system* yang dapat beradaptasi dengan pergerakan matahari sehingga menjadi lebih efektif, efisien dan memberi dampak estetis yang lebih dinamis. *Dynamic shading system* merupakan sistem shading yang dapat bergerak secara dinamis pada fasad bangunan.



Gambar 2. 32. Dua puluh tujuh konfigurasi shading
Sumber: (Pesenti et al, 2015)



Gambar 2. 33. Parameter iklim dan posisi matahari dalam desain naungan

Sumber: (Al-Masrani, Al-Obaidi, 2019)

2.3.3 Buka-an

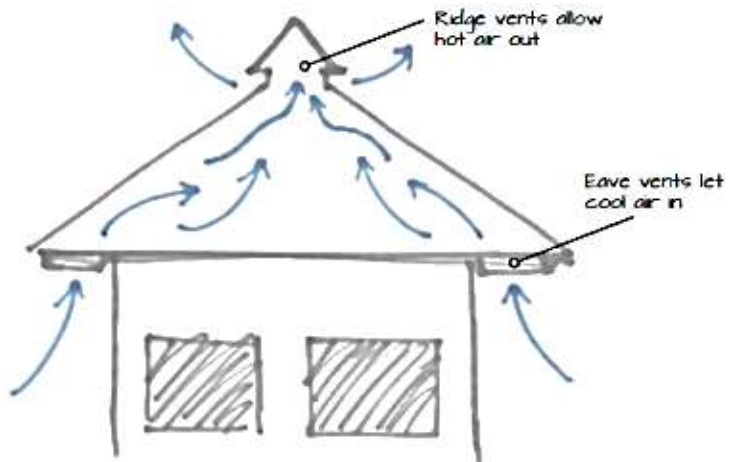
Menurut Baeur dan kawan-kawan dalam *Green Building – Guidebook for Sustainable Architecture* (Baeur et al, 2010) kualiatys udara dalam sebuah bangunan dipengaruhi oleh polutan di luar kamar/bangunan dan kondisi udara dalam ruangan/bangunan itu sendiri. Jumlah pertukaran udara yang dibutuhkan terutama tergantung pada jumlah orang-orang di dalam ruangan, kegiatan seperti apa yang mereka lakukan (misalnya memasak) dan jenis emisi yang berasal dari bahan atau peralatan. Buka-an pada bangunan menentukan pergerakan udara dalam bangunan sehingga kualitas udara dalam bangunan (*Indoor Air Quality*) dapat terjaga. Berikut adalah jenis-jenis buka-an pada sebuah bangunan:

1. Ventilasi silang



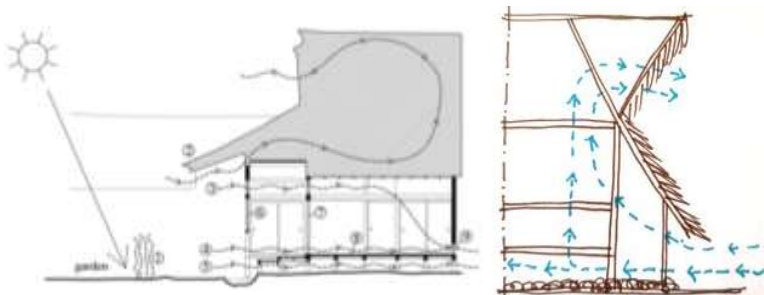
Gambar 2. 34. Ventilasi silang pada bangunan
Sumber: (CRC, 2011)

2. Ventilasi atap



Gambar 2. 35. Ventilasi rongga atap
Sumber: (CRC, 2011)

Di iklim tropis lembab, pada umumnya bangunan-bangunan didesain dengan sistem penghawaan alami yang memaksimalkan kecepatan angin untuk dapat mendinginkan struktur bangunan ataupun pencapaian kenyamanan fisiologis. Beberapa ciri desain bangunan di iklim tropis antara lain adanya bukaan lebar, atap dengan sudut kemiringan cukup, berplafon, dan memaksimalkan banyak naungan di sekitar bangunan (Sukawi et al, 2013). Pada daerah tropis solusi ventilasi rongga atap menjadi pilihan yang tepat karena atap sepanjang hari mendapat paparan sinar matahari yang menjadikan temperature ruang atap cukup tinggi, dengan adanya ventilasi rongga atap maka udara panas mudah dialirkan ke luar.



Gambar 2. 36. Ilustrasi pergerakan udara pada atap

Sumber: Penulis

Selain ventilasi rongga atap, upaya pendekatan kenyamanan termal melalui atap dilakukan dengan sistem *stack effect* yang banyak diterapkan di daerah sub tropis. Konsep ini kemudian juga diadopsi oleh bangunan-bangunan modern untuk menargetkan kenyamanan termal secara alami. Desain sederhana memungkinkan bangunan untuk bertindak sebagai cerobong asap, di mana udara

hangat ditarik dari permukaan tanah dan melalui ruang-ruang bangunan dan kemudian lolos di bawah sisi atap berkubah sehingga menghasilkan pemeliharaan suhu yang nyaman di bangunan dan sirkulasi udara di seluruh gedung (UNEP, 2011). Berikut adalah beberapa contoh bangunan dengan sistem *stack effect*:

- Bangunan dengan atap kubah



Gambar 2. 37. *Stack effect* pada bangunan atap kubah

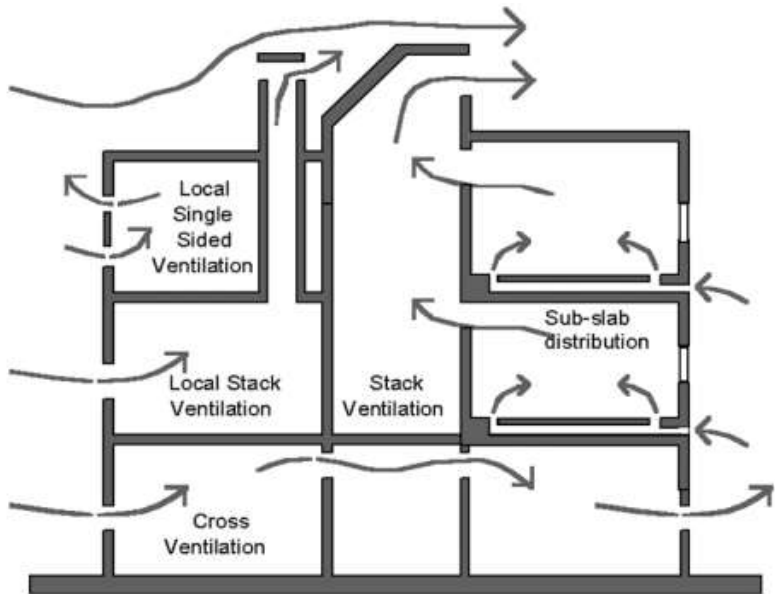
Sumber: (UNEP, 2011)

- Bangunan dengan atap miring



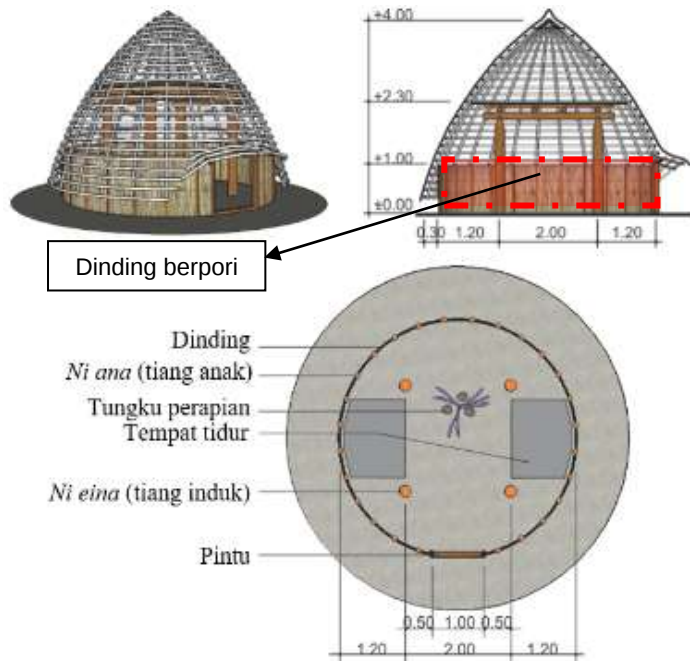
Gambar 2. 38. *Stack ventilation* pada bangunan atap miring
Sumber: (Sukawi et al, 2013)

- Bangunan dengan atap datar



Gambar 2. 39. *Stack ventilation* pada bangunan atap datar
Sumber: (Ghiaus, 2005)

3. Dinding berpori



Gambar 2. 40. Dinding berpori pada rumah tradisional suku Atoni

Sumber: (Lapenangga, Ara Kian, & Boli, 2020)

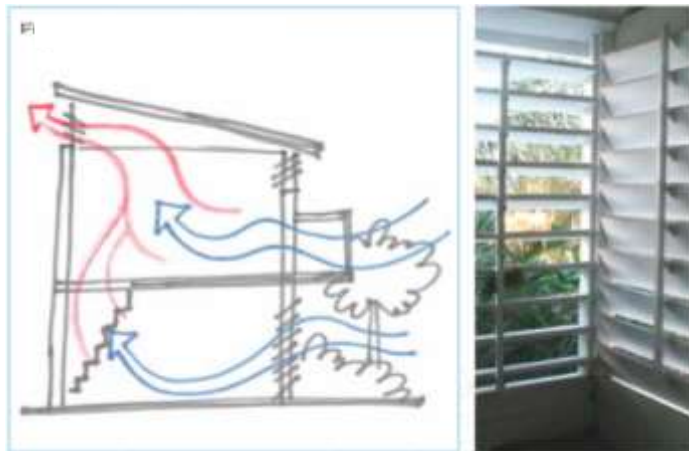
Desain dinding berpori pada tradisi rumah di masa lalu didukung penggunaan material kayu dengan pola tertentu yang menyebabkan perpindahan panas melalui aliran udara berlangsung dengan cepat. Desain dinding berpori juga mempertimbangkan arah dan kecepatan angin di luar bangunan serta tidak adanya penghalang di dalam bangunan (Nugroho, 2019). Dinding bangunan tradisional menggunakan bahan lokal yang dikerjakan dengan peralatan

sederhana sehingga tetap natural dengan meninggalkan celah yang berperan sebagai pori-pori dinding. Pori-pori dinding berfungsi sebagai ventilasi untuk memasukkan udara segar dari luar bangunan pada konteks daerah bersuhu hangat dan pada daerah bersuhu sejuk berfungsi mengeluarkan udara panas yang dihasilkan perapian dalam bangunan.

4. Jendela

Jendela merupakan salah satu elemen bangunan yang berfungsi untuk mengatur penghawaan ataupun pencahayaan. Jendela yang direncanakan harus mampu memberikan efek kenyamanan termal dengan memasukkan udara segar secara optimal. Semakin terbuka sebuah jendela maka akan semakin besar aliran udara masuk ke dalam bangunan namun perlu diperhatikan agar tidak menyebabkan silau ke dalam bangunan.

- Penghawaan



Gambar 2. 41. Aliran udara konveksi melalui jendela

Sumber: (CRC, 2011)

- Pencahayaan

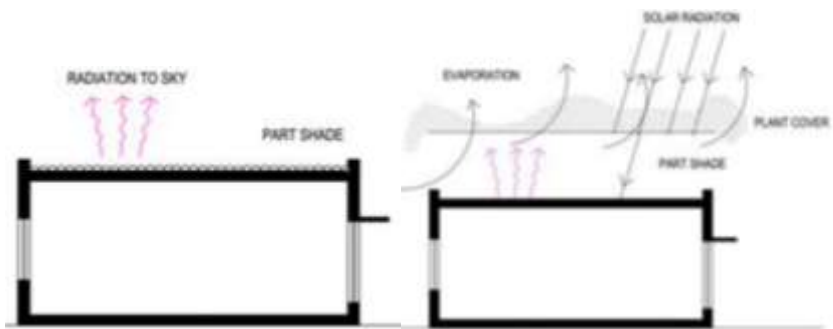


Gambar 2. 42. Fungsi jendela untuk pencahayaan alami
Sumber: (Boubekri, 2008)

2.3.4 Atap

1. Atap hijau (*green roof*)

Atap hijau menghadirkan strategi desain yang layak untuk perbaikan iklim mikro dan konservasi energi di perkotaan. Dari proses simulasi dengan berbagai zona iklim menunjukkan bahwa atap hijau dapat mengurangi suhu permukaan atap sebesar 15–45 °C, udara dekat permukaan suhu sebesar 2–5 °C dan konsumsi energi gedung sebesar hingga 80% (Elborombaly, Prieto, 2014).



Gambar 2. 43. Atap hijau (*green roof*)

Sumber: (Elborombaly, Prieto, 2014)

Perintis arsitek hijau Emilio Ambasz mengubah taman seluas hampir 100.000 meter persegi di pusat kota menjadi 15 teras berundak di Aula Internasional Prefektur Fukuoka ACROS. Desain ACROS Fukuoka mengusulkan solusi baru yang kuat untuk masalah umum perkotaan: menyelaraskan keinginan pengembang untuk penggunaan situs yang menguntungkan dengan kebutuhan publik akan ruang terbuka hijau. Rencana Fukuoka memenuhi kedua kebutuhan dalam satu struktur dengan menciptakan model agro-urban yang inovatif (Greenroofs.com, 2020).

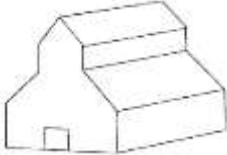
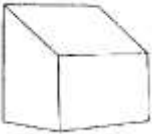
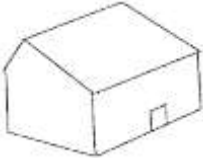
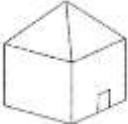
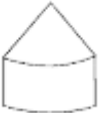


Gambar 2. 44. Atap hijau (*green roof*) Fukuoka - Jepang
Sumber: (Greenroofs.com, 2020)

2. Kemiringan atap

Atap menjadi elemen pertama yang melindungi rumah tinggal dari berbagai cuaca dan menerima energi panas langsung dari matahari sehingga pengaruh bentuk atap terhadap kenyamanan dalam ruang menjadi hal penting yang harus dipertimbangkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap suhu udara ruang didalamnya (Kholiq, Hidayat, 2016). Kemiringan atap setiap bangunan yang direncanakan harus disesuaikan dengan kondisi iklim pada daerah tersebut. Atap miring sangat responsif terhadap kondisi iklim di daerah tropis lembab yang banyak hujan ataupun di daerah subtropis hingga kutub yang banyak salju saat musim dingin. Atap yang miring dapat mengalirkan hujan ataupun salju dengan cepat sehingga atap tidak mudah bocor, perawatan mudah dan tidak menjadi beban sendiri saat turun salju yang menebal. Pada daerah tropis kering atap relatif datar karena sering dilalui badai pasir dengan angin kencang, sehingga bentuk datar merupakan salah

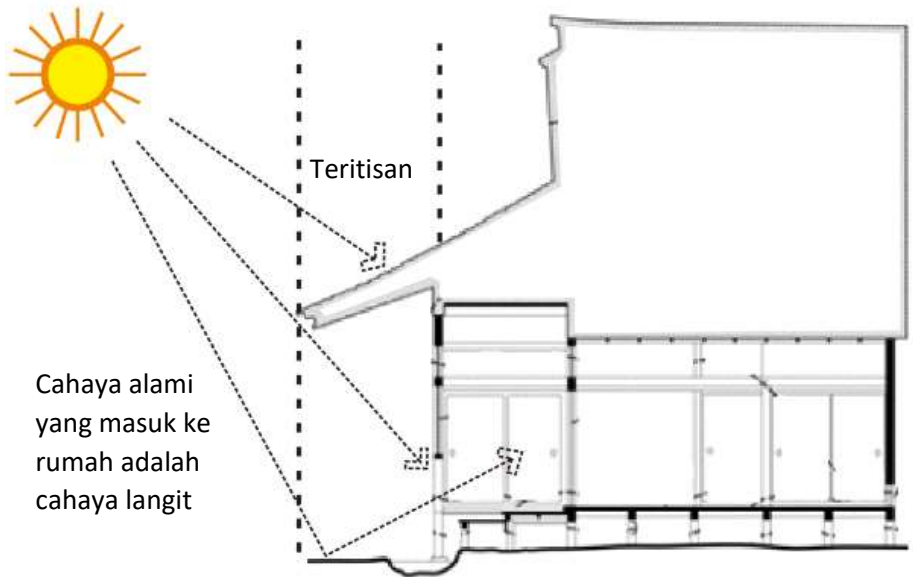
satu upaya adaptasi terhadap kondisi ini. Berikut adalah tipe-tipe bentuk kemiringan atap:

		
Flat	Monitor or clerestory	Shed
		
Gable	Salt box	Gambrel
		
Hip	Dome	Pyramid
		
Mansard	Rainbow	Conical

Gambar 2. 45. Tipe kemiringan atap

Sumber: Traditional Building (Noble, 2007)

3. Teritisan



Gambar 2. 46. Pencahayaan alami rumah Jepang dengan teritisan

Sumber: (Hernandez et al, 2010)

Teritisan atap umumnya digunakan oleh bangunan-bangunan yang berada di daerah beriklim tropis lembab dengan curah hujan tinggi di musim hujan dan kelimpahan sinar matahari dimusim kemarau. Teritisan berfungsi untuk melindungi bangunan dari limpasan air hujan dan dari terik matahari yang mana teritisan dapat memberi efek pembayangan.

2.3.5 Rangkuman

Pasif desain dalam arsitektur berkelanjutan meliputi seting fisik seriap elemen konstruksi agar respon terhadap iklim untuk mencapai kenyamanan yang optimal bagi penghuni di dalamnya. Elemen konstruksi yang dapat di desain secara pasif untuk kenyamanan secara alami antara lain lantai, dinding, bukaan dan atap dengan penyesuaian terhadap kondisi tapak dan kondisi iklim yang ada.

RUBRIK PENILAIAN

Tabel Rubrik penilaian

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
Konsep 100%	Mampu menjelaskan prinsip dasar arsitektur berkelanjutan, prinsip desain	Mampu menjelaskan prinsip dasar arsitektur berkelanjutan, prinsip desain	Mampu menjelaskan prinsip dasar arsitektur berkelanjutan, prinsip desain	Kurang mampu menjelaskan prinsip dasar arsitektur berkelanjutan

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
	arsitektur dan desain pasif secara lengkap	arsitektur dan desain pasif	arsitektur	

INSTRUKSI TUGAS

Baca bab 3 secara saksama dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan pemahaman Anda tentang keberlanjutan ekonomi dalam arsitektur berkelanjutan!
2. Sebutkan dan jelaskan ciri keberlanjutan ekonomi!
3. Jelaskan pemahaman Anda tentang keberlanjutan lingkungan dalam arsitektur berkelanjutan!
4. Sebutkan dan jelaskan ciri keberlanjutan lingkungan!
5. Jelaskan pemahaman Anda tentang keberlanjutan sosial dalam arsitektur berkelanjutan!
6. Sebutkan dan jelaskan ciri keberlanjutan sosial!
7. Jelaskan pemahaman Anda tentang prinsip desain arsitektur berkelanjutan!
8. Sebutkan dan jelaskan masing-masing prinsip desain berkelanjutan!
9. Jelaskan pemahaman Anda tentang setting fisik elemen-elemen konstruksi dalam metode desain pasif!
10. Sebutkan dan jelaskan item-item dari elemen konstruksi yang didesain secara pasif!

REFLEKSI MAHASISWA

1. Apa yang telah dipelajari dari Bab 2 ini? Seberapa pentingkah hal yang dipelajari ini dalam hubungan dengan pemahaman Anda tentang prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan?
2. Apa yang harus dipelajari selanjutnya setelah mempelajari prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan?

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Masrani, Al-Obaidi. (2019). Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies. *Automation in construction*, 195-216.
- Ashadi. (2018). *Kearifan Lokal Dalam Arsitektur*. Jakarta: Arsitektur UMJ Press.
- Awal, G. A. (2019). Keberlanjutan Arsitektur Vernakular dalam Pengalaman Praktis. *Seminar Nasional VISTA 1: Eksistensi Arsitektur Vernakular* (pp. 9-21). Kupang : Program Studi Teknik Arsitektur UNWIRA.
- Baeur et al. (2010). *Green Building – Guidebook for Sustainable Architecture*. Berlin: Springer.
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting, Architecture and Health: Building Design Strategies*. Oxford: Elsevier.
- BPS Kabupaten Kupang. (2022). *KABUPATEN SABU RAIJUA DALAM ANGKA 2022*. Kupang: BPS Kabupaten Kupang.
- Cairns Regional Council. (2011). *Sustainable Tropical Building Design*. Queensland: Cairns Regional Council.
- CRC. (2011). *Sustainable Tropical Building Design: Guidelines for Commercial Buildings*. Australia: Cairns Regional Council.
- Dudek, M. (2007). *Schools and Kindergartens: A Design Manual* . Berlin: Birkhauser.
- Elborombaly, Prieto. (2014). Sustainable Development & Eco – Roof. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 1-16.
- Ghiaus, A. (2005). *Natural Ventilation In The Urban Environment*. London: Earthscan.

- Greenroofs.com. (2020, Agustus 19). *ACROS Fukuoka Prefectural International Hall*. Retrieved Juni 29, 2022, from GREENROOFS.COM:
<https://www.greenroofs.com/projects/acros-fukuoka-prefectural-international-hall/>
- Hernandez et al. (2010). *Eco-Architecture III: Harmonisation Between Architecture and Nature*. Southampton: WIT Press.
- Iqbal, M. (2015). OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE: Studi Kasus Ruang Kuliah III Pada Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *Jurnal Arsitekno*, 32-41.
- Jeraman, P. (2019). Dinamika Perubahan Arsitektur Rumah Sabu (Ammu Hawu) Dan Prospeknya Dalam Rancang Bangun Kiwari. *Komposi*, 55-72.
- Kapilawi et al. (2019). Kajian Tektonika Arsitektur Rumah Tradisional Sabu di Kampung Adat Namata. *Gewang*, 8-13.
- Kholiq, Hidayat. (2016). Pengaruh Bentuk Atap Terhadap Karakteristik Thermal Pada Rumah Tinggal Tiga Lantai. *Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan dan Lingkungan*, 137-144.
- Knaack, Klein. (2009). *The Future Envelope 2: Architecture-Climate-Skin*. Amsterdam: IOS Press.
- Lapenangga, A. K., Ara Kian, D., & Boli, B. (2020). Sustainable architecture: The lessons from ume kbubu, the traditional house of Fatumnasi Community. *Arteks*, 469-478.
- Noble, A. G. (2007). *Traditional Building*. London: I.B.Tauris & Co Ltd.
- Nugroho, A. M. (2019). Kinerja Pendinginan Alami pada Dinding Tropis Nusantara Kontemporer dalam Memproduksi Ruang Nyaman Masa Kini. *EE (Energy & Engineering) Conference Series 02* (pp. 271-279). Medan: Talenta.

- Olgyay, V. (1962). *Design With Climate*. New Jersey: Princeton University Press.
- Pesenti et al. (2015). Shaping an Origami shading device through visual and thermal simulations. *Energy Procedia*, 346-351.
- Poirazis, H. (2004). *Double Skin Façades for Office Buildings*. Lund: EBD-R.
- Saulles, De. (2006). *Utilisation of Thermal Mass in Non-Residential Buildings*. Camberley: The Concrete Centre.
- Shahdan et al. (2018). External shading devices for energy efficient building. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (pp. 1-7). Selangor: IOP.
- Siska. (2017, Agustus 2). *Wajah Baru Kali Code yang Semakin Membuat Jogja Semakin Istimewa*. Retrieved from Jogjaholic: <https://jogjaholic.com/wajah-baru-kali-code-yang-semakin-membuat-jogja-semakin-istimewa/>
- Song, G.-S. (2004). Buttock responses to contact with finishing materials over the ONDOL floor heating system in Korea. *Energy and Buildings*, 65-75.
- Sukawi et al. (2013). Potensi Ventilasi Atap terhadap Pendinginan Pasif Ruangan pada Pengembangan Rumah Sederhana: Studi Kasus di Perumnas Sendang Mulyo Semarang. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI* (pp. 57-62). Semarang: IPLBI.
- Trianita, L. N. (2019, Juli 26). *Uniknya Desa Boti di NTT, Menjaga Tradisi Mirip Badui*. Retrieved from tempo.co: <https://travel.tempo.co/read/1228987/uniknya-desa-boti-di-ntt-menjaga-tradisi-mirip-badui>
- UNEP. (2011). *Building for the Future: A United Nations Showcase in Nairobi*. Nairobi: United Nations Environment Programme.

- Utari, R. P. (2018). ANALISA NILAI OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV) SEBAGAI KONSERVASI ENERGI SELUBUNG PADA BANGUNAN BERDASARKAN SNI 03-6389-2011. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)* (pp. 40-47). Malang: UMM.
- Valoušková, K. (2014). DOUBLE SKIN TRANSPARENT FAÇADES AND NATURAL VENTILATION. *Roomvent*, 1-8.
- Veenhuizen, R. v. (2006). *Cities Farming for the Future*. Leusden: ETC - Urban Agriculture.
- Williams, D. E. (2007). *Sustainable Design: Ecology, Architecture and Planning*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Workshop Nihon Sekkei Inc. (2005). Sustainable Building Design Book. *The 2005 World Sustainable Building Conference in Tokyo, Student Session* (p. 18). Tokyo: SB05.

BAB 3

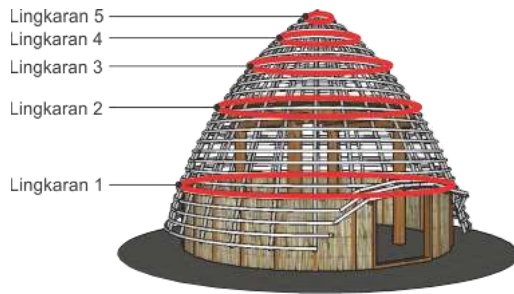
PENERAPAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

3.1 Material Ramah Lingkungan

Untuk mewujudkan arsitektur yang berkelanjutan diperlukan pemilihan dan penggunaan material ramah lingkungan. Material ramah lingkungan bisa berasal dari material alami, material lokal yang mendapat perlakuan khusus dari teknologi, material pintar dan material daur ulang. Pemilihan material-material ramah lingkungan ini perlu didukung dengan penelusuran jejak karbon material mulai dari produksi, transportasi ke site hingga proses pemasangannya. Dengan pertimbangan jejak karbon material dapat memberi rekomendasi untuk menentukan pemilihan material yang akan digunakan. Material alami yang regeneratif sekalipun bila memiliki jejak karbon yang tinggi akibat harus didatangkan dari daerah yang jauh akan menjadi tidak efektif dibanding dengan material lokal yang diperoleh di sekitar site.

3.1.1 Material Alami

Proses eksploitasi material alam ini masih dengan cara konvensional dan dalam skala kecil untuk kebutuhan pembangunan satu rumah sehingga dapat dikatakan proses ini tidak memiliki jejak karbon (Boli, Lapenanga, & Arakian, 2021).



Gambar 3. 1. Material alami untuk konstruksi ume kibu
 Sumber: (Boli, Lapenangga, & Arakian, 2021)

1. Material alami untuk arsitektur vernakular

Penggunaan material alami untuk bangunan-bangunan tradisional ataupun rumah-rumah masyarakat yang dibangun di daerah pedesaan selalu menggunakan material alami yang diambil dari lokasi disekitar site. Penggunaan material lokal umumnya disesuaikan dengan kearifan lokal yang ada di sekitar daerah tersebut. Pada umumnya penutup atap pada rumah-rumah tradisional di daerah NTT menggunakan alang-alang/ilalang yang berkarakter ringan, mudah dibentuk sesuai dengan rangka atap dan mudah diperoleh di sekitar daerah bangunan itu dibangun.



Gambar 3. 2. Material alami arsitektur vernakular
 Sumber: Penulis

2. Material alami untuk desain arsitektur

Material alami yang digunakan langsung pada bangunan tidak hanya yang dapat dibudidayakan kembali (yang berasal dari tumbuhan) tetapi juga yang tidak dapat dibudidayakan kembali seperti batuan alam maupun beberapa jenis tanah dan pasir. Contoh pada beberapa bangunan gereja di NTT yang di desain menggunakan batu alam dan dapat menonjolkan kesan estetis dari tekstur dan warna yang natural.



Gambar 3. 3. Gedung Gereja St. Antonius Padua Sasi,
Kab. TTU

Sumber: (Benu, 2016)

3.1.2 Material Lokal dengan Pemanfaatan Teknologi

Umumnya material alami berbahan organik memiliki batas usia relatif pendek apalagi bila bersentuhan langsung dengan udara luar yang terus berubah-ubah akibat perubahan cuaca. Dengan sentuhan teknologi yang benar sebuah material lokal/alami dapat menjadi elemen desain dalam sebuah bangunan modern. Teknologi yang dimaksud dapat berupa bahan pelapis sebagai pelindung material tersebut.



Rumah tradisional New Caledonia (Kanak)



Konstruksi gedung Tjibaou Cultural Center-New Caledonia



Gedung Tjibaou Cultural Center-New Caledonia

Gambar 3. 4. Rumah Kanak dan Gedung Pusat Budaya di New Caledonia

Sumber: (Wikipedia, the free encyclopedia, 2022)

3.1.3 Material Pintar (*Smart Material*)

Material bangunan terus dikembangkan sejalan dengan perkembangan teknologi. Teknologi nano merupakan teknologi terbaru dengan merekayasa material dalam skala nanometer. Banyak material baru dengan sentuhan teknologi nano menjadi lebih fleksibel dengan kekuatan yang berlipat ganda. Sepanjang sejarah manusia, inovasi material telah ditentukan oleh pengujian terus-menerus daribatas. Material berperforma ultra adalah lebih kuat, lebih ringan, lebih tahan lama dan lebih fleksibel daripada material konvensional lainnya .

3.1.4 Material daur ulang

Salah satu material ramah lingkungan adalah material yang berasal dari penggunaan kembali material bekas. Material-material bekas yang dijadikan bahan bangunan bisa berasal dari material sisa konstruksi, sampah ataupun limbah dari olahan

tertentu. Penggunaan material bekas ini hadir dalam konsep penggunaan kembali (*reuse*), mengurangi (*reduce*) dan daur ulang (*recycle*).

1. *Reuse*

Menggunakan kembali produk yang sudah pernah dipakai menjadi fungsi baru seperti penggunaan botol bekas menjadi material dalam elemen konstruksi bangunan. Contoh penggunaan jutaan botol bir untuk konstruksi sebuah kuil di Thailand.



Gambar 3. 5. Kuil botol di Thailand

Sumber: (Setyorini T. , 2014)

2. *Reduce*

Mengurangi penggunaan material yang berpotensi menjadi sampah dan terutama material yang tidak dapat diuraikan kembali, sedapat mungkin material yang digunakan adalah material ramah lingkungan dengan jejak karbon rendah. Sebuah perusahaan yang mengolah hasil hutan *Sumitomo Forestry* mengajukan rencana untuk membuat gedung pencakar langit yang terbuat dari kayu, rencana ini diajukan untuk memperingati hari jadi ke-350 tahun perusahaan tersebut pada tahun 2041 mendatang, dengan membangun gedung setinggi 350 meter yang

terdiri dari 70 lantai (Simatupang, 2018). Penggunaan kayu untuk bangunan tinggi merupakan upaya reduce material baja yang memiliki jejak karbon yang tinggi.



Gambar 3. 6. Gedung pencakar langit dengan konstruksi kayu

Sumber: (Simatupang, 2018)

3. *Recycle*

Mendaur ulang merupakan sebuah langkah inovatif dengan memanfaatkan sampah yang tidak bernilai menjadi sebuah produk baru yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Salah satu contoh daur ulang sampah menjadi material bangunan dilakukan perusahaan Rebriks yang mengubah sampah plastik kemasan kopi instan (ditolak di bank sampah) menjadi bahan baku untuk pembuatan konblok.



Gambar 3. 7. Konblok dari daur ulang sampah plastik kemasan

Sumber: (Yuniar, 2021)

3.1.5 Rangkuman

Material ramah lingkungan dalam arsitektur berkelanjutan berasal dari material alami, material lokal yang mendapat perlakuan khusus dari teknologi, material pintar dan material daur ulang. Penentuan material ramah lingkungan juga dipertimbangkan dengan jejak karbon material tersebut dari saat diproduksi, pengangkutan ke site hingga proses pemasangannya.

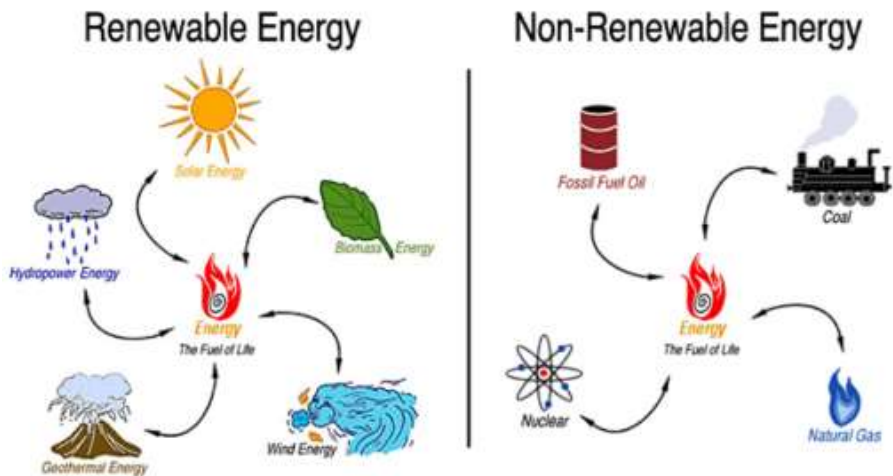
3.2 Pemanfaatan Energi Terbarukan

Konsumsi energi dunia paling umum pada sektor bangunan, industri dan transportasi. Sejak dimulainya revolusi industri, konsumsi energi yang berasal dari minyak bumi terus meningkat hingga saat ini sedangkan cadangan minyak bumi terus menipis karena merupakan jenis energi tidak terbarukan. Konsumsi energi

pada sektor bangunan lebih tinggi dibanding dengan sektor industri dan transportasi. Dalam setiap operasional bangunan energi digunakan sepanjang masa penggunaan bangunan, sehingga bila energi yang digunakan berasal dari sumber energi tidak terbarukan akan memberi dampak buruk bagi lingkungan karena polusi dan limbah yang dihasilkan, disamping itu cadangan energi dari sumber tidak terbarukan ini semakin menipis di alam. Bangunan saat ini menyumbang sekitar 40% dari keseluruhan konsumsi energi Uni Eropa, dengan potensi penghematan energi yang besar sebesar 22% dalam jangka pendek (sampai dengan 2010). Di bawah Protokol Kyoto, Uni Eropa telah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 8% pada tahun 2012 dibandingkan dengan persentasenya pada tahun 1990, dan bangunan harus menjadi peran utama dalam mencapai tujuan tersebut (Eicker, 2003). Salah satu solusi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca adalah dengan pemanfaatan energi terbarukan entah itu dari matahari, angin, arus laut ataupun yang berasal dari olahan limbah.

Untuk menangani fenomena krisis energi akibat penggunaan dan pengolahan energi yang kurang efektif, perlu adanya penanganan dan perubahan yang dilakukan terhadap pemakaian energi yaitu dengan pemanfaatan energi terbarukan yang bersih sehingga dapat memberi keberlanjutan bagi manusia maupun alam (Ibrahim, Ardianta, 2016). Pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi besar dalam menekan konsumsi energi yang tidak terbarukan. Energi tidak terbarukan memberi kontribusi tinggi terhadap dampak lingkungan, yakni dari proses eksploitasinya, polusi yang ditimbulkan hingga ketersediaan cadangan yang terus berkurang di alam. Energi terbarukan tidak menimbulkan polusi atau pencemaran lingkungan serta memiliki ketersediaan

yang melimpah di alam tetapi masih ada beberapa jenis energi terbarukan yang membutuhkan biaya besar dalam menyediakan teknologinya. Beberapa contoh sumber energi terbarukan antara lain; matahari, angin, arus laut, gelombang laut, panas bumi, bio massa dan lain sebagainya. Dari beberapa sumber energi ini, matahari dan angin merupakan sumber energi terbarukan yang sudah umum dimanfaatkan langsung pada desain arsitektur.



Gambar 3. 8. Sumber energi
Sumber: (Anderson, 2020)

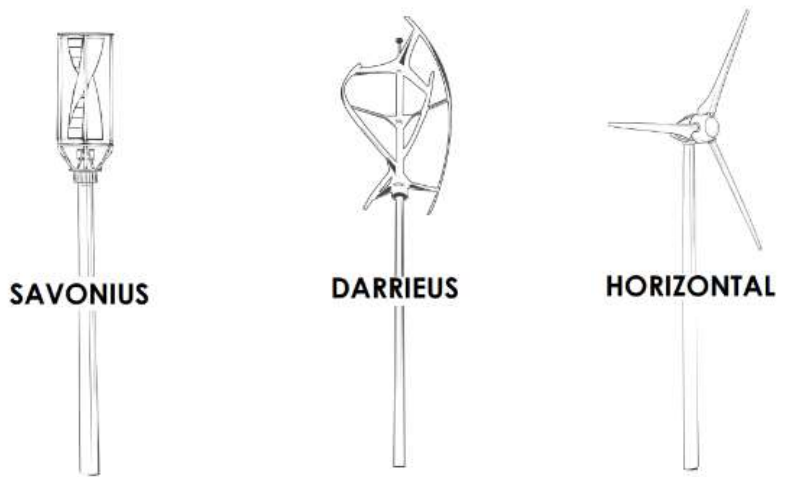
3.2.1 Energi angin

Angin dengan kecepatan tertentu dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. Pembangkit listrik tenaga angin dikenal dengan *wind turbin* (turbin angin) dibangun di area-area yang selalu dilalui angin sepanjang tahun. Turbin angin dibangun beberapa unit terpisah

pada suatu area (ladang angin) dalam bentuk tower dengan ukuran yang cukup besar untuk menghasilkan energi listrik dalam jumlah tertentu. Turbin angin dalam ukuran bersar ini memiliki beberapa keterbatasan atau kekurangan yakni; membutuhkan pergerakan angin dalam kecepatan tertentusepanjang tahun, membutuhkan perawatan tinggi dan gelombang bunyi yang ditimbulkan oleh putaran turbin mengganggu fungsi navigator beberapa jenis burung yang melalui area tersebut. Ketika turbin angin dipertimbangkan terintegrasi pada site tertentu, pemahaman tentang arah angin, kecepatan dan frekuensi adalah bagian yang paling penting dari penilaian lokasi (Poerschke, Srebric, 2011).

Tenaga angin seperti sumber energi terbarukan lainnya tersebar luas secara geografis dan terdesentralisasi namun hampir selalu tersedia. Manfaat energi angin adalah sebagai berikut:

1. Tidak perlu mengisi bahan bakar turbin, yang pada gilirannya mengurangi jumlah konsumsi bahan bakar fosil.
2. Energi angin gratis
3. Kemampuan untuk memenuhi sebagian kebutuhan energi listrik
4. Energi angin lebih murah daripada bahan bakar fosil
5. Lebih sedikit biaya saat ini dari biaya investasi energi angin dalam jangka panjang
6. Diversifikasi sumber energi dan ciptakan sistem energi yang berkelanjutan
7. Tidak perlu disiram
8. Tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Organisasi Energi Terbarukan Iran, SUNA dalam (Asadpour et al, 2016))



Gambar 3. 9. Tipe turbin angin

Sumber: (Poerschke, 2011)

Dalam perkembangannya teknologi turbin angin untuk pembangkit listrik tenaga angin dapat direncanakan menjadi bagian dari arsitektur dalam berbagai ukuran dan dapat disesuaikan dengan kecepatan angin rendah (hingga 1 m/s) sehingga bisa lebih efisien dan efektif. Poros pada turbin angin bisa berbentuk vertikal ataupun horizontal. Tipe turbin angin berdasarkan poros dibagi menjadi 2 yakni tipe poros vertikal terdiri dari jenis Darrieus dan jenis Savonius dan tipe poros horizontal.

Turbin angin yang menjadi bagian dalam desain memanfaatkan kecepatan angin yang melalui bangunan, sehingga bisa disesuaikan jenis poros yang akan dipilih (vertikal atau horizontal) dan letaknya pada bangunan. Untuk bangunan berlantai rendah turbin bisa diletakan di *top floor* (lantai paling

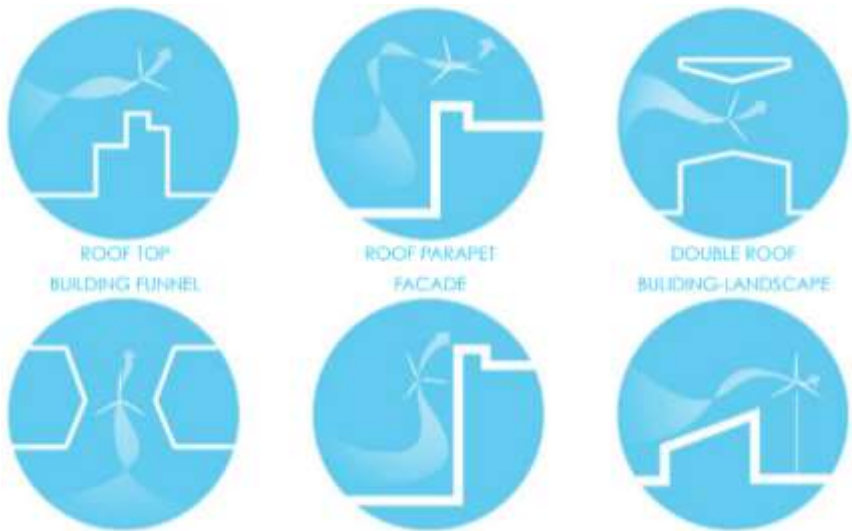
atas), sedangkan untuk bangunan tinggi (*high rise building*) turbin bisa diletakan di badan bangunan.



Gambar 3. 10. *Bahrain World Trade Center*

Sumber: (Asadpour et al, 2016)

Perletakan turbin angin pada desain bangunan disesuaikan dengan karakter angin yang melewati bangunan. Bentuk dan masa bangunan mempengaruhi arah dan laju angin di sekitar bangunan tersebut. Ada enam percobaan strategi mengintegrasikan turbin angin dalam proses pengembangan desain, dapat dilihat dari gambar dibawah ini (Poerschke, 2011).



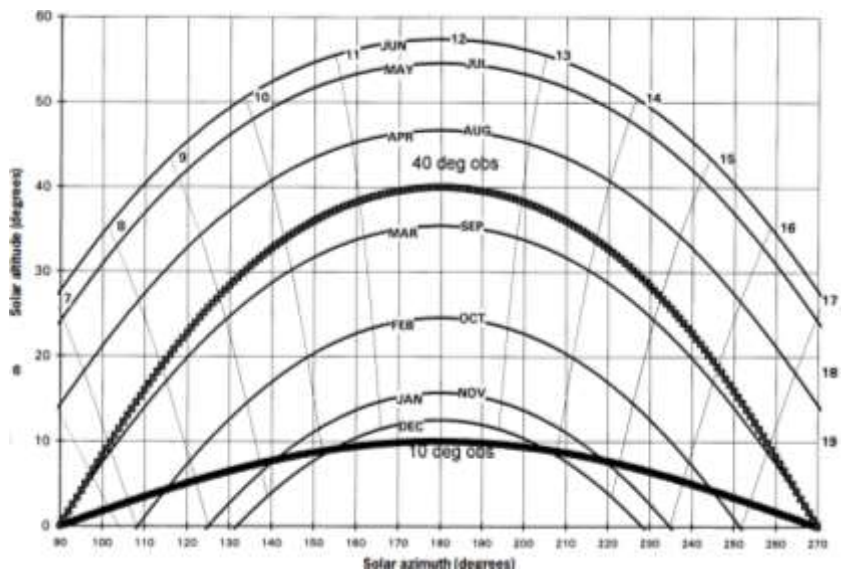
Gambar 3. 11. Tipe turbin angin atap
Sumber: (Poerschke, 2011)

3.2.2 Energi Matahari

Bumi yang bergerak pada porosnya mengakibatkan perubahan waktu siang dan malam, pergerakan ini dikenal dengan rotasi bumi. Pergerakan bumi yang bergerak dari satu titik mengelilingi matahari dan kembali ke titik yang semula dalam waktu satu tahun disebut revolusi. Revolusi bumi mengakibatkan sebuah fenomena yang kita kenal dengan gerak semu matahari dan membuat perbedaan iklim di bumi. Perbedaan iklim di bumi yang dibagi berdasarkan garis lintang terdiri dari iklim tropis, iklim sub tropis, iklim sedang dan iklim dingin.

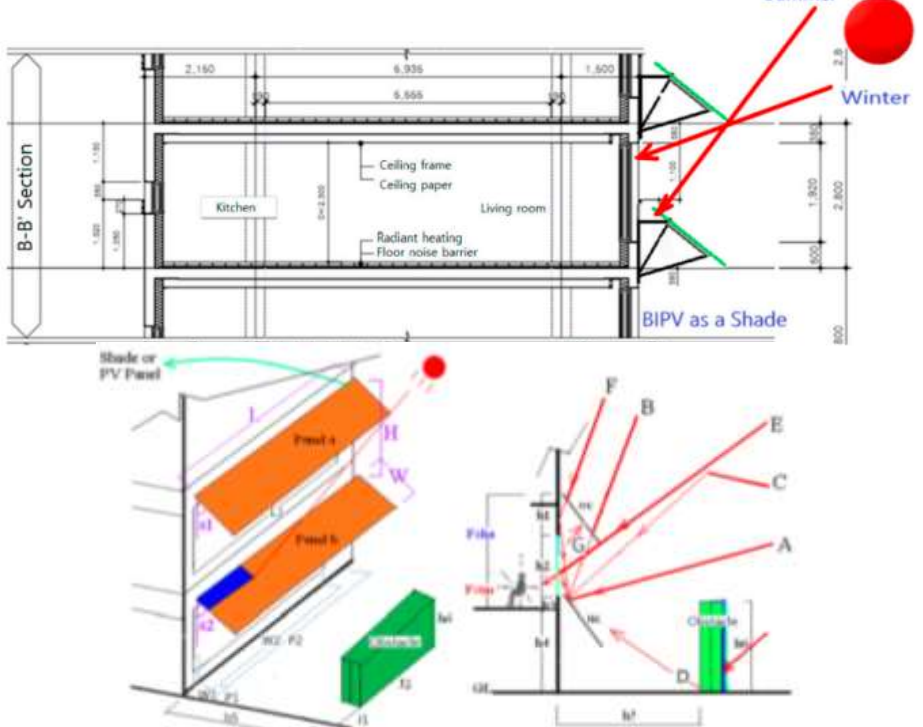
Daerah di wilayah tropis mendapat pancaran sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun sehingga suhu di daerah beriklim tropis ini cenderung lebih hangat dan terdapat 2 musim (musim kemarau dan musim hujan). Daerah beriklim sub tropis mendapat

paparan sinar matahari dalam waktu seperempat tahun sehingga pada daerah ini terdapat 4 musim yakni musim semi, musim gugur, musim panas dan musim dingin. Pada musim panas/kemarau temperatur udara semakin tinggi sehingga akan dirasakan sebagai sesuatu yang membuat tidak nyaman, namun dalam perkembangan teknologi energi panas dari matahari ini dapat diubah menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Pembangkit listrik yang digunakan untuk mengubah energi dari panas matahari menjadi energi listrik adalah panel surya (*solar cell*). Tata letak site bangunan surya pasif sangat penting untuk penempatan panel surya, karena kolektor termal surya sering dipasang di atap, panel-panel ini pada umumnya kurang rentan terhadap bayangan, meskipun orientasi masih menjadi isu penting (Littlefair et al, 2000).



Gambar 3. 12. Diagram jalur matahari untuk garis lintang 55 °, menunjukkan dampak penghalang
 Sumber: (Littlefair et al, 2000)

Sama halnya dengan perkembangan turbin angin, demikian juga panel surya yang awalnya dibangun terlepas sebagai pembangkit listrik dapat dibangun menjadi satu kesatuan dengan bangunan. Panel surya diinstal pada bangunan disesuaikan dengan sudut datang sinar matahari sehingga pada bangunan-bangunan lantai rendah panel surya dipasang di atas atap sedangkan untuk bangunan tinggi di pasang badan bangunan. Konsep yang berkembang dalam penggunaan panel surya yang menjadi bagian bangunan dikenal dengan *solartechture*. *Solartechture* didefinisikan sebagai sejenis bangunan yang terintegrasi fotovoltaiik (*Building Integrated Photovoltaic/BIPV*) di mana bab fotovoltaiik digunakan untuk konsep surya pasif, untuk meminimalkan beban pemanasan dan pendinginan, untuk meningkatkan lingkungan dalam ruangan dan dapat disesuaikan untuk cuaca regional dan terus menerus berhasil budaya arsitektur. Arsitektur surya perlu mempertimbangkan budaya arsitektur dan iklim wilayah melalui konvergensi ekologi. Kriteria ekologi mengarah pada pengoptimalan arsitektur surya melalui konvergensi ekologi kecerdasan pasif dan energi terbarukan sistem (Yoo, Choi, 2021).



Gambar 3. 13. BIPV pada salah satu apartemen di Seoul-Korea Selatan

Sumber: (Yoo, Choi, 2021)

Penggunaan panel surya juga bisa digunakan pada bangunan sederhana untuk kebutuhan energi listrik secara mandiri. Dalam perkembangannya panel surya yang diinstal ke bangunan tidak hanya di atas atap tapi dengan bentuk yang transparan dapat langsung menjadi elemen konstruksi yang multifungsi. Panel surya bisa menjadi material atap ataupun material *skylight* yang bisa langsung digunakan pada bangunan. Membangun panel surya menjadi rumah baru memiliki keunggulan intrinsik dibandingkan membangun panel tepat di atap yang ada (Gevorkian, 2006).



Gambar 3. 14. Instalasi panel surya di atas atap dan instalasi panel surya transparan
Sumber: (Gevorkian, 2006)

3.2.3 Rangkuman

Energi terbarukan merupakan energi bersih yang baik untuk keberlanjutan lingkungan. Dalam desain arsitektur berkelanjutan, pemanfaatan energi terbarukan sebaiknya menjadi bagian dalam desain menjadi bagian dari bangunan. Sumber energi terbarukan yang paling umum didesain menjadi bagian bangunan adalah

energi angin dengan menggunakan turbin angin dan energi matahari dengan menggunakan solar panel.

3.3 Pengolahan Limbah

Aktifitas manusia dalam operasional bangunan umumnya menghasilkan limbah baik padat maupun cair. Bangunan yang digunakan manusia bisa berupa bangunan pribadi (rumah tinggal), ataupun bangunan umum dengan berbagai fungsi (pendidikan, kesehatan, kantor, komersial, industri dan lain-lain). Selain dari aktifitas manusia limbah juga dapat berasal dari hewan ternak yang dipelihara di sekitar rumah ataupun dalam skala yang lebih besar berupa industri peternakan. Limbah bangunan dapat berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah padat berasal dari kotoran manusia untuk bangunan yang digunakan manusia dan berasal dari kotoran hewan untuk fasilitas-fasilitas yang mewadahi aktifitas hewan. Limbah padat juga dapat berasal dari sisa makanan, sisa produksi industri. Sedangkan limbah cair berasal dari penggunaan air bersih untuk kebutuhan masak, cuci, toilet dan berbagai aktifitas industri.

3.3.1 Limbah Padat

Secara umum limbah padat terdiri dari 3 jenis, yakni sampah, limbah sisa makanan dan limbah aktifitas industri:

1. **Sampah**

Sampah dihasilkan oleh aktifitas manusia secara individu ataupun oleh masyarakat luas. Menurut data dari world bank tentang *Plastic Waste Discharges*: sampah plastik yang dihasilkan secara keseluruhan, dengan rata-rata kandungan plastik 18,4%, sampah plastik yang dihasilkan hampir 7,8 juta ton/tahun. Sebagian besar sampah plastik

(58%) tetap tidak terkumpul. Lebih dari sepertiga sampah plastik dikumpulkan secara formal, sementara sebagian kecil sampah plastik dikumpulkan secara informal oleh pemulung perumahan (World Bank, 2021). Dengan produksi sampah mencapai 64 juta ton per tahun, dan komposisi sampah: organik 60%, plastik 15%, kertas 10%, lainnya (metal, kaca, kain, kulit) 15%, pastinya Indonesia sangat potensial untuk pengembangan teknologi proses termal sampah menjadi energi tersebut, teknologi ini selain mengurangi jumlah sampah yang ada, juga menghasilkan energi yang bermanfaat untuk masyarakat (SIPSN, 2020).

Bagi kota-kota berkembang di Indonesia, kota Kupang juga menghadapi masalah sampah yang hari demi hari terus dihasilkan. Produksi sampah masyarakat di kota Kupang melebihi kemampuan manajemen sampah dari pihak petugas kebersihan, sarana prasarana sampah yang tidak memadai ditambah dengan kesadaran masyarakat yang rendah yang masih membuang sampah tidak pada tempatnya.



Gambar 3. 15. Tumpukan sampah di Pantai Warna Oesapa-Kupang

Sumber: (Tapobali, 2022)

Menurut penelitian Sayrani dan Tamunu (Sayrani, Tamunu, 2020), tentang pemecahan masalah pulik dengan studi isu samapah di kota Kupang disimpulkan bahwa:

- Kondisi sampah baik dari segi volume dan pengelolaannya dianggap sebagai persoalan yang terkait dengan aktivitas sosial dan ekonomi warga
- Sampah adalah produksi dan implikasi dari perilaku publik di area publik terutama pasar (area ekonomi), permukiman (area sosial)
- Lemahnya jangkauan kebijakan/program pemerintah untuk mengatasi masalah sampah
- Terjadi paradoks pengelolaan sampah yaitu justru baiknya pengelolaan sampah di area publik dengan akses terbatas seperti kantor pemerintahan dan pusat perbelanjaan
- Persoalan sampah di Kota Kupang berpotensi menghasilkan situasi rendahnya kepedulian masyarakat terkait isu sampah

Sampah padat yang digunakan sebagai bahan bangunan bisa digunakan langsung ataupun dijadikan bahan pencampur (agregat) pembentuk bahan bangunan melalui inovasi-inovasi baru namun dengan konsep sederhana ataupun dengan teknologi baru. Contoh penggunaan sampah tidak langsung untuk bahan bangunan adalah limbah botol plastik yang digunakan sebagai campuran beton. Banyaknya limbah plastik kemasan air mineral yang dihasilkan baik dari limbah sampah rumah tangga maupun tempat-tempat pengelolaan sampah menimbulkan upaya untuk memanfaatkan atau mendaur ulang limbah tersebut agar

dapat dijadikan sesuatu yang bermanfaat dalam kaitannya sebagai bahan pengganti sebagian material pembentuk utama pada campuran beton serta menjadi alternatif bahan konstruksi yang ramah lingkungan (Handayasari, 2017). Penggunaan lain sampah tidak langsung adalah bata kaca daur ulang, limbah kaca didaur ulang dan menjadi batu bat atransparan. Limbah kaca yang dimanfaatkan untuk konstruksi akan membantupengurangan volume sampah kaca yang masuk ke TPA dan selanjutnya merupakan potensi penurunanjumlah agregat alam yang dibutuhkan untuk konstruksi (Ogundairo et al, 2019).

Contoh penggunaan sampah secara langsung sebagai bahan bangunan yang paling populer karena mudah diterapkan dengan biaya yang lebih rendah. Botol minuman merupakan salah satu sampah yang cukup populer digunakan menjadi bahan bangunan. Di Thailand terdapat sebuah kuil yang dibangun dari jutaan botol bir yang dikumpulakn oleh para biksu dengan bantuan masyarakat sekitar untuk membangun kuiltersebut. Pembangunan kuil ini dimulai pada tahun 1984 oleh para biarawan. Karena banyaknya sampah yang berceceran di area sekitar kuil, para biarawan kemudian mengadakan program '100 botol bir di dinding' untuk upaya daur ulang. Penduduk setempat diminta mengumpulkan 100 botol bekas bir untuk kemudian dipasang di dinding kuil (Setyorini, 2014).



Gambar 3. 16. Penggunaan sampah botol, Kuil Botol-Thailand
Sumber: (Setyorini, 2014)

Selain botol minuman cup es krim juga bisa digunakan sebagai dinding bangunan seperti yang digunakan pada dinding Microlibrary di kota Bandung.



Gambar 3. 17. Penggunaan cup es krim sebagai dinding
Microlibrary – Bandung
Sumber: Penulis

2. Limbah sisa makanan

Limbah sisa makanan merupakan sampah organik dengan persoalan tersendiri karena mengandung banyak bakteri yang mudah disebar oleh lalat dan akhirnya menjadi sumber penyakit. Selain bakteri, masalah limbah dari sisa makanan ini adalah masalah bau tidak sedap yang sangat mengganggu serta menjadi polusi udara. Sisa makanan bersumber dari setiap rumah tangga, warung, pasar, restoran ataupun hotel dengan skala yang lebih besar. Bila dilihat dengan cara pandang ekologis maka sampah sisa makanan ini dapat menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan kembali, baik itu untuk pupuk kompos ataupun biogas.

3. Limbah aktifitas industri

- Limbah *Biodegradable* (*biodegradable waste*)

Limbah *biodegradable* adalah semua limbah yang dapat hancur atau terurai oleh organisme hidup lainnya dan berasal dari tumbuhan atau hewan.

- Limbah daur ulang (*Recyclable waste*)

Setiap bahan limbah yang dapat digunakan kembali untuk tujuan yang bermanfaat sering disebut sebagai limbah yang dapat didaur ulang. Ini adalah metode merenovasi bahan limbah menjadi bahan dan benda baru dan berguna atau menggunakannya kembalisesecara keseluruhan.

- *Inert*

Inert adalah setiap jenis sampah yang tidak dapat diuraikan secara biologis atau reaksi kimia dan tidak dapat terurai, konsentrasinya mencakup hingga 50% dari total limbah yang dihasilkan dan mengandung banyak jenis polutan sekunder yang berbahaya bagi

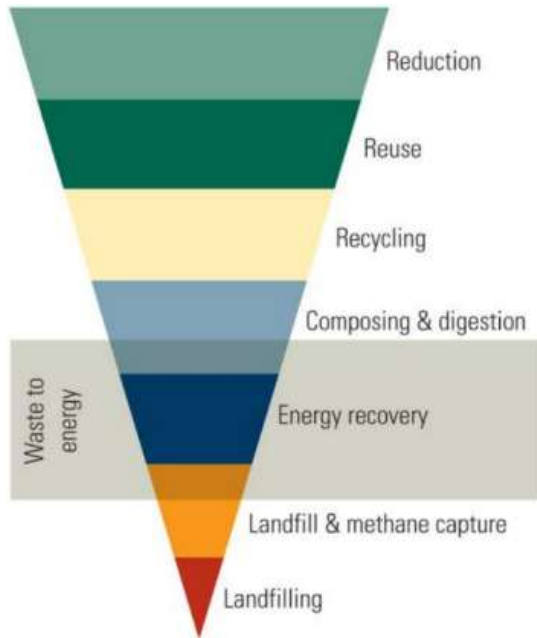
kesehatan. Limbah *inert* termasuk limbah pembongkaran, plastik, karet, keramik dan puing-puing dll.

- *E-waste*

E-waste adalah limbah elektronik dari perangkat listrik yang dibuang. Komponen elektronik mengandung bahan yang berpotensi berbahaya seperti sebagai timbal, kadmium, berilium atau penghambat api brominasi, semua ini beresiko terhadap kesehatan. Ada yang mengkategorikan e-waste ke dalam enam kategori, yaitu: (1) Peralatan penukar suhu (AC, *freezer*), (2) Layar dan monitor, (3) Lampu, (4) Peralatan besar (mesin cuci, kompor listrik), (5) Peralatan kecil (*microwave*, alat cukur listrik), dan (6) Peralatan IT dan telekomunikasi kecil (ponsel, printer).

3.3.2 Manajemen Limbah Padat

Manajemen limbah padat menjadi hal yang serius karena peningkatan dan penumpukan limbah padat yang membebani lingkungan terus bertambah. Pengelolaan sampah padat terpadu mengambil pendekatan keseluruhan untuk menciptakan sistem berkelanjutan yang terjangkau secara ekonomi, dapat diterima secara sosial dan efektif terhadap lingkungan. Sistem pengelolaan limbah padat yang terintegrasi melibatkan penggunaan berbagai metode pengobatan yang berbeda dan kunci untuk fungsi tersebut adalah sebuah sistem pengumpulan dan penyortiran dari limbah (Katiyar, 2016).



Gambar 3. 18. Hirarki lingkungan untuk pengelolaan limbah padat

Sumber: (Katiyar, 2016)

3.3.3 Limbah Cair

Limbah cair merupakan limbah hasil aktifitas manusia di toilet, dapur atau tempat cuci baik dalam skala kecil pada hunian hingga pada skala industri:

1. *Black water*

Black water didefinisikan sebagai jenis air kotor yang berasal dari kloset yang disertai limbah padat ataupun air dari bidet dan urinoir sedangkan *greywater* adalah air limbah dari kegiatan rumah tangga non kakus (memasak atau mencuci). Secara umum penanganan limbah dari kotoran

manusia menggunakan *septictank* yang menampung kotoran padat dari toilet dan diuraikan oleh bakteri pengurai secara alami. Namun dalam skala besar pada fasilitas-fasilitas besar seperti hotel, apartemen, rumah sakit, kantor dan fasilitas lainnya dengan jumlah pengguna bangunan yang banyak maka limbah padat manusia sebaiknya diolah menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan kembali untuk operasional fasilitas tersebut.

2. Limbah domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah jenis ini dikenal juga dengan istilah *graywater*. Proses pengolahan limbah setempat (onsite) dan pengolahan limbah terpusat. Puji Retno Wulandari dalam penelitian "*Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju-Sumatera Selatan)*" (Wulandari, 2014), menyatakam pemilihan proses pengolahan air limbah domestik yang digunakan didasarkan atas kriteria yang diinginkan antara lain:

- Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu air limbah domestik yang disyaratkan
- Pengelolaannya harus mudah
- Lahan yang diperlukan tidak terlalu besar
- Konsumsi energi sedapat mungkin kecil
- Biaya operasinya rendah
- Lumpur yang dihasilkan sedapat mungkin kecil
- Dapat digunakan air limbah dengan beban BOD (Biochemical Oxygen Demand) yang cukup besar

- Dapat menghilangkan padatan tersuspensi atau SS (Suspended Solid) dengan baik
- Dapat menghilangkan amoniak samapai mencapai standar baku mutu yang berlaku
- Perawatannya mudah dan sederhana.

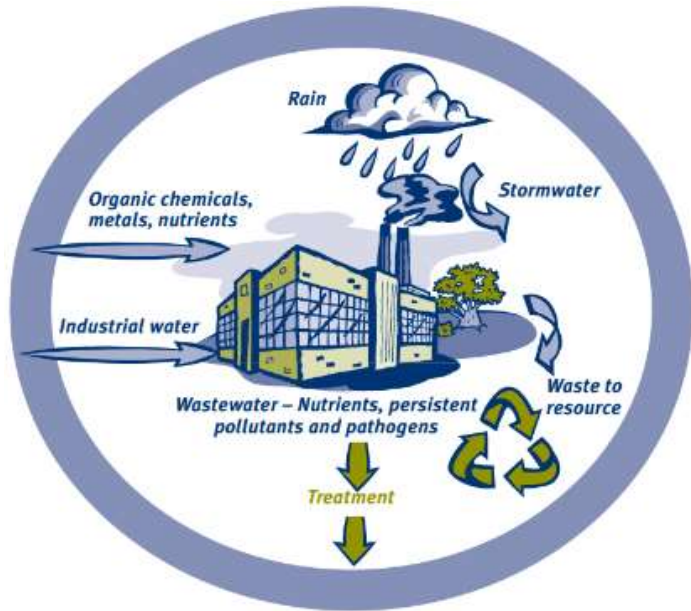


Gambar 3. 19. Sistem air limbah domestik
Sumber: (Ferguson & Dakers, 2003)

Pengelolaan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun dengan bantuan peralatan. Pengolahan air limbah secara alamiah biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi merupakan kolam yang digunakan untuk mengolah air limbah secara alamiah. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk pengelolaan air limbah di daerah tropis dan negara berkembang sebab biaya yang diperlukan untuk membuatnya relatif murah tetapi membutuhkan area yang luas retention time (waktu tinggal) yang cukup lama (20-50 hari). Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik (*anaerobic pond*) kolam fakultatif (*facultative pond*) dan kolam maturasi (*anaerobic/maturation pond*). Kolam anaerobik biasanya digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan bahan organik yang sangat pekat, sedangkan kolam maturasi biasanya digunakan untuk memusnakan mikro organisme di dalam air limbah (Mubin, Binilang, & Halim, 2016).

3. Limbah aktifitas industri

Pengolahan limbah adalah usaha-usaha teknis untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang terlarut di dalam air limbah atau mengurangi sampai batas yang tidak berbahaya bagi kesehatan. Pengolahan limbah industri dengan sistem yang memproses air limbah dari sebuah unit industri seperti pabrik, sistem ini seperti sistem rumah tangga yang diperpanjang dari proses industri hingga teknologi dan proses pengembalian air limbah yang telah diproses ke ekosistem (Ferguson & Dakers, 2003).



Gambar 3. 20. Sistem air limbah industri
Sumber: (Ferguson & Dakers, 2003)

3.3.4 Manajemen Limbah Cair

Pengolahan limbah adalah usaha untuk mengurangi atau menstabilkan zat-zat pencemar sehingga saat dibuang tidak membahayakan lingkungan dan kesehatan (Wulandari, 2014). Untuk melakukan studi pengelolaan air limbah yang berkelanjutan, diperlukan pendekatan holistik yang mempertimbangkan dampak lingkungan dan biaya dari sistem yang akan digunakan. Dalam kasuspemilihan sistem pengolahan, digunakan beberapa indikator, antara lain pembuangan limbah hinggabadan air, jumlah lumpur yang dihasilkan, penggunaan energi listrik, bahan berbahaya, serta investasi, biaya operasional dan pemeliharaan yang digunakan (Ali, Lestari, & Putri, 2020)

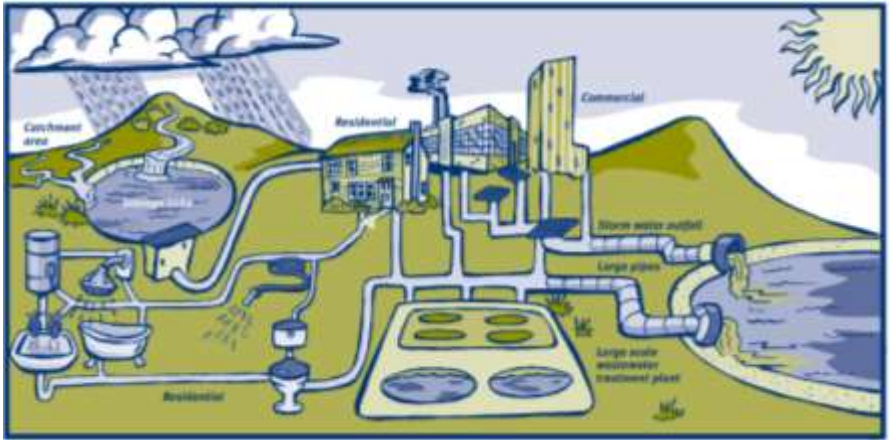
1. IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)

Seluruh air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik yaitu air limbah dapur, air limbah kamar mandi, air limbah pencucian, air limbah wastafel, air limpasan dari tangki *septiktank* dan air limbah lainnya, seluruhnya dialirkan ke sebuah sistem pengolahan terpusat dengan sistem biofilter anaerob-aerob (Mubin, Binilang, & Halim, 2016).

2. Pendekatan sistem untuk pengelolaan air limbah

- Sistem konvensional air limbah

Sistem konvensional penanganan air dibangun untuk mengarahkan setiap limbah ke satu pembuangan tanpa melalui suatu penanganan tertentu. Infrastruktur air limbah sering dirancang sedemikian rupa air limbah industri (dengan semua komponen beracunnya) dicampur dengan air limbah domestik pribadi kita. Semua ini umumnya disalurkan ke satu titik dalam ekosistem komunitas, semua air limbah dengan campuran nutrisi bercampur dengan bahan kimia beracun dan organisme patogen menuju ke satu titik untuk kembali ke alam. Air hujan biasanya tidak masuk ke dalam sistem yang sama dengan sistem air limbah, tetapi diarahkan ke saluran air terdekat, tidak melalui instalasi pengolahan air limbah, dengan demikian tidak mengejutkan bahwa ada masalah ekologi (Ferguson & Dakers, 2003).



Gambar 3. 21. Sistem air limbah konvensional

Sumber: (Ferguson & Dakers, 2003)

- Sistem berkelanjutan air limbah

Sistem berkelanjutan untuk penanganan air limbah untuk menyelesaikan masalah ekologi yang tidak dapat diselesaikan oleh sistem konvensional. Pendekatan sistem berkelanjutan adalah untuk mengevaluasi keseluruhan sistem dalam hubungannya dengan sosial, budaya, lingkungan ekonomi dan ekologi di mana sistem itu berada. Pengelolaan air limbah juga terkait dengan pasokan air dan layanan air hujan. Secara khusus, lebih baik pengelolaan sumber daya air, air hujan dan air limbah sering dapat dicapai dengan mengatasi total sistem air perkotaan (Ferguson & Dakers, 2003).



Gambar 3. 22. Sistem air limbah yang berkelanjutan
Sumber: (Ferguson & Dakers, 2003)

3.3.5 Konsep Zero Waste

Arsitektur berkelanjutan tidak hanya berbicara tentang desain arsitektur tetapi juga membahas tentang konsep-konsep yang mendukung keberlanjutan arsitektur tersebut ditengah-tengah lingkungan untuk generasi mendatang. Konsep *zero waste* dapat dipahami sebagai sebuah konsep yang dimulai dari proses produksi, operasional dan penggunaan kembali sehingga materi yang dipakai tidak sampai menjadi sampah tetapi sudah mendapat penanganan. *Zero waste* adalah konservasi semua sumber daya melalui produksi, konsumsi, penggunaan kembali, dan pemulihan produk, pengemasan, dan bahan yang bertanggung jawab tanpa pembakaran dan tanpa pembuangan ke tanah, air, atau udara yang mengancam lingkungan atau kesehatan manusia (ZWIA, 2018).

Saat ini strategi *zero waste* telah diadopsi sebagai instrumen untuk sirkuler ekonomi oleh beberapa organisasi yang berbeda. Ini melewati pesan untuk memanfaatkan sumber daya yang dapat

berasal dari sampah, seperti bahan kering yang dapat didaur ulang dan organik. Beberapa kota telah mengadopsi strategi *zero waste* untuk mengurangi sampah daur ulang yang dulunyadibuang ke tempat pembuangan akhir atau dibakar di incinerator (Moreira, 2021).

Zero waste concept adalah modifikasi penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan untuk mendefinisikan ulang limbah dalam kehidupan manusia atau dapat dikatakan sebuah konsep pengkerucutan dari ekologi arsitektur yang di dalamnya terdapat poin-poin penting mengenai peningkatan ekologi lahan, manajemen dan konservasi air, strategi kesejahteraan masyarakat, dan manajemen lingkungan bangunan (Abdullah, 2016). Pengelolaan sampah rumah tangga berbasis *zero waste* secara mandiri diawali dengan melakukan pemilahan terhadap sampah; pengomposan terhadap sampah organik (basah) yang dihasilkan dan pengumpulan terhadap sampah anorganik layak jual, aspek sosial budaya juga berperan dalam tercapainya pelaksanaan pengelolaan sampah berbasis *zero waste* secara mandiri yaitu adanya *agent of change* sekaligus *block leader* di dalam lingkungan rumah yang menyebarkan informasi dan memotivasi anggota keluarga yang lain untuk melakukan pengelolaan sampah terutama dalam pemilahan sampah (Riali, 2020)

3.3.6 Rangkuman

Komponen arsitektur berkelanjutan tidak terlepas dari pengolahan limbah dari operasional bangunan tersebut. Limbah yang dihasilkan dari berbagai aktifitas manusia berupa limbah padat dan limbah cair harus mendapat penanganan khusus agar tidak menjadi beban bagi lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Penanganan limbah harus melalui manajemen limbah yang berkelanjutan dengan sistem yang terintegrasi.

3.4 Konservasi Air Bersih Dan Penggunaan Air Hujan

Air bersih merupakan mineral penting untuk kehidupan manusia, baik untuk keperluan konsumsi maupun untuk aktifitas sehari-hari (mandi dan cuci). Perubahan iklim mempengaruhi perubahan pola hujan yang mana beberapa daerah mendapat curah hujan yang tinggi sedangkan beberapa daerah mendapat kemarau yang lebih panjang. Kondisi ini menyebabkan debit air tanah menjadi berkurang sedangkan kebutuhan pemakaian oleh masyarakat terus bertambah. Dengan demikian dibutuhkan konservasi air bersih untuk tetap menjaga ketersediaan air bersih serta adanya pemanfaatan air hujan secara bijak sehingga dapat menjadi cadangan pada musim kemarau.

Konservasi air bersih dapat dilakukan dengan pelestarian lingkungan untuk menjaga cadangan air tanah ataupun dengan metode panen air hujan pada bangunan. Kegiatan konservasi pada skala urban dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, terutama pada skala urban mempengaruhi ketersediaan cadangan air bersih karena kebutuhan yang begitu tinggi. Jumlah penduduk yang terus bertambah mempengaruhi kebutuhan akan hunian dengan dukungan berbagai infrastruktur pendukung sehingga banyak lahan dibuka untuk membangun semua fasilitas ini. Vegetasi yang berfungsi menjaga cadangan air dibabat untuk kebutuhan pembukaan lahan sehingga kondisi ini semakin memperburuk ketersediaan cadangan air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

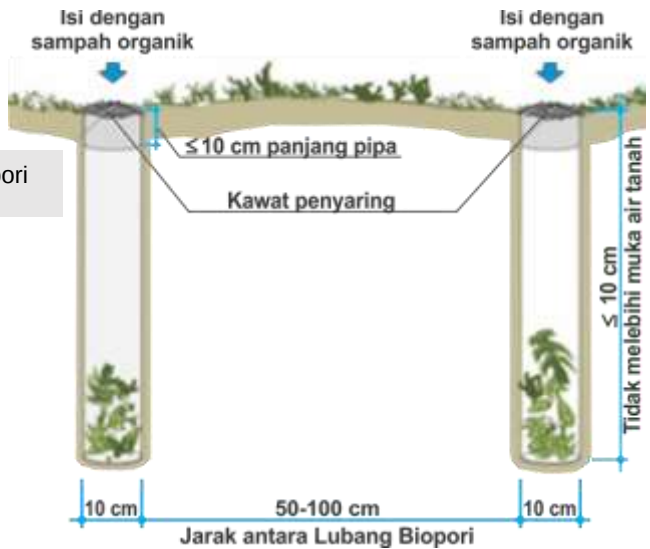
3.4.1 Konservasi Air Bersih

Konservasi air melalui pengelolaan yang efektif dan penggunaan yang efisien merupakan kegiatan yang sangat dibutuhkan dan mendesak. Pengelolaan air berdasarkan keberadaannya sebagai sumber daya alam adalah merupakan bagian dari program konservasi air yang secara utuh memelihara, merehabilitasi, menjaga dan memanfaatkan sumber-sumber air yang ada secara efektif dan efisien terhadap kesejahteraan masyarakat (Sallata, 2015). Konservasi, efisiensi, dan penggunaan kembali air menjadi semakin penting seiring dengan bumi menghadapi penurunan permukaan air tanah dan air permukaan, kekeringan dan perubahan pola iklim. Tujuan konservasi SDA (Sumber Daya Air) adalah untuk menjamin ketersediaan air dan keberlanjutannya sehingga memberikan manfaat secara adil kepada masyarakat, melindungi dan menjamin pemenuhan hak rakyat atas air (Noriko, 2020). Konsep konservasi sumber daya air dengan memperlambat aliran limpasan air hujan dan mengendalikan agar dapat meresap ke dalam tanah melalui bangunan resapan baik buatan maupun alami seperti kolam tandon, sumur-sumur resapan, biopori, dan lainnya (Bahunta & Waspodo, 2019).

1. Sumur resapan dengan talang dari bangunan



2. Lubang biopori



Gambar 3. 23. Sumur resapan dangkal dengan talang dari bangunan dan lubang biopori
Sumber: (Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2020)

Kebutuhan air bersih sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk namun bertolak belakang dengan kelestarian lingkungan dan ketersediaan cadangan air tanah akibat perubahan iklim yang terjadi. Di Indonesia beberapa daerah mengalami hari hujan yang panjang sedangkan beberapa daerah mengalami kemarau yang panjang. Daerah Nusa Tenggara Timur contohnya sering mengalami kemarau yang panjang dan mengakibatkan kekeringan. Air bersih menjadi persoalan bagi kabupaten dan kota di Provinsi NTT akibat dari kerusakan ekosistem hutan dan daerah aliran sungai (DAS). Pemerintah juga tidak melindungi sumber-sumber mata air melalui peraturan daerah. Permasalahan air bersih di Kota Kupang telah lama dirasakan oleh masyarakat dan sampai sekarang belum juga mendapat penyelesaian serius. Berbagai faktor mempengaruhinya seperti debit sumber air baku yang menurun, peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk di perkotaan akibat urbanisasi serta buruknya kemampuan manajerial operator air minum (Rosary, 2021).



Gambar 3. 24. Warga Desa Balawelin, Flores Timur
mengambil air di sumur air payau
Sumber: (Rosary, 2021)

Berdasarkan data Susenas tahun 2019, rumah tangga yang minum dari sumber yang layak (sebagian besar bersumber dari sumur dan mata air terlindung) baru mencapai 58,58 persen. Kondisi ini tidak terlepas dari jumlah curah hujan yang rendah serta kondisi geografi yang berpengaruh pada minimnya ketersediaan air di provinsi Nusa Tenggara Timur (Soga, 2019). Selain itu masalah lain yang mempengaruhi pelayanan air bersih yang minim ke masyarakat adalah tingkat kebocoran penyaluran air bersih oleh perusahaan air bersih, dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2. Volume Air yang Disalurkan dan yang Bocor pada Perusahaan Air Bersih di Nusa Tenggara Timur Menurut Kategori Pelanggan 2014-2015 dan 2017-2019 (ribu m³)

Kategori Pelanggan	2014	2015	2017	2018	2019
Sosial	1.197	1.024	718	738	771
Non Niaga	22.605	23.554	22.480	22.283	36.439
Niaga dan Industri	3.111	3.159	2.136	1.625	1.889
Khusus	128	317	276	303	218
Bocor dalam Penyaluran	-	5.240	1.196	1.547	5.207
Jumlah	27.041	33.294	26.806	26.496	34.586

Sumber: (Soga, 2019)

Contoh lain adalah Jakarta, daerah ini mendapat curah hujan yang tinggi dengan dilalui beberapa daerah aliran sungai tetapi karena jumlah penduduk dengan kebutuhan yang tinggi mengakibatkan penggunaan air tanah lebih banyak dari kemampuan tanah untuk menyimpan cadangannya. Pengambilan air tanah yang secara signifikan lebih besar dibandingkan dengan kemampuan tanah untuk meresap air dan mengisi kembali cadangan air tanah, menyebabkan turunnya cadangan air tanah dan mempercepat penurunan muka tanah (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012). Hal ini juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah yang lebih sedikit dibanding dengan daerah yang ditutupi perkerasan dan bangunan.



Gambar 3. 25. Kondisi banjir Jakarta 2007-2015

Sumber: (Merdeka, 2020)

Tabel 3. Data banjir Jakarta 2013-2020

Tahun	Curah hujan tertinggi saat banjir (mm/hari)	Area Terdampak		
		RW Tergenang	Luas Area Tergenang (km ²)	Area Strategis
2020	377	390	156	Tidak
2015	277	702	281	Ya
2013	100	599	240	Ya
2007	340	955	455	Ya
Pengungsi		Korban Meninggal	Waktu Surut >95% Genangan (hari)	
Jumlah Pengungsi	Jumlah Lokasi Pengungsi			
31.232	269	19	4	
45.813	277	5	7	
90.913	1.250	40	7	
276.333	N.A	48	10	

Sumber: (Merdeka, 2020)

3.4.2 Penggunaan Air Hujan

Air hujan yang turun ke bumi dibedakan atas 2 jenis yakni air hujan yang turun ke area terbuka, dikenal dengan *stormwater* dan hujan yang turun di atap dan dipanen/ditampung, dikenal dengan *rainwater*. *Stormwater* adalah air yang berasal dari curah hujan dan mengalir dari wilayah daratan, termasuk hujan yang jatuh di atas atap, diarahkan melalui selokan dan pipa bawah ke tanah atau ke saluran pembuangan, serta hujan yang jatuh di area permukaan

tanah ataupun di permukaan perkerasan dan halaman rumput. Sedangkan *rainwater* hanya mengarah pada hujan yang jatuh di atap dan ditampung ke dalam penyimpanan sebelum mengenai tanah. Kualitas *rainwater* sedikit lebih tinggi karena tidak bersentuhan dengan tanah yang mana memiliki banyak kontaminan, bahan organik, kandungan zat kimia pupuk dari kebun, residu minyak di jalan, zat kimia dari puntung rokok yang dibuang sembarangan dan sejenisnya.



Gambar 3. 26. Sistem distribusi air hujan

Sumber: (EME Grup, 2005)

Sistem penampungan air hujan sering dikenal dengan istilah panen air hujan (*rain water harvesting*). Sistem pengumpulan air hujan mengalihkan air hujan ke tangki penyimpanan. Sistem *run-off* dapat diinstal pada atap dan permukaan kedap air lainnya. Air yang dipanen dapat digunakan untuk kebutuhan selain konsumsi seperti pembilasan toilet, mesin cuci, irigasi, menara pendingin atau keperluan pembersihan umum (Styles, Schönberger, &

Martos, 2013). Besarnya potensi air hujan yang dapat di tampung dapat di tentukan dengan persamaan debit andalan berdasarkan intensitas curah hujan, koefisien pengaliran dan luasnya area tangkapan yang digunakan untuk memanen dalam hal ini area tangkapan yang digunakan adalah luas area atap rumah.

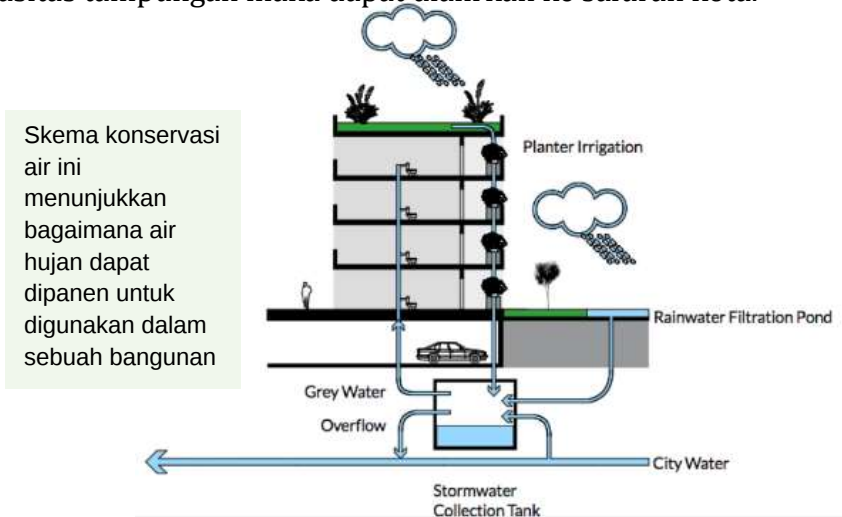


Gambar 3. 27. Panen air hujan dengan atap parkir
Sumber: (Styles, Schönberger, & Martos, 2013)

Air hujan sebelum dilakukan pengolahan memiliki beberapa parameter yang tidak memenuhi syarat untuk dijadikan air bersih atau air minum diantaranya nilai pH, Warna, Kekeruhan, Flouride, dan mikrobiologi (Nurdin, Lembang, & Kasmawati, 2019). Air hujan yang ditampung sangat membantu dari segi ekonomi karena dapat menghemat penggunaan air yang dialirkan dari perusahaan

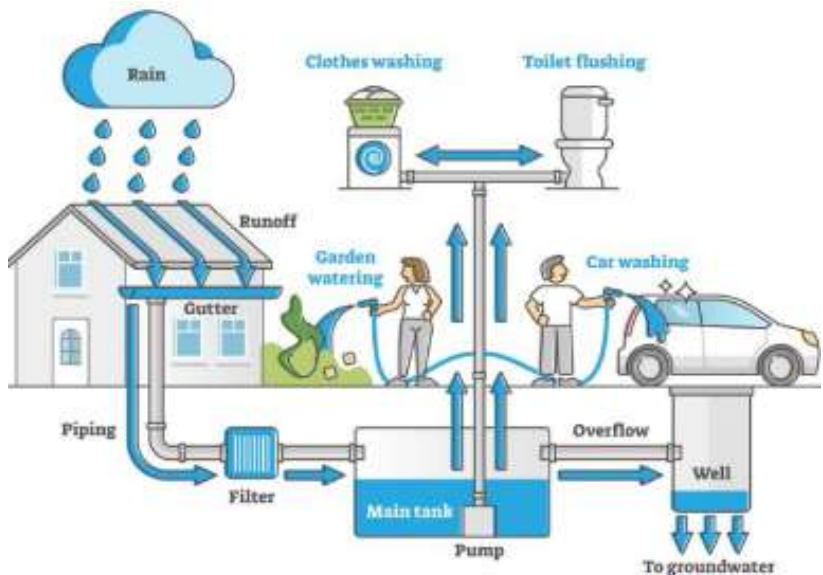
air bersih. Selain itu pada musim kemarau air tampungan ini dapat menjawab kurangnya ketersediaan air yang disediakan oleh perusahaan air bersih ataupun dari sumber-sumber air disekitar (sumur atau mata air).

Pada prinsipnya sistem panen air hujan bekerja untuk menampung air dari atap bangunan untuk digunakan kembali. Sistem panen air hujan dapat dibedakan berdasarkan kompleksitasnya untuk bangunan besar (bangunan tinggi atau bangunan bentangan lebar) dan bangunan sederhana. Umumnya sistem pada bangunan besar sudah harus terkoneksi dengan sistem penanganan air hujan dalam skala urban. Tempat penampungan disediakan untuk air jenis *graywater* dan air hujan untuk kemudian mendapat penanganan khusus (*treatment*) agar dapat digunakan kembali. Jika air dalam tampungan melebihi kapasitas tampungan maka dapat dialirkan ke saluran kota.



Gambar 3. 28. Skema konservasi air bangunan tinggi
Sumber: (Auckland Council, 2003)

Sistem panen air hujan pada bangunan kecil lebih sederhana dan cukup singkat alur distribusi air hujan hingga penggunaan kembali. Air hujan yang dipanen disaring sebelum masuk ke penampungan. Dari penampungan langsung dipompa kran untuk penggunaan kembali. Debit air yang melebihi kapasitas dilimpahkan ke sumur resapan untuk mendukung keseimbangan debit air tanah.



Gambar 3. 29. Skema konservasi air bangunan sederhana (panen air hujan)

Sumber: (Zucker, 2021)

3.4.3 Rangkuman

Konservasi air bersih dan penggunaan air hujan memberi dukungan langsung bagi arsitektur yang berkelanjutan. Konservasi air bersih bertujuan menjaga keseimbangan cadangan air tanah

yang tersedia di lingkungan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar. Kelestarian lingkungan ikut mendukung konservasi air bersih dengan memperhatikan permukaan tanah sebagai media penyerapan air dan vegetasi sebagai media filtrasi. Untuk air hujan yang jatuh ke atap ditampung dan digunakan untuk kebutuhan mencuci dan berkebun.

c

Tabel Rubrik penilaian

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
Konsep 50%	Mampu menjelaskan pemanfaatan material ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan, pengolahan limbah dan konservasi air bersih secara lengkap	Mampu menjelaskan pemanfaatan material ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan, pengolahan limbah dan konservasi air bersih	Mampu menjelaskan pemanfaatan material ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan	Kurang mampu menjelaskan pemanfaatan material ramah lingkungan
Responsi 50 %	Bisa mengamati masalah lingkungan	Bisa mengamati masalah lingkungan	Bisa mengamati masalah lingkungan	Kurang bisa mengamati masalah

	di kota Kupang dan membuat konsep desain arsitektur berkelanjuta n yang inovatif	di kota Kupang dan membuat konsep desain arsitektur berkelanjuta n	di kota Kupang	lingkungan di kota Kupang
--	--	---	-------------------	---------------------------------

INSTRUKSI TUGAS

Baca bab 3 secara saksama dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan pemahaman Anda tentang material ramah lingkungan!
2. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis material ramah lingkungan dan pemanfaatannya!
3. Jelaskan pemahaman Anda tentang sumber energi terbarukan yang didesain menjadi bagian dari bangunan!
4. Jelaskan penggunaan turbin angin dan solar panel dalam desain bangunan!
5. Jelaskan pemahaman Anda tentang limbah padat dan limbah cair!
6. Jelaskan cara penanganan atau manajemen limbah pada bangunan!
7. Jelaskan pemahaman Anda tentang konsep *zero waste*!
8. Jelaskan pemahaman Anda tentang konservasi air bersih!
9. Jelaskan pemahaman Anda tentang penggunaan air hujan!

REFLEKSI MAHASISWA

1. Apa yang telah dipelajari dari Bab 3 ini? Seberapa pentingkah hal yang dipelajari ini dalam hubungan dengan pemahaman Anda tentang penerapan arsitektur berkelanjutan?
2. Apa yang harus dipelajari selanjutnya setelah mempelajari penerapan arsitektur berkelanjutan?

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. R. (2016). Rusunami Arjuna Eco-Housing Dengan Pendekatan Zero Waste Concept. *Jurnal Reka Karsa*, 1-11.
- Ali, F., Lestari, D. L., & Putri, M. D. (2020). Eco-Friendly Toilet for Sustainable Wastewater Management in Tourism Area. *The 1st JESSD Symposium: International Symposium of Earth, Energy, Environmental Science and Sustainable Development* (pp. 1-10). Jakarta: EDP Sciences.
- Anderson, W. (2020). *Energy Resources: Renewable and Nonrenewable* . Retrieved from Schoolworkhelper: <https://schoolworkhelper.net/energy-resources-renewable-nonrenewable/>
- Asadpour et al. (2016). Using Wind Turbines in High-Rise Buildings in the Development of Sustainable Architecture (Case Study: Kish Island). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 1069-1084.
- Auckland Council. (2003). *Apartemen Building Design*. Retrieved from Auckland Design Manual: <https://www.aucklanddesignmanual.co.nz/sites-and-buildings/apartments/guidance/the-building/sustainable-design/water-conservation#/sites-and-buildings/apartments/guidance/the-building/sustainable-design/water-conservation>
- Bahunta, L., & Waspodo, R. S. (2019). Rancangan Sumur Resapan Air Hujan sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor. *JSIL Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 37-48.
- Benu, A. (2016, Januari 3). *Alessandro Del Piero Hadir di Gereja Sasi Kefamenanu*. Retrieved from Pos-Kupang.com: <https://kupang.tribunnews.com/2016/01/03/alessandro-del-piero-hadir-di-gereja-sasi-kefamenanu>

- Boli, B., Lapenangga, A. K., & Arakian, D. (2021). Hubungan material dan bentuk ume kbubu (rumah masyarakat Fatumnasi). *Jurnal Arsitektur Pendapa*, 13-22.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. (2020, November 19). *Konservasi Air Dengan Lubang Resapan Biopori dan Sumur Resapan Biopori dan Sumur Resapan*. Retrieved from Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang: <https://dlh.semarangkota.go.id/konservasi-air-dengan-lubang-resapan-biopori-dan-sumur-resapan/>
- Eicker, U. (2003). *Solar Technologies for Buildings*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- EME Grup. (2005). *Water Conservation in Architecture*. Melbourne: EME Grup.
- Ferguson, G., & Dakers, A. (2003). *Sustainable Wastewater Management*. Wellington: Ministry for the Environment.
- Gevorkian, P. (2006). *Sustainable Energy System in Architecture Design: A Blue Print for Green Building*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Handayasari, I. (2017). Studi Alternatif Bahan Konstruksi Rumah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Pada Campuran Beton. *Politeknologi*, 1-6.
- Ibrahim, Ardianta. (2016). Penerapan Near Zero-Net Energy Terhadap Bangunan Hunian Apartemen. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 63-65.
- Katiyar, M. (2016). Solid Waste Management. *Journal of Construction and Building Materials Engineering*, 1-6.
- Littlefair et al. (2000). *Environmental Site Layout Planning: solar access, microclimate and passive cooling n urban areas*. London: Building Research Establishment Ltd.

- Merdeka. (2020, Januari 12). *Membandingkan Data Banjir Jakarta pada 2013, 2015 dan 2020*. Retrieved from Merdeka.com: <https://www.merdeka.com/jakarta/membandingkan-data-banjir-jakarta-pada-2013-2015-dan-2020.html>
- Moreira, G. A. (2021). Zero Waste Strategy for a Green Campus. *Journal of Sustainability Perspectives*, 367-373.
- Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. (2016). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik* , 211-223.
- Noriko, N. (2020). *Konservasi Air di Permukiman Padat Wilayah Perkotaan*. Jakarta Selatan: UAI Press.
- Nurdin, A., Lembang, D., & Kasmawati. (2019). Model Pemanenan dan Pengolahan Air Hujan Menjadi Air Minum. *Jurnal Teknik Hidro*, 11-19.
- Ogundairo et al. (2019). Sustainable use of recycled waste glass as an alternative material for building construction – A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (pp. 1-12). Bali: IOP Publishing.
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. (2012). *Panduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau: Vol.5 Efisiensi Air*. Jakarta: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.
- Poerschke, S. (2011). *Wind Turbin Integration In Architecture And The Built Environment*. Pennsylvania: Pennstate.
- Poerschke, Srebric. (2011). *Wind Turbine Integration In Architecture*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University.
- Riali, M. (2020). Pengelolaan Sampah Kota Berdasarkan Konsep Zero Waste. *Pondasi*, 63-86.
- Rosary, E. d. (2021, Mei 1). *NTT Alami Krisis Air Bersih. Apa yang Harus Dilakukan?* Retrieved from Mongabay Situs Berita

Lingkungan: <https://www.mongabay.co.id/2021/05/01/ntt-alami-krisis-air-bersih-apa-yang-harus-dilakukan/>

- Sallata, M. K. (2015). Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam. *Info Teknis EBONI*, 78-86.
- Sayrani, Tamunu. (2020). Kewargaan dan Kolaborasi Pemecahan Masalah Publik: Studi Isu Sampah Di Kota Kupang. *Timorese Journal of Public Health*, 1-13.
- Setyorini , T. (2014, Oktober 31). *Unik, kuil Buddha di Thailand ini dibuat dari jutaan botol bir!* Retrieved from merdeka.com: <https://www.merdeka.com/gaya/unik-kuil-buddha-di-thailand-ini-dibuat-dari-jutaan-botol-bir.html>
- Setyorini. (2014, Oktober 31). *Merdeka.com*. Retrieved Juni 21, 2022, from Unik, kuil Buddha di Thailand ini dibuat dari jutaan botol bir!: <https://www.merdeka.com/gaya/unik-kuil-buddha-di-thailand-ini-dibuat-dari-jutaan-botol-bir.html>
- Simatupang, T. (2018, Februari 21). *Jepang akan bangun pencakar langit berbahan kayu*. Retrieved from Lokadata: <https://lokadata.id/artikel/jepang-akan-bangun-pencakar-langit-berbahan-kayu>
- SIPSN. (2020, November 23). *Indonesia - Finlandia bahas kerjasama pengelolaan sampah menjadi energi*. Retrieved from Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN): <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/baca/5>
- Soga, I. T. (2019). *Statistik Air Bersih Nusa Tenggara Timur 2019*. Kupang: Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur.
- Styles, D., Schönberger, H., & Martos, J. L. (2013). *Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector*. Luxembourg: European Union.

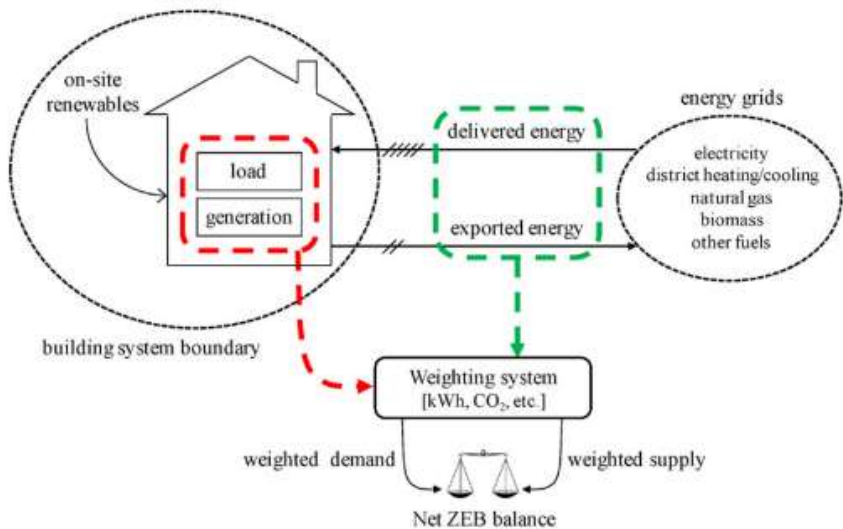
- Tapobali, S. (2022, Januari 16). *Sampah Bau Berserakan di Pantai Warna Oesapa Kupang*. Retrieved from VictoryNews: <https://www.victorynews.id/kupang/pr-3312392243/sampah-bau-berserakan-di-pantai-warna-oesapa-kupang>
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2022, November 16). *Jean-Marie Tjibaou Cultural Centre*. Retrieved from Wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Marie_Tjibaou_Cultural_Centre
- World Bank. (2021). *Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia*. Washington DC: The World Bank.
- Wulandari, P. R. (2014). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan Pertamina Unit Pelayanan III Plaju-Sumatera Utara). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 499-509.
- Yoo, Choi. (2021). Solar Architecture Integrated Bi-Facial Photovoltaic System as a Shade. *Processes*, 1-12.
- Yuniar, N. (2021, April 21). *Dua Pengusaha Wanita Ubah Sampah Plastik Jadi Bahan Bangunan*. Retrieved from Antaranews.com: <https://www.antaranews.com/berita/2112982/dua-pengusaha-wanita-ubah-sampah-plastik-jadi-bahan-bangunan>
- Zucker, J. A. (2021, Agustus 19). *Legislation Seeks Water Conservation in New Buildings*. Retrieved from Reuben, Junius & Rose, LLP: <https://www.reubenlaw.com/legislation-seeks-use-of-non-potable-water/>
- ZWIA. (2018, Desember 20). *Zero Waste International Alliance*. Retrieved Juni 22, 2022, from Zero Waste Definition: <https://zwia.org/zero-waste-definition/>

BAB 4

MANAJEMEN OPERASIONAL BANGUNAN

4.1 Bangunan Mandiri Energi

Operasional bangunan umumnya membutuhkan konsumsi energi yang tinggi untuk penerangan, penghawaan, *sound system*, transportasi mekanikal maupun unsur mekanikal-elektrikal lainnya dalam bangunan. Konsumsi energi akan terus berlangsung selama usia bangunan tersebut beroperasi yang merupakan akumulasi dari konsumsi energi harian pada bangunan tersebut. Oleh karena itu dalam operasional bangunan dibutuhkan adanya manajemen yang baik dalam setiap konsumsi energi. Konsumsi energi bangunan tidak hanya berbicara tentang ketersediaan cadangan energi pada aspek lingkungan tetapi juga berhubungan langsung dengan masalah ekonomi karena konsumsi energi berbanding lurus biaya dengan biaya yang harus dikeluarkan sepanjang umur bangunan. Dengan demikian perencanaan bangunan pada saat ini juga mengupayakan bangunan yang mandiri energi dengan penggunaan energi terbarukan secara optimal dan menekan pemanfaatan energi yang tidak terbarukan. Adapun konsep berpikir untuk mencapai bangunan yang mandiri energi antara lain; *zero energy building* dan *self sufficiency energy*.

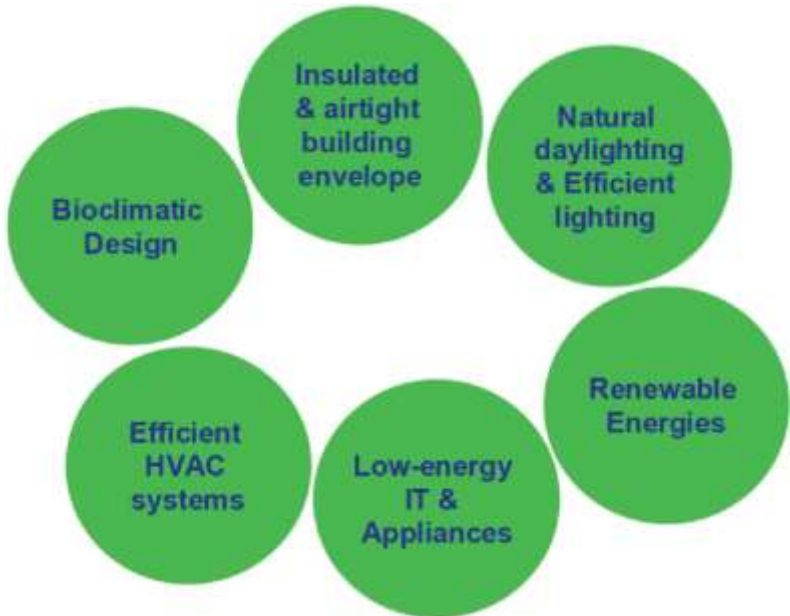


Gambar 4. 1. Sketsa hubungan antara bangunan dan jaringan energi menunjukkan terminologi yang relevan
Sumber: (Sartori, Napolitano, & Voss, 2012)

4.1.1 Zero Energy Building

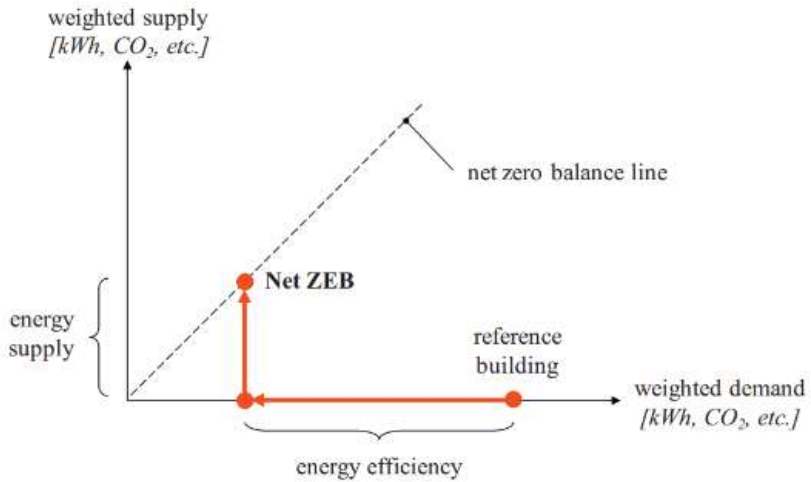
Konsep *zero-energy building* (ZEB) adalah konsep manajemen energi yang mengupayakan zero (nol) penggunaan energi tidak terbarukan pada bangunan dengan menggunakan energi terbarukan. Bangunan tanpa energi bersih (ZEB) adalah bangunan tempat tinggal atau komersial dengan pengurangan kebutuhan energi melalui keuntungan efisiensi sedemikian rupa sehingga keseimbangan kebutuhan energi dapat tercapai dilengkapi dengan teknologi terbarukan (Torcellini et al, 2006). ZEB umumnya melayani bangunan individu, sedangkan ZEB pada bangunan klaster dan bangunan tinggi masih belum optimal

sehingga perlu beberapa standar desain atau strategi kontrol di setiap jenis aplikasi ZEB untuk bangunan-bangunan kompleks ini (Lu, Zhang, Huang, Lu, & Wang, 2019). Bangunan ZEB pada site didefinisikan sebagai bangunan yang menghasilkan banyak energi yang dikonsumsi dan diukur pada site tersebut (Shehadi, 2020).



Gambar 4. 2. Berbagai langkah efisiensi energi
Sumber: (Shehadi, 2020)

Ada dua langkah untuk mencapai Net ZEB yakni dengan mengurangi permintaan energi (sumbu x) melalui pengukuran efisiensi energi dan menghasilkan listrik serta pembawa energi panas dengan cara opsi pasokan energi untuk mendapatkan kredit yang cukup (sumbu y) mencapai keseimbangan.



Gambar 4. 3. Sketsa hubungan antara bangunan dan jaringan energi menunjukkan terminologi yang relevan

Sumber: (Sartori, Napolitano, & Voss, 2012)

Dengan demikian untuk mencapai nilai nol pada konsep ZEB maka dapat menggunakan persamaan (1)

Rumus Flow energy:

$$\text{Net ZEB balance: } |\text{weighted supply}| - |\text{weighted demand}| = 0 \quad (1)$$

$$Q_i \pm Q_c \pm Q_v + Q_s \pm Q_m - Q_e = 0 \quad (2)$$

Q_i = internal heat gain (panas dalam ruangan), W

Q_s = solar heat gain (panas dari sinar matahari), W

Q_c = conduction heat flow (konduksi aliran panas), W

Q_v = convection heat flow (konveksi aliran panas), W

Q_m = mechanical heating/cooling (pemanas/pendingin mekanis), W

Q_e = evaporation (penguapan), W

Salah satu contoh bangunan dengan konsep ZEB dibangun di Singapura yakni gedung kampus Akademi BCA (*Building and Construction Authority*). BCA mengelola sistem peringkat *Green Mark Building* di Singapura dan menginginkan proyek tersebut mencerminkan praktik pembangunan berkelanjutan terbaik. Setelah lima tahun beroperasi, target nol energi bersih terpenuhi dan penghuninya mendapat manfaat dari peningkatan kenyamanan visual dan termal (Wittkopf, 2015).



Gambar 4. 4. Zero Energy Building @ BCA Academy: Singapore
Sumber: (Wittkopf, 2015)

4.1.2 Self Sufficiency Building

Konsep ini hampir sama dengan konsep ZEB yakni dengan menyediakan energi secara mandiri pada bangunan tetapi yang membedakannya ialah konsep ini berupaya memenuhi hampir semua kebutuhan bangunan mulai dari energi, iklim mikro bangunan, air bersih, makanan serta lingkungan yang natural. Pemenuhan energi mikro bisa bersumber dari pemanfaatan energi terbarukan yang terintegrasi dengan desain bangunan seperti turbin angin, solar panel, instalasi bio massa ataupun sumber energi terbatukan lainnya. *Self Sufficiency* atau konsep swasembada secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu objek untuk memenuhi kebutuhannya melalui sumber dayanya sendiri (Mahdi, 2020)



Gambar 4. 5. Konsep *Self-Sufficient Building*

Sumber: (Rubeis, Nardi, Ambrosini, & Domenica, 2018)

Salah satu langkah penerapan *self sufficient building* adalah dengan pemanfaatan energi terbarukan dan yang paling umum diterapkan adalah pemanfaatan energi matahari untuk memenuhi kebutuhan energi dalam bangunan (Joshi, Pathak, & Singh, 2013). *Self sufficient building* memiliki peran dalam pencapaian arsitektur berkelanjutan yang dapat diukur dari dimensi ekonomi, dimensi sosial dan dimensi lingkungan (Mahdi, 2020). Salah satu contoh desain dengan penerapan self sufficient building adalah The HIVE Project, salah satu desain dalam kompetisi desain The Home of 2030 yang terinspirasi dari sarang lebah, dikembangkan untuk skalabilitas, struktur heksagonal berbingkai kayu dan prefabrikasi akan memberi penghuni tingkat fleksibilitas yang tinggi serta mampu berswasembada energi melalui sumber energi terbarukan dan akan diintegrasikan dengan strategi daur ulang air dan juga menangani air limbah secara berkelanjutan (Wang, 2020).



Gambar 4. 6. *The HIVE Project*, contoh penerapan konsep *Self-Sufficient Building*

Sumber: (Wang, 2020)

4.1.3 Rangkuman

Manajemen energi dalam operasional bangunan sangat diperlukan karena konsumsi energi oleh pengguna bangunan akan berlangsung sepanjang umur bangunan. Untuk mencapai efisiensi energi yang optimal dalam operasional bangunan perlu adanya manajemen penggunaan/konsumsi energi secara bijak. Manajemen energi pada bangunan sudah harus menjadi bagian dalam perencanaan bangunan sejak awal sehingga bangunan terbangun dan terpakai sebagai bangunan yang mandiri energi. Bangunan yang mandiri energi dapat diperoleh dari konsep konsep *zero energy building* dan *self sufficiency energy*.

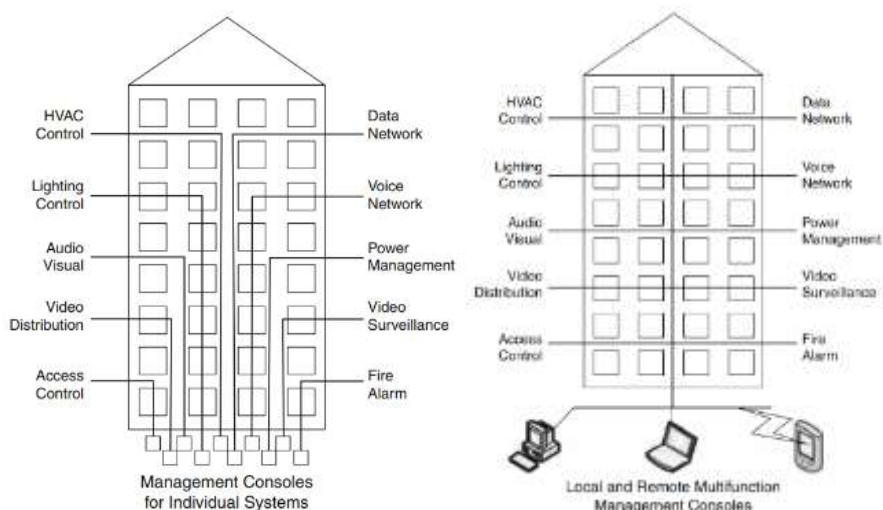
4.2 Manajemen Energi dengan Teknologi Bangunan

Pemanfaatan teknologi untuk menekan konsumsi energi pada bangunan sangat relevan dengan perkembangan saat ini. Teknologi yang digunakan akan sangat membantu dalam melengkapi keterbatasan manusia untuk mencapai manajemen energi yang optimal. Otomatisasi dengan teknologi pintar pada setiap elemen yang mengkonsumsi energi pada bangunan akan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Penerapan *hi-tech* (teknologi tinggi) arsitektur dalam desain juga juga ikut mendukung penghematan energi pada operasional bangunan.

4.2.1 Bangunan Pintar (*Smart Building*)

Konsep ini dilakukan dengan memanfaatkan teknologi sistem pintar (*smart system*) untuk meminimalisir konsumsi energi yang berlebihan. Sistem bangunan pintar dapat membuat bangunan menggunakan energi lebih sedikit jika di dibandingkan dengan bangunan yang tidak memakai sistem ini (Hendrananta & Thahir,

2019). Sistem pintar membantu menekan konsumsi energi dengan teknologi sensor, otomatisasi bangunan (sistem kontrol) maupun kecerdasan bangunan. Teknologi pintar ini saling terintegrasi dengan kemudahan pengontrolan sehingga sangat membantu dalam manajemen energi sehingga konsumsi energi benar-benar efisien.



Gambar 4. 7. Perbedaan kontrol manual dan kontrol jarak jauh manajemen bangunan

Sumber: (Sinopoli, 2010)

Pada tingkat yang sangat mendasar, bangunan pintar atau "cerdas" emberikan layanan bangunan yang bermanfaat yang membuat penghuninya lebih produktif (misalnya pencahayaan, kenyamanan termal, sanitasi, kualitas udara, keamanan fisik, mobilitas, dan banyak lagi) dengan biaya dan dampak lingkungan terendah dibandingkan siklus hidup bangunan. Bangunan pintar memanfaatkan teknologi *Information Communication Technology* (ICT) terintegrasi untuk mengoperasikan dan

mengelola layanan dan fungsi bangunan. Mencapai visi ini membutuhkan perencanaan yang terperinci selama tahap awal serta memastikan umur panjang dari teknologi yang diimplementasikan (E2E Consulting , 2017).



Gambar 4. 8. Ilustrasi *smart building* pada bangunan tinggi

Sumber: (E2E Consulting , 2017).

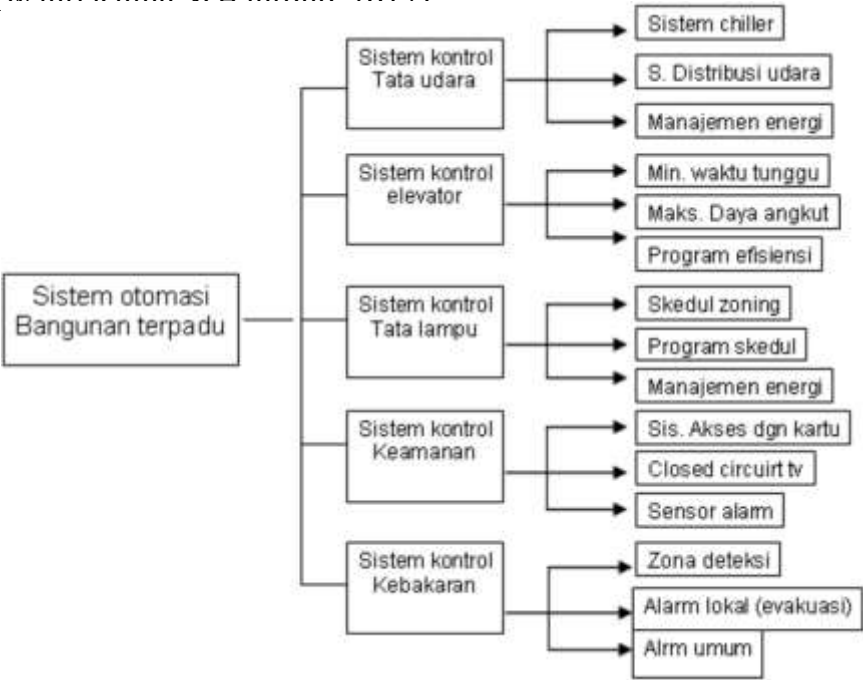
Penerapan konsep pintar pada bangunan hampir menyeluruh ke semua komponen bangunan yang dikelola secara otomatis sehingga sering juga dikenal dengan *Building Automation System* (BAS). Konsep dasar dari suatu Bangunan pintar yaitu desain berkelanjutan (*Sustainable Design*) harus memperhatikan unsur-unsur sosial, teknologi dan lingkungan dengan mengintegrasikan

beberapa sub-sistem pada bangunan secara sinergis, seperti : sistem otomasi bangunan, sistem HVAC, sistem pencahayaan, sistem transportasi, sistem pencegahan kebakaran, sistem keamanan, sistem komunikasi dan sistem penghematan energi (Handri, Taqiuddin, & Huda, 2021). Sistem otomatisasi pada bangunan meliputi tiga komponen besar pada bangunan, yakni:

1. Sistem manajemen bangunan
 - Optimasi pemanas/pending dan kendali udara
 - Kontrol (kendali) jadwal dan program kerja
 - Monitor status lingkungan dan fasilitas-fasilitas
 - Kendali jarak jauh
 - Kendali elevator
 - Kendali parkir
2. Sistem Penghematan energi
 - Otomasi pencahayaan dan kendali tirai
 - Manajemen kebutuhan penggunaan energi
 - Termosiphon tata udara
 - Efisiensi energi transfer panas
 - Kendali fasilitas tenaga steamined
3. Sistem Keamanan
 - Pengamanan dengan video
 - Kendali pintu dan penguncian jarak jauh
 - Kendali api dan asap
 - Deteksi kebocoran gas dan air
 - Respon terhadap hilangnya tenaga listrik

Pengontrolan ke tiga sistem ini menggunakan perangkat digital yang terkoneksi secara menyeluruh dengan kegiatan memproduksi data, menyimpan data, mengolah data dan mentransfer data. Penerapan sistem pintar pada komponen

bangunan yang menggunakan listrik bertujuan untuk meningkatkan kinerja bangunan. Komponen bangunan yang dimaksud adalah mekanikal elektrikal pada sistem utilitas bangunan. Setiap komponen ini menggunakan sistem sensor dan jaringan nirkabel untuk kemudahan pengontrolan konsumsi energi serta efisiensi dalam penggunaannya (Wibowo, Purwantiastining, & Hartono, 2017)



bangunan

Sumber: (Hakim, 2010)

4.2.2 *Hi-tech* Arsitektur

Hi-tech digunakan pada interior dan eksterior desain bangunan seperti pengolahan gubahan massa, penataan ruang dan sirkulasi, mewujudkan kenyamanan termal dengan penghematan

energi, peningkatan keselamatan pengguna, struktur yang mendukung dan membuat fasilitas-fasilitas memiliki nilai aksesibilitas yang tinggi (Muhartati, Farkhan, & P, 2019). Hi-tech arsitektur menitikberatkan penggunaan teknologi pada desain untuk mencapai fleksibilitas ruang serta ekspresi ruang modern yang canggih. Konsep *hi-tech* juga menggunakan teknologi untuk memanfaatkan unsur-unsur alam dengan tujuan penghematan energi seperti pemanfaatan material transparan untuk tujuan pencahayaan alami yang optimal (Ardiansyah, 2012).



Gambar 4. 9. Contoh bangunan *hi-tech architecture*
Sumber: (Archi-Monarch, 2023)

Arsitektur dengan teknologi tinggi sering mengintegrasikan layanan bangunan ke dalam desain bangunan yang berarti bahwa komponen-komponen seperti pemanas, ventilasi dan sistem pendingin udara dimasukkan ke dalam struktur bangunan bukan ditambahkan sebagai komponen tambahan (Archi-Monarch, 2023). Pada perkembangannya desain *hi-tech* arsitektur juga mempertimbangkan konsep keberlanjutan dengan memanfaatkan teknologi energi terbarukan, sistem otomasi bangunan (*Building Automation System*) dan fabrikasi digital. Hal ini juga didukung oleh pemanfaatan material hijau dalam penerapan *hi-tech* seperti penggunaan kaca rendah emisi, material daur ulang dan dinding hidup atau *green roof* yang dapat membantu memperbaiki kualitas udara, mengurangi efek *heat island* dan menyediakan insulasi alami. Gaya *hi-tech* arsitektur juga ditandai dengan penggunaan teknologi baru dalam desain dan konstruksi serta unsur-unsur teknisnya seperti kerai ataupun sel surya sebagai ornamant yang modern (AJ, 2019).



Gambar 4. 10. Gedung Patrick Bingham-Hall
Sumber: (AJ, 2019)

4.2.3 Rangkuman

Manajemen energi dengan penggunaan teknologi menekan biaya konsumsi energi yang akan terus ada sepanjang umur bangunan. Efisiensi energi yang optimal dalam operasional bangunan harus menjadi bagian dalam perencanaan awal sehingga tujuan manajemen yang baik dan ekonomis dapat tercapai. Pemanfaatan sistem pintar pada bangunan dan hi-tech arsitektur menjadikan bangunan dengan performa tinggi dalam penggunaan energi yang rendah emisi dan memberi dampak yang baik bagi lingkungan.

RUBRIK PENILAIAN

Tabel Rubrik penilaian

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
Konsep 100%	Mampu menjelaskan manajemen energi dan bangunan mandiri energi pada operasional bangunan secara lengkap	Mampu menjelaskan manajemen energi dan bangunan mandiri energi pada operasional bangunan	Mampu menjelaskan manajemen energi pada operasional bangunan	Kurang mampu menjelaskan manajemen energi pada operasional bangunan

INSTRUKSI TUGAS

Baca bab 4 secara saksama dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan pemahaman Anda tentang manajemen energi pada bangunan!
2. Jelaskan pemahaman Anda tentang bangunan mandiri energi!
3. Jelaskan perbedaan antara *zero energy building* dan *self sufficiency energy*!
4. Jelaskan pemahaman anda tentang manajemen energi dengan penerapan teknologi bangunan!
5. Jelaskan perbedaan antara bangunan pintar dan hi-tech arsitektur dalam upaya manajemen energi!

REFLEKSI MAHASISWA

1. Apa yang telah dipelajari dari Bab 4 ini? Seberapa pentingkah hal yang dipelajari ini dalam hubungan dengan pemahaman Anda tentang manajemen energi pada operasional bangunan?
2. Apa yang harus dipelajari selanjutnya setelah mempelajari manajemen energi dalam arsitektur berkelanjutan?

DAFTAR PUSTAKA

- AJ. (2019). *Hightech architecture style for sustainable and Eco-tech design style*. Retrieved from Kadva Corp: <https://www.kadvacorp.com/design/hightech-architecture-style/>
- Archi-Monarch. (2023). *High-Tech Architecture*. Retrieved from Archi-Monarch: <https://archi-monarch.com/high-tech-architecture/>
- Ardiansyah. (2012). Analisis Rancangan Norman Foster Pada Bangunan Chek Lap Kok Airport (Hongkong) Dalam Konteks Arsitektur Hi-Tech. *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung JA*, 28-55.
- E2E Consulting . (2017). *Smart and/or Green Building Design*. Retrieved from ICT & Electronic Consulting Engineers: <https://www.e2econsulting.co.za/smart-or-green-building-design/>
- Hakim. (2010). Evaluasi Sistem Bangunan Pintar Pada Pusat Perbelanjaan Senayan City Di Jakarta. *Jurnal Arsitektur ARSITRON*, I(2), 84-92.
- Handri, H., Taqiuddin, Z., & Huda, K. (2021). Bangunan Pintar dan Penerapannya di Indonesia. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan RAUT*, X(2), 40-51.
- Hendrananta, M., & Thahir, A. R. (2019, September 5). Penggunaan Sistem Bangunan Pintar Di "The Edge" Amsterdam dan "Glumac" Shanghai. *Seminar Intelektual Muda, II*, pp. 385-391.
- Joshi, R., Pathak, M., & Singh, A. K. (2013). Designing Self-Energy Sufficient Buildings in India. *2013 ISES Solar World Congress. LVIII*, pp. 3110-3119. Cancun-Mexico: Elsevier Ltd.

- Lu, Y., Zhang, X. P., Huang, Z., Lu, J., & Wang, C. (2019). Definition and Design of Zero Energy Buildings. *IntechOpen*, 1-18.
- Mahdi, Z. S. (2020). Self-Sufficiency and its Role in the Sustainability of Exhibition Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (pp. 1-13). Singapore: IOP Publishing.
- Muhartati, R. I., Farkhan, A., & P, D. S. (2019). Penerapan Teori Arsitektur High Techonology Pada Rancangan Gedung Olahraga Di Purbalingga. *Senthong, II*(2), 755-764.
- Rubeis, T. d., Nardi, I., Ambrosini, D., & Domenica, P. (2018). Is a self-Sufficient Building Energy Efficient? Lesson Learned From a Case Study in Mediterranean Climate. *Applied Energy*, 131-145.
- Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings*, 1-13.
- Shehadi, M. (2020). Net-Zero Energy Buildings: Principles and Applications. *IntechOpen*, 1-16.
- Sinopoli, J. (2010). *Smart Building System for Architects, Owneer, and Builders*. Burlington: Elsevier Inc.
- Torcellini et al. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* (pp. 275-286). Washington, D.C: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- Wang, L. (2020, Agustus 21). *HIVE Project proposes biophilic, self-sufficient homes of the future*. Retrieved from INHABITAT: <https://inhabitat.com/hive-project-proposes-biophilic-self-sufficient-homes-of-the-future/>

- Wibowo, S., Purwantiasning, A. W., & Hantono, D. (2017). Penerapan Konsep Bangunan Pintar Pada Perencanaan Kantor Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi 'Apple' Di Jakarta. *Jurnal Arsitektur PURWARUPA*, I(1), 7-16.
- Wittkopf, S. (2015, Maret 25). *Tropical Net Zero*. Retrieved from www.hpbmagazine.org:
<https://www.hpbmagazine.org/zero-energy-building-bca-academy-singapore/>

BAB 5

CONTOH BANGUNAN BERKELANJUTAN

5.1 Arsitektur Tradisional

Arsitektur tradisional dimiliki oleh semua daerah di belah bumi dengan kearifan lokal masing-masing. Arsitektur rumah tradisional berusaha untuk memberikan tempat yang aman untuk hidup dan menciptakan posisi yang tepat dengan berkoordinasi dengan lingkungan, sesuai kondisi geografi dan iklim (Irani, 2014). Lokasi dan orientasi merupakan dua aspek yang berhubungan dengan ruang dan posisi, lokasi mempertimbangkan konsekuensi ekonomi sebagai tempat mencari hidup dan orientasi berbicara tentang aspek simbolis dan religius (Noble, 2007). Di Indonesia arsitektur tradisional tersebar dari Sabang ke Merauke dan sering dikenal dengan istilah arsitektur Nusantara.



Rumah tradisional masyarakat
Toda-India



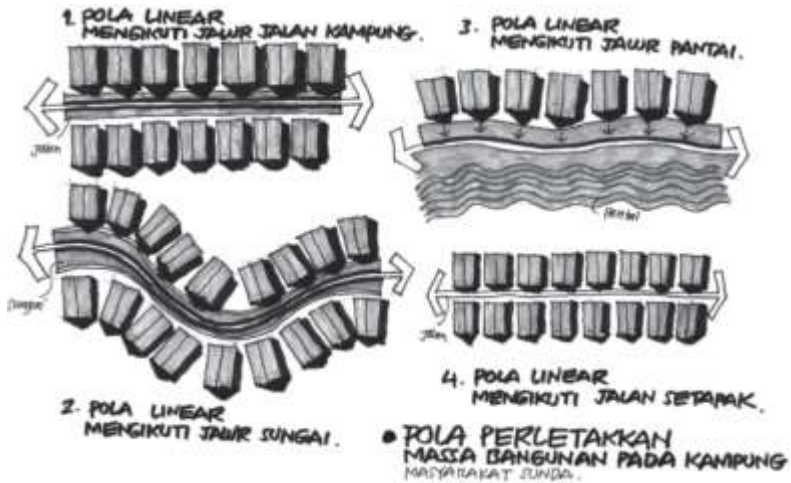
Rumah tradisional masyarakat Ganvie,
Benin-Afrika

Gambar 5. 1. Arsitektur tradisional di India dan Afrika
Sumber: (Noble, 2007)

5.1.1 Arsitektur Nusantara

Arsitektur nusantara merupakan arsitektur tradisional yang tersebar di seluruh wilayah nusantara dengan kandungan kearifan lokal di dalamnya yang khas dari masing-masing daerah untuk kesesuaian bentuk yang beradaptasi dengan lingkungan, sosial dan budaya. Arsitektur dalam konteks Nusantara memiliki makna sangat luas, yaitu keanekaragaman karya seni bangunan sebagai kearifan dan kecerdasan lokal masyarakat Indonesia dalam bingkai Bhinneka Tunggal Ika serta menunjukkan kemampuan pengetahuan secara mandiri dari kelompok-kelompok etnis di Nusantara dalam menciptakan lingkungan tempat tinggal sesuai dengan karakteristik masing-masing daerah, yaitu mengangkat nilai pluralitas dalam karya arsitektur yang bersumber pada Bhinneka Tunggal Ika (T, 2019). Bangunan Nusantara memiliki keunikan konstruksi dengan sistem konstruksi (tektonika) sambungan pasak-lubang dan pen-lubang serta sistem sambung ikat yang sudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan menjadikan sistem konstruksi di Nusantara sebagai konstruksi goyang (Bakhtiar, Waani, & Rengkung, 2014).

Selain bangunan, pola perkampunganpun arsitektur Nusantara juga beradaptasi dengan kondisi geografi lingkungan yang ada mulai dari pesisir pantai, sungai, lembah ataupun di dataran tinggi. Kondisi lingkungan perkampungan menjadi tempat mencari hidup bagi masyarakat, sekaligus menjadi penyedia material bangunan dan tempat bersosial masyarakat di dalamnya. Hal ini menunjukkan keberlanjutan yang terus menerus dan perlu dijaga oleh semua pihak.



Gambar 5. 2. Jenis-jenis pola kampung masyarakat Sunda
Sumber: (T, 2019)

Arsitektur tradisional yang menyebar di seluruh nusantara bertahan sejak turun temurun dan menunjukkan tingkat keberlanjutan yang tetap baik dari aspek lingkungan, sosial maupun ekonomi. Aspek lingkungan ditunjukkan dengan pemanfaatan material lokal di sekitar site dan adaptasi dengan kondisi lingkungan (iklim maupun bencana). Aspek sosial ditunjukkan dengan pemanfaatan rumah tradisional sebagai tempat melaksanakan ritual-ritual adat ataupun sebagai tempat musyawarah sebuah keluarga dalam suku tertentu. Aspek ekonomi ditunjukkan dengan keberlangsungan setiap keluarga bahkan suku bertahan hidup di dalam rumah tradisional secara turun temurun, dengan memanfaatkan rumah tradisional sebagai tempat mencari hidup, menjadi lumbung bahan makanan dan saat ini arsitektur tradisional menjadi warisan budaya bernilai ekonomis sebagai objek wisata.



Gambar 5. 3. Arsitektur Nusantara dari beberapa daerah di Indonesia

Sumber: (Awal, 2019)

5.1.2 Arsitektur Tradisional NTT

Daerah Nusa Tenggara Timur (NTT) menunjukkan keunikan dalam arsitektur Nusantara yang ada di Indonesia karena menyimpan beragam arsitektur tradisional yang menyebar di seluruh daerah NTT dengan karakter yang berbeda satu sama lain. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi geografi daerah NTT yang merupakan daerah kepulauan, berada dekat daerah Pasifik dan ada pada bentangan *ring of fire* dengan karakter budaya yang berbeda. Arsitektur tradisional NTT menunjukkan keberlanjutan turun temurun hingga saat ini, di mana masyarakat NTT terus beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada. Hal ini dipengaruhi oleh kehidupan sosial budaya masyarakat yang selalu hidup bersama, bergotongroyong dan memanfaatkan lingkungan untuk kehidupan dari sisi ekonomi serta kearifan lokal masyarakat yang peduli terhadap lingkungan.



Gambar 5. 4. Material kayu, bambu dan alang-alang
Sumber: Penulis

Material yang digunakan pada arsitektur tradisional yang menyebar di NTT adalah material alami dari sekitar lokasi sehingga memiliki nilai ekologis yang baik dan menjaga keberlanjutan lingkungan. Penentuan material juga dipengaruhi oleh adaptasi terhadap kondisi lingkungan seperti material yang ringan aman terhadap kondisi guncangan akibat gempa tetapi

dengan material alami yang digunakan juga menjadi isolator panas. Material yang paling umum di gunakan adalah kayu, batang kayu lontar/gewang (mopuk) dan bambu untuk konstruksi rangka, serta daun lontar/gewang dan alang-alang sebagai penutup atap.



Gambar 5. 5. Arsitektur Tradisional NTT dan persebarannya
Sumber: (Jeraman, 2019)

1. Arsitektur Tradisional Manggarai

Salah satu kampung adat yang terkenal di daerah Manggarai adalah Wai Rebo yang berada di ketinggian 1200 mdpl dan memiliki deretan rumah tradisional yang dikenal dengan Mbaru niang. Mbaru niang merupakan arsitektur tradisional dengan bentuk kerucut setinggi 15 meter. Bentuk kerucut pada mbaru niang menjadikan bangunan tersebut aerodinami dan mudah dalam merespon angin kencang yang melewati daerah ini.



Gambar 5. 6. Rumah tradisional *Mbaru Niang*-Manggarai
Sumber: (Awal, 2019)

Keberlanjutan pada mbaru niang dapat terlihat dari tiga elemen keberlanjutan:

- Keberlanjutan ekonomi

Keberlanjutan ekonomi terlihat dari fungsi bangunan ini sebagai tempat tinggal dan sekaligus sebagai tempat penyimpanan bahan makanan (lumbung) dan tempat

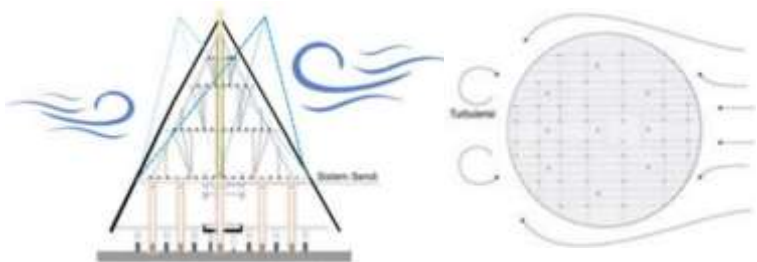
penyimpanan benda-benda pusaka. Mbaru niang juga merupakan objek menarik yang menjadikan Wae Rebo sebagai destinasi wisata yang secara langsung memberi dampak ekonomi yang baik bagi masyarakat setempat.

- Keberlanjutan sosial

Keberlanjutan sosial terlihat dari ikatan kekeluargaan penghuni dalam mbaru niang yang terdiri dari delapan kepala keluarga serta ikatan antara penghuni dari masing-masing rumah dalam kampung tersebut (Louis, 2015). Pola kampung juga melingkar dan area tengahnya menjadi runag sosial masyarakat setempat. Gotongroyong juga menjadi tradisi sosial masyarakat setempat yang terus dipertahankan.

- Keberlanjutan lingkungan

Keberlanjutan lingkungan terlihat dari bentuk bangunan kerucut yang stabil dari berbagai arah untuk merespon angin yang kemungkinan dapat berputar yang dipengaruhi letak Desa Wae Rebo dikelilingin oleh tujuh bukit disekitarnya (Pradipto & Tristanto, 2021). Pemanfaatan material alam yang diperoleh dari lokasi sekitar juga menunjukan nilai ekologi yang baik



Gambar 5. 7. Respon *Mbaru Niang* terhadap angin
Sumber: (Pradipto & Tristanto, 2021)

2. Rumah Tradisional Timor Tengah Selatan

Terdapat dua jenis rumah tradisional masyarakat Timor Tengah Selatan (TTS) yakni *ume kbubu* (rumah bulat untuk perembuan) berada di belakang dan lopo (rumah laki-laki) yang berada di depan. Kedua bangunan ini sama-sama berfungsi sebagai hunian dan memiliki loteng sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan. Rumah ini juga berbentuk kerucut tetapi jauh berbeda dari rumah mbaru niang di Manggarai baik dari segi ukuran, material maupun sistem konstruksinya. *Ume kbubu* dan lopo sedikit lebih kecil dengan bentuk kerucut lebih parabolik.

Keberlanjutan kedua bangunan ini terlihat dari tiga elemen berkelanjutan:

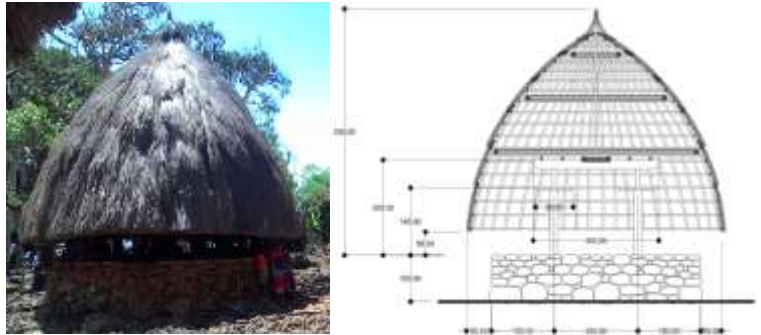
- Keberlanjutan ekonomi

Loteng pada *ume kbubu* berfungsi sebagai lumbung tempat menyimpan hasil kebun dan menjadi cadangan makanan sepanjang tahun. Lopo sebagai tempat menenun bagi kaum Wanita dan pekarangan belakang biasanya menjadi tempat memelihara ternak.

- Keberlanjutan sosial

Lopo yang berada pada kampung adat memiliki fungsi sebagai tempat berkumpul dan bermusyawarah. Halaman di depan lopo juga dijadikan tempat tarian bersama ataupun tempat melaksanakan ritual adat. Hubungan sosial masyarakat yang erat juga ditunjukkan oleh pekarangan antara keluarga yang berbeda tidak memiliki batas yang masif. Gotongroyong untuk menyelesaikan pekerjaan bersama juga masih terlihat di tengah-tengah masyarakat. Tradisi makan siri pinang

juga menjadi salah satu pengikat kehidupan sosial yang kuat, berperan sebagai suguhan pertama kepada tamu sebelum menyuguhkan makanan atau minuman.



Gambar 5. 8. Rumah tradisional *Lopo* di Benteng None - TTS

Sumber: (Lakapu, Lapenangga, 2019)

- Keberlanjutan lingkungan
Bentuk kerucut dan denah bulat merespon angin yang terus berhembus kencang pada musim-musim tertentu. Hanya terdapat satu bukaan berupa pintu pada ume kbubu untuk merespon cuaca dingin agar tidak gampang masuk, didukung dengan perapian di dalam yang berfungsi menghangatkan ruangan sekaligus asap perapian ini menjadi pengawet bahan makanan di loteng. Keberlanjutan lingkungan juga didukung oleh penggunaan material alami dari sekitar site yakni penggunaan kayu, bambu, beberapa akar hutan dan alang-alang.



Gambar 5. 9. Rumah tradisional *Ume Kibu-TTS*
 Sumber: (Lapenangga, Ara Kian, & Boli, 2020)

3. Rumah Tradisional Alor

Salah satu rumah tradisional di Alor adalah rumah fala (rumah gudang) dari masyarakat suku Abui yang berada di kampung adat Takpala. Rumah ini terdiri dari empat lantai, yakni lantai pertama sebagai tempat bersosialisasi dan tiga lantai di atasnya sebagai hunian dan tempat penyimpanan. Bangunan ini memiliki dengah persegi empat dengan empat atau enam kolom utama dengan ketinggian bangunan 16 meter.

Keberlanjutan rumah fala terlihat dari tiga elemen berkelanjutan:

- Keberlanjutan ekonomi

Keberlanjutan ekonomi terlihat dari fungsi bangunan ini sebagai hunian dan sekaligus sebagai lumbung cadangan makanan selama setahun. Lantai 1 pada bangunan ini juga menjadi tempat menenun bagi kaum wanita penghuni rumah. Pekarangan rumah fala di kampung Takpala juga menjadi tempat masyarakat

menggelar hasil kerajinan tangan sebagai dangangan bagi para turis. Kampung Takpala juga memiliki ruang bersama di tengah kampung, terdapat mesbah untuk ritual adat dan melakukan tarian masal (lego-lego) yang menjadi atraksi budaya untuk disajikan bagi para turis. Rumah fala dan aktifitas budaya di kampung Takpala adalah objek wisata yang menjadi sumber pencarian baru bagi masyarakat setempat.



Gambar 5. 10. Aktivitas ekonomi rumah *Fala*

Sumber: Penulis

- Keberlanjutan sosial

Keberlanjutan sosial terlihat dari pemanfaatan ruang pada rumah fala, secara vertikal hirarki ruang paling dasar di bawah panggung sebagai tempat untuk ternak, dan di atasnya lantai pertama sebagai panggung berfungsi untuk menerima tamu, lantai ke du sebagai tempat beristirahat malam dan memasak, lantai ke 3 adalah loteng lumbung dan pada puncaknya berfungsi sebagai tempat penyimpanan benda pusaka. Ruang

tamu yang terbuka menjadi ruang sosial antara penghuni rumah dalam kampung. Ruang sosial yang lebih luas lagi adalah ruang bersama di tengah kampung, terdapat mesbah untuk ritual adat dan melakukan tarian masal (lego-lego) pada perayaan-perayaan tertentu.

- Keberlanjutan lingkungan

Keberlanjutan lingkungan terlihat dari penggunaan material alam di sekitar lokasi dan adaptasi bentuk terhadap kondisi alam yakni bahaya gempa yang sering terjadi. Tiang utama berjumlah empat yang memikul konstruksi bangunan di atasnya, sedangkan dibawahnya ke kolom-kolom ini ditanam ke tanah dan diapit oleh panggung yang memberi kekuatan lebih saat mendapat guncangan/gaya lateral secara horizontal. Selain dari bangunan, pola kampung juga tetap memanfaatkan kontur sehingga tetap memiliki kesatuan dengan lingkungan.



Gambar 5. 11. Rumah tradisional *Fala-Alor*

Sumber: Penulis

4. Rumah tradisional Fafoe – Malaka

Rumah fafoe adalah satu dari enam rumah tradisional di kampung Umakota daerah Malaka yang berfungsi sebagai rumah adat dari masing-masing keluarga. Berbeda dengan daerah lain di NTT yang rumah adatnya adalah milik suku dalam satu kampung, sedangkan rumah fafoe merupakan rumah adat milik keluarga. Berikut adalah keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan yang terdapat di rumah fafoe:

- Keberlanjutan ekonomi

Keberlanjutan ekonomi terlihat dari kehidupan masyarakat bermata pencaharian petani memanfaatkan rumah fafoe sebagai tempat ritual adat sebelum dan sesudah panen. Hewan ternak yang dipelihara juga digunakan sebagai kurban untuk ritual yang dilakukan. Rumah ini juga menjadi tempat penyimpanan hasil pertanian.

- Keberlanjutan sosial

Keberlanjutan sosial terlihat dari bentuk denah yang memiliki teras (area publik), ruang keluarga (area semi publik). Sedangkan area pekarangan di depan rumah menjadi tempat dilaksanakannya ritual adat yang dihadiri oleh semua keluarga besar dan warga sekampung.

- Keberlanjutan lingkungan

Lokasi kampung Umakota berada di dataran rendah dekat pantai dengan kondisi udara yang hangat. Keberlanjutan lingkungan terlihat dari penggunaan material alami dari sekitar lingkungan yang berperan sebagai isolasi panas. Rumah fafoe merupakan rumah

panggung yang respon terhadap banjir yang sering terjadi akibat melupnya sungai Benanain serta menjadi cela aliran udara untuk menyejukan udara pada musim panas.



Gambar 5. 12. Rumah adat Fafoe – Kabupaten Malaka

Sumber: (Maliatie, Monemnasi, & Lapenangga, 2022)

5.1.3 Rangkuman

Arsitektur tradisional menjadi contoh yang baik dari arsitektur berkelanjutan karena mampu menunjukkan keberlanjutan turun temurun. Arsitektur nusantara dan arsitektur tradisional di wilayah NTT dapat menunjukkan keberlanjutan tiga elemen (ekonomi, sosial dan lingkungan) secara seimbang. Keberlanjutan ekonomi pada arsitektur tradisional ditunjukkan lewat fungsinya sebagai hunian dan lumbung pangan masyarakat

serta menjadi objek pariwisata yang didukung artaksi budaya di dalamnya. Keberlanjutan sosial ditunjukkan melalui pemanfaatan ruang yang mewadahi fungsi publik sebagai penerima tamu, tempat dilaksanakannya ritual adat serta keberadaannya di tengah kampung yang memiliki area/ruang sosial bersama. Keberlanjutan lingkungan ditunjukkan melalui pemanfaatan material alam di sekitar site, juga adaptasi bentuk terhadap kondisi lingkungan sekitar.

5.2 Arsitektur dengan Material Alami

Arsitektur berkelanjutan dengan pemanfaatan material alami menjadikan bangunan memiliki nilai ekologi yang tinggi dan menyatu dengan alam. Selain bangunan tradisional, bangunan-bangunan modernpun dapat memanfaatkan material alam dalam desain sehingga menghasilkan bangunan yang sederhana tetapi tetap elegan dan estetis dengan unsur warna dan tekstur yang alami. Material alami yang paling umum digunakan pada desain modern saat ini adalah kayu, batu dan bambu.

5.2.1 Kayu

Gedung Pusat Budaya di New Caledonia adalah salah satu bangunan modern yang menggunakan kayu sebagai bahan konstruksi dan fasade bangunan. Bangunan ini mengambil analogi dari bangunan tradisional Kanak di New Caledonia. Pusat budaya ini menjadi destinasi wisata baru di New Caledonia, menjadi ruang publik bagi masyarakat dan menunjukkan adanya keberlanjutan ekonomi dan sosial. Pemanfaatan material kayu yang merupakan material regeneratif menjadikan bangunan ini selaras dengan alam dan bentuk bangunan yang mengadopsi bentuk Kanak beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang sering dilalui angin kencang.



Gambar 5. 13. Gedung Pusat Budaya di New Caledonia dengan bahan kayu

Sumber: (Wikipedia, the free encyclopedia, 2022)

5.2.2 Batu

Gedung Gereja St. Antonius Padua Sasi berada di kota Kefamenanu Kabupaten Timor Tengah Utara. Gereja ini dibangun sejak tahun 2003 dan diresmikan pada tahun 2006 dengan dukungan dan kerjasama dari umat setempat. Bangunan ini dapat menjadi contoh arsitektur berkelanjutan yang memiliki keberlanjutan tiga elemen secara lengkap.



Gambar 5. 14. Gedung Gereja St. Antonius Padua Sasi, dengan bahan batu

Sumber: (Z Creators, 2023)

Dari aspek ekonomi bangunan gereja dibangun dengan memanfaatkan material sekitar site dengan harga pengangkutan yang rendah serta penyediaan material juga melibatkan umat yang membantu menyortir dan ikut mencuci batu dan pasir yang digunakan. Keberlanjutan sosial pada bangunan ini terlihat pada fungsi publik sebagai tempat ibadah yang mewadahi kegiatan

sosial beragama. Lokasi gereja yang berada tepat di tepi jalan propinsi juga dibuka untuk umum menjadikan kawasan ini tempat singgah oleh banyak masyarakat baik untuk berdoa ataupun hanya sekedar berswafoto. Keberlanjutan lingkungan terlihat dari pemanfaatan batu dan pasir sebagai material utama yang diperoleh dari sekitar site, dipasang sebagai dinding ekspos sehingga menampilkan warna dan tekstur yang khas. Bentuk denah yang elips dengan sisi-sisi elips juga menjadikan bangunan ini aerodinamis dan beradaptasi dengan angin.

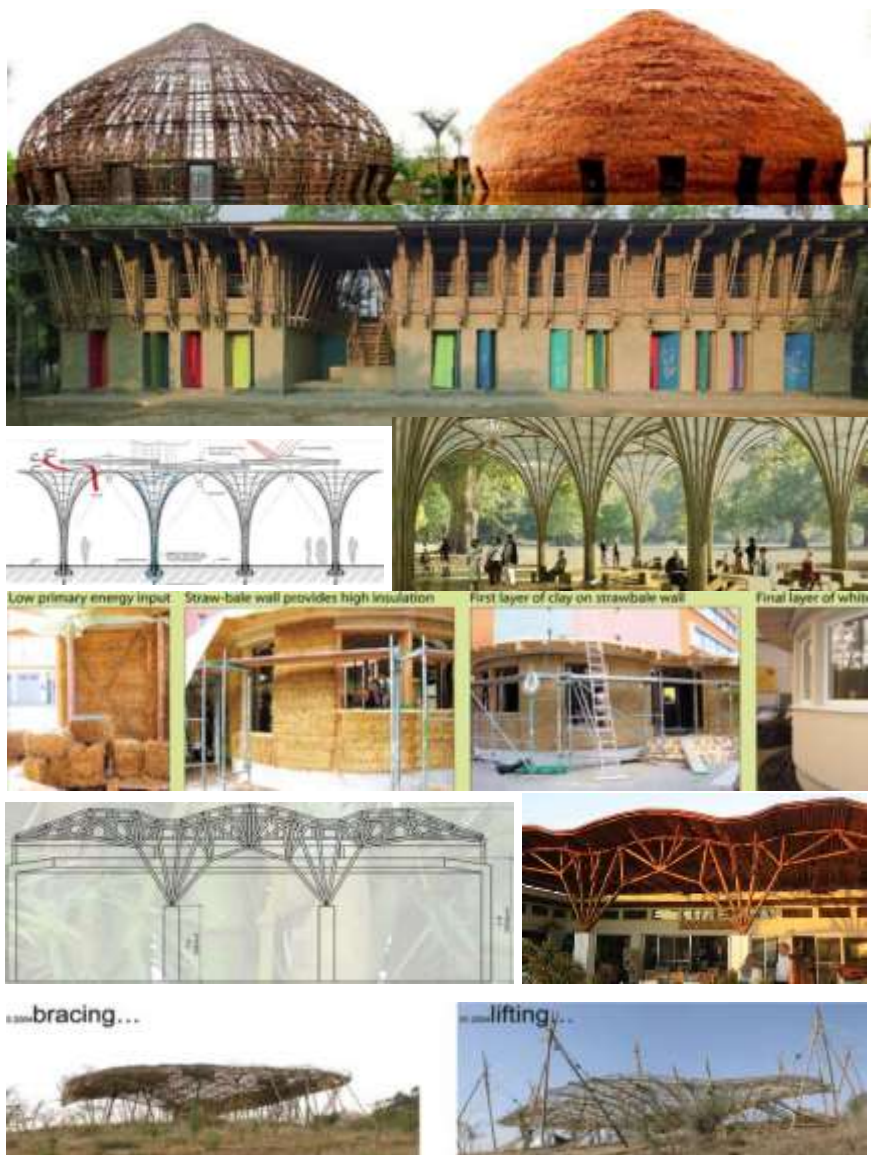
5.2.3 Bambu

Penggunaan bambu pada arsitektur masa kini diperuntukan untuk berbagai fungsi, baik itu untuk hunian, bangunan publik formal hingga komersil. Karakter bambu yang lentur dan mudah dibentuk menjadikan material ini menjadi pilihan desain selain pertimbangan bambu yang mudah diperoleh dengan nilai yang lebih ekonomis dibanding kayu. Sistem sambungan saat ini memungkinkan konstruksi bambu yang dulunya terbatas dengan rangka batang sudah bisa hadir dengan konstruksi rangka ruang dan memungkinkan dimensi bentangan yang lebih luas lagi.



Gambar 5. 15. Sistem sambungan konstruksi bambu modern
Sumber: (Ironbark Architecture, 2017)

Penggunaan bambu sebagai material arsitektur menyebar di banyak negara di seluruh benua untuk berbagai fungsi.



Gambar 5. 16. Desain arsitektur bambu dari berbagai negara
Sumber: (Paudel, Greenberg , & Henrikson, 2007)

Desain arsitektur bambu juga berkembang pesat di Indonesi, karena ketersediaan bambu yang cukup melimpah di seluruh daerah. Di kota Kupang ada beberapa arsitektur bambu yang dikembangkan, salah satunya adalah restoran 'the King' yang terletak di pantai Tenau. Restoran ini terdiri dari beberapa masa bangunan yang menyebar di site dan memanfaatkan potensi view di tepi pantai. Bangunan ini menjadi salah satu contoh arsitektur berkelanjutan dengan penggunaan material bambu.

Keberlanjutan ekonominya terlihat dari fungsi komersilnya sebagai restoran bahwa material bambu dapat menjadi bahan utama bangunan dengan penampilan yang eksotik dan menjadi daya tarik tersendiri bagi restoran ini. Penggunaan material bambu juga ikut menekan biaya konstruksi bila dibanding dengan penggunaan kayu ataupun baja sekalipun material-material ini didatangkan dari Bali. Hampir 90 % material konstruksi menggunakan bambu, dari kolom dan balok struktur, rangka atap, penutup atap hingga railing dan elemen dekoratif lainnya pada interior. Keberlanjutan sosial terlihat dari pemberdayaan tenaga kerja lokal serta wadah komersial yang dapat menampung berbagai aktifitas masyarakat, baik yang sekedar makan, bersantai ataupun memanfaatkan tempat ini untuk melakukan berbagai acara keluarga (ulang tahun, arisan) hingga event formal seperti *meeting* dan lainnya.

Keberlanjutan lingkungan terlihat dari material alami yang digunakan menjadi selaras dengan site pantai yang masih alami. Karakter bahan alami yang menyerap panas menjadi isolator yang baik sehingga menjaga suhu ruang tetap sejuk dan pantulan permukaan bangunan tidak membebani

lingkungan sekitar. Hal lain yang ikut mendukung aspek lingkungan adalah penyelesaian desain yang berbaur dengan tanaman lontar yang banyak ditemui di sekitar site.



Gambar 5. 17. Arsitektur bambu, Restoran '*The Kings*'

Sumber: Penulis

5.2.4 Rangkuman

Arsitektur dengan material alami menjaga keberlanjutan lingkungan karena dapat diperoleh dengan mudah di sekitar site, dapat diregenerasi, serta proses eksploitasinya tidak merusak lingkungan. Kayu, bambu dan batu adalah material alami yang paling banyak digunakan sebagai material arsitektur di daerah tropis hingga subtropis karena memiliki kekuatan dan ketahan yang dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar. Material-material ini juga bernilai estetik karena memiliki warna dan tekstur yang khas.

5.3 Arsitektur dengan Bahan Daur Ulang

Penggunaan material ramah lingkungan adalah salah satu poin penting dalam prinsip arsitektur berkelanjutan, baik itu material alami, material dengan produksi teknologi maupun material bahan bekas yang didaur ulang sebagai bahan bangunan. Arsitektur dengan bahan daur ulang juga merupakan contoh arsitektur berkelanjutan karena penerapannya menggunakan bahan bekas menjadi bahan bangunan sehingga dapat mengurangi beban lingkungan dalam menampung bahan-bahan bekas yang sebelumnya tidak terpakai. Adapun bahan-bahan bekas yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan:

5.3.1 Bahan Sisa Konstruksi

Bangunan pada usia tertentu harus dibongkar untuk tujuan keamanan pengguna bangunan. Pembongkaran yang dilakukan akan menghasilkan limbah bekas bongkaran dan akan membebani lingkungan sehingga bahan-bahan yang masih layak dipakai bisa digunakan kembali. Contoh bahan-bahan sisa pembongkaran

antara lain: Rangka baja, daun jendela, daun pintu, dan beberapa bahan lainnya. Selain dari sisa pembongkaran, ada juga bahan-bahan bekas sisa konstruksi yang juga bisa digunakan sebagai bahan bangunan. Dalam proses desain penggunaan material sudah harus diperhitungkan agar tidak terdapat sisa material yang terbuang, tetapi pada proses konstruksi tetap terdapat sisa material, harus diupayakan penggunaannya. Kayu bekas dari renovasi desa Luotuowan digunakan sebagai bahan konstruksi pergola pada lereng desa.



Gambar 5. 18. Luotuowan Pergola-Cina, penggunaan kayu daur ulang

Sumber: (Shuang, 2018)

5.3.2 Bahan Dari Bekas Penggunaan Manusia

Aktifitas manusia setiap hari menghasilkan berbagai jenis sampah mulai dari sampah rumah tangga, sampah industri, sampah elektronik hingga peralatan-peralatan besar yang sudah tidak terpakai. Bahan-bahan bekas ini terus digunakan manusia

setiap hari dan menjadi sampah yang terus membebani lingkungan sehingga perlu penanganan yang serius dari berbagai pihak. Salah satu penanganan di bidang arsitektur adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan bekas penggunaan manusia ini sebagai bahan bangunan. Penggunaan bahan bekas dengan sentuhan inovasi desain yang tepat akan menghasilkan bangunan yang eksotik dan elegan. Pemanfaatan bahan bekas ini menjadikan bangunan yang di desain ini menjadi bangunan yang ramah lingkungan.



Gambar 5. 19. Kuil di Thailand dengan bahan botol bekas
Sumber: (Setyorini , 2014)

5.3.3 Rangkuman

Arsitektur dari bahan daur ulang menjadi pilihan bijaksana untuk mengurangi beban lingkungan terhadap bahan-bahan yang tidak terpakai. Satu bangunan yang terbangun dari bahan bekas atau daur ulang memberi dua kontribusi sekaligus bagi lingkungan yakni pemanfaatan bahan tersebut (mengurangi beban lingkungan) serta tidak digunakannya bahan konstruksi yang baru. Penggunaan bahan-bahan bekas ini menjadikan bangunan terbangun sebagai arsitektur berkelanjutan yang peduli terhadap lingkungan, ekonomis serta berdampak sosial karena lingkungan

yang terbebas dari bahan bekas menjadi tempat yang lebih baik dan sehat bagi masyarakat.

5.4 Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Modern

Arsitektur berkelanjutan tidak hanya dari bangunan tradisional atau bangunan dengan penggunaan material ramah lingkungan tetapi juga dapat berupa bangunan modern dengan pemanfaatan energi terbarukan atau dengan penerapan sistem pintar. Bangunan modern dengan penerapan prinsip berkelanjutan dapat hadir dalam bentuk bangunan tinggi ataupun bangunan bentangan lebar.

5.4.1 Bangunan Tinggi

Bangunan tinggi didesain untuk efisiensi penggunaan lahan secara horizontal serta penyediaan lantai secara optimal ke arah vertikal. Tentunya operasional bangunan tinggi menuntut konsumsi energi yang tinggi juga dalam menunjang sistem utilitas yang ada pada bangunan tersebut. Untuk menekan konsumsi energi listrik yang tinggi maka bangunan dapat didesain dengan mengoptimalkan desain pasif yang memanfaatkan potensi site, menghadirkan energi terbarukan sebagai sumber energi yang tergabung dalam desain ataupun menggabungkan desain pasif dengan pemanfaatan energi terbarukan dalam satu desain. Contoh arsitektur berkelanjutan pada bangunan tinggi dapat dilihat pada bangunan-bangunan berikut:

1. Bangunan tinggi dengan energi terbarukan

Desain berkelanjutan pada bangunan tinggi yang memanfaatkan energi terbarukan menggabungkan desain arsitektur dengan perangkat pemanfaatan energi terbarukan tersebut. Energi terbarukan yang umum menjadi bagian dari desain arsitektur adalah energi angin (penggunaan turbin angin) dan matahari (penggunaan panel surya). Bangunan ini jelas menunjukkan keberlanjutan karena konsumsi energi sepanjang usia bangunan diperoleh secara mandiri. Turbin angin atau panel surya adalah perangkat ramah lingkungan, sekalipun dengan biaya perawatan dan biaya teknologi namun tetap ekonomis karena dapat menekan biaya konsumsi energi sepanjang usia bangunan. Penggunaan perangkat energi terbarukan juga memberi dampak baik bagi sosial karena konsumsi energi bangunan tidak membebani pasokan energi dari kota.



Gambar 5. 20. Bangunan tinggi dengan pemanfaatan energi angin
Sumber: (Asadpour et al, 2016)

2. Bangunan tinggi dengan desain pasif

Desain pasif pada arsitektur merupakan salah satu unsur dari prinsip desain berkelanjutan. Penerapan prinsip ini pada desain bangunan tinggi akan memberi kontribusi baik pada konsumsi energi hingga kenyamanan pengguna bangunan. Desain pasif akan mengoptimalkan semua potensi site, baik itu view, sirkulasi udara ataupun orientasi matahari

The city and its living organism, usually,

The city and its living organism, usually,

The city and its living organism, usually,



Sumber: (Munro, 2004)

5.4.2 Bangunan Bentangan Lebar

Bangunan bentangan lebar mensyaratkan sistem struktur yang tepat untuk mendapatkan konstruksi atap yang sesuai dengan kebutuhan ukuran bentangan. Sistem struktur pada bangunan bentangan lebar umumnya merupakan konstruksi berat dari bahan beton ataupun baja dengan desain modern, dengan luas

bidang atap seluas lantai dasar bangunan segingga mempunya bidang penyerapan dan pemantulan panas luas yang ikut mempengaruhi kenyamanan lingkungan dari sisi ekologi. Hal ini paling dirasakan lokasi bangunan di daerah perkotaan yang membutuhkan banyak ruang terbuka, dan bila harus diganti dengan masa bangunan akan memberi dampak negatif bagi lingkungan tersebut.

Desain berkelanjutan yang mempertimbangkan keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan dapat memanfaatkan bidang atap dari bangunan bentangan lebar menjadi ruang terbuka hijau. Ruang terbuka hijau pada atap dapat berfungsi ganda yakni sebagai isolator panas bagi bangunan, sekaligus menjadi ruang sumber oksigen bagi masyarakat sekitar dan rumah bagi beberapa organisme di sekitar site. Contoh arsitektur berkelanjutan pada bangunan bentangan lebar dapat dilihat pada beberapa bangunan berikut ini:

1. Gedung Acros Fukuoka

Acros Fukuoka merupakan salah satu bangunan kantor di kota Fukuoka-Jepang. Keunikan bangunan ini adalah memiliki salah satu sisi yang berfungsi sebagai teras taman yang dipenuhi banyak jenis tanaman. Tinggi teras taman ini mencapai 60 meter berisi sekitar 35.000 tanaman dari 76 spesies yang mendukung kehidupan banyak serangga dan burung di kota ini (Campbell, 2007).

Keberlanjutan ekonomi bangunan ini terlihat dari fungsinya sebagai bangunan kantor dan terdapat toko didalamnya. Fungsi kantor menjadi wadah bekerja bagi karyawan yang adalah masyarakat Fukuoka. Keberlanjutan sosial ditunjukkan melalui desain teras taman yang langsung meyatu dengan taman kota, seolah taman yang berlatar bukit

hijau. Taman kota menjadi ruang sosial bagi masyarakat di kota ini. Sedangkan keberlanjutan lingkungan jelas terlihat melalui desain teras taman yang dipenuhi tumbuhan, memberi dampak langsung pada bangunan yang menghemat konsumsi energi karena taman atap menjaga suhu ruang tetap sejuk. Pengaruh taman atap juga memberi dampak bagi lingkungan sekitar baik itu bagi masyarakat kota dengan mendapatkan udara segar pada ruang terbuka maupun bagi serangga dan burung yang mendapat rumah baru di tengah kota.



Gambar 5. 22. Gedung *Acros* Fukuoka

Sumber: (Workshop Nihon Sekkei Inc, 2005)

2. Gedung *Osaka Municipal Central Gym*

Gedung *Osaka Municipal Central Gym* merupakan bangunan olahraga di kota Osaka-Jepang dengan kapasitas 10.000 tempat duduk. Bangunan ini memiliki keunikan desain karena sebagian fasilitasnya berada di bawah tanah dengan atap hijau yang menyatu dengan taman kota. Bangunan olahraga dengan atap bentang lebar ini jelas

menunjukkan keberlanjutan yang baik untuk semua aspek. Pada aspek ekonomi, keberlanjutan terlihat dengan pemanfaatan gedung ini sebagai pusat olahraga masyarakat umum maupun tempat berlangsungnya berbagai event dari beberapa cabang olahraga seperti basket, voli dan futsal. Konsumsi listrik untuk penghawaan buatan juga ditekan dari desain atap hijau yang menjaga suhu ruangan lebih nyaman. Pada aspek sosial, keberlanjutan ditunjukkan melalui fungsinya sebagai bangunan publik yang dapat digunakan oleh masyarakat umum untuk berolahraga rutin, oleh para atlet untuk berlatih dan bertanding juga untuk masyarakat sebagai suporter pada saat pertandingan. Di samping itu taman kota dan atap hijau di atas bangunan ini menjadi ruang publik yang dapat dipakai masyarakat untuk bersantai. Pada aspek lingkungan, keberlanjutan terlihat dari desain atap hijau yang memberi kontribusi bagi lingkungan dengan menghadirkan ruang terbuka yang luas bagi kota dengan kemampuan menyimpan air hujan dan menyerap panas. Taman kota di atas bangunan ini juga memberi dampak iklim mikro (udara relatif segar) yang baik bagi daerah sekitarnya.



Gambar 5. 23. Gedung *Osaka Municipal Central Gym*
 Sumber : (Workshop Nihon Sekkei Inc, 2005)

5.4.3 Rangkuman

Arsitektur berkelanjutan pada bangunan modern dapat diterapkan pada semua jenis bangunan baik itu bangunan tinggi ataupun bangunan bentangan lebar. Potensi site dapat dimanfaatkan dalam bangunan melalui desain pasif untuk menghadirkan penghawaan dan pencahayaan alami yang nyaman bagi pengguna bangunan serta dapat membantu menekan konsumsi energi bangunan. Selain itu desain aktif juga dapat

dilakukan dengan penggunaan turbin angin atau panel surya untuk memanfaatkan energi angin ataupun panas matahari.

RUBRIK PENILAIAN

Tabel 4. Rubrik penilaian

	Luar biasa	Sesuai standar	Cukup	Kurang
Respons i 100 %	Bisa membuat model pradesain arsitektur berkelanjutan yang inovatif untuk menyelesaikan masalah yang ada di kota Kupang	Bisa membuat model pradesain arsitektur berkelanjutan untuk menyelesaikan masalah yang ada di kota Kupang	Bisa membuat model pradesain arsitektur berkelanjutan	Kurang bisa mengurai kan konsep desain berkelanjutan

INSTRUKSI TUGAS

Baca bab 5 secara saksama dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Berdasarkan pemahaman Anda, buatlah sebuah model pradesain dengan menerapkan prinsip-prinsip desain arsitektur berkelanjutan!

REFLEKSI MAHASISWA

1. Apa yang telah dipelajari dari Bab 5 ini? Seberapa pentingkah hal yang dipelajari ini dalam hubungan dengan pemahaman Anda tentang desain arsitektur berkelanjutan?

DAFTAR PUSTAKA

- Asadpour et al. (2016). Using Wind Turbines in High-Rise Buildings in the Development of Sustainable Architecture (Case Study: Kish Island). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 1069-1084.
- Awal, G. A. (2019). Keberlanjutan Arsitektur Vernakular dalam Pengalaman Praktis. *Seminar Nasional VISTA 1: Eksistensi Arsitektur Vernakular* (pp. 9-21). Kupang : Program Studi Teknik Arsitektur UNWIRA.
- Bakhtiar, Waani, J. O., & Rengkung, J. (2014). Tipe Teori Arsitektur Nusantara Menurut Josef Prijotomo. *Media Matrasain*, XI(2), 32-47.
- Campbell, P. (2007, Mei 3). *Gedung ACROS Fukuoka*. Retrieved from APPROPEDIA: the sustainability wiki: https://www.appropedia.org/ACROS_Fukuoka_building/id
- Irani, M. (2014). Traditional Housing in Sustainable Architecture. *Journal of the Mediterranean Social Sciences*, 666-671.
- Ironbark Architecture. (2017, Mei 7). *Emerging Material Use: Bamboo*. Retrieved from Ironbark Architecture: <http://www.ironbarkarchitecture.com.au/>
- Jeraman, P. (2019). Eksistensi Arsitektur Vernakular NTT. *Seminar Nasional VISTA 1: Eksistensi Arsitektur Vernakular* (pp. 28-42). Kupang: Program Studi Teknik Arsitektur UNWIRA.
- Lakapu, Lapenangga. (2019). Eksplorasi Etnomatematika Dalam Konstruksi Lopo dan Ume Kbubu. *Seminar Nasional Vista 1* (pp. 67-76). Kupang: Program Studi Teknik Arsitektur.
- Lakapu, M., & Lapenangga, A. (2019). Eksplorasi Etnomatematika dalam Konstruksi Lopo dan Ume Kbubu. *Seminar Nasional Vista 1: Eksistensi Arsitektur Vernakular* (pp. 67-76). Kupang : Program Studi Teknik Arsitektur UNWIRA.

- Lapenangga, A. K., Ara Kian, D., & Boli, B. (2020). Sustainable architecture: The lessons from ume kbubu, the traditional house of Fatumnasi Community. *Arteks*, 469-478.
- Lapenangga, A., & Taneo, I. (2019). Karakteristik Rumah Masyarakat Merbaun Sebagai Perwujudan Arsitektur Berkelanjutan. *Seminar Nasional Vista 1: Eksistensi Arsitektur Vernakular* (pp. 93-101). Kupang: Program Studi Teknik Arsitektur UNWIRA.
- Louis, M. (2015). Fungsi Dan Makna Ruang Pada Rumah Adat Mbaru Niang Wae Rebo. *Jurnal Intra*, III(2), 580-585.
- Maliatie, R. C., Monemnasi, A., & Lapenangga, A. K. (2022). Eksplorasi Konsep Berkelanjutan Pada Arsitektur Uma Fafoe di Kabupaten Malaka, NTT. *Jurnal Arsitektur VITRUVIAN*, XII(1), 55-64.
- Munro, D. (2004). *Swis Re's Building, London*. London: Stalbyggnadsproject.
- Noble, A. G. (2007). *Traditional Buildings*. London: I.B.Tauris & Co Ltd.
- Paudel, S., Greenberg , D., & Henrikson, R. (2007). *Visionary Bamboo Design for Ecological Living*. Beijing: Bamboo Technologies.
- Pradipto, E., & Tristanto, K. (2021). Ketahanan Sistem Struktur Bangunan Terhadap Angin, Studi Kasus : Mbaru Niang di Desa Wae Rebo, Kabupaten Manggarai, NTT. *Jurnal Arsitektur PENDAPA*, IV(1), 1-12.
- Setyorini , T. (2014, Oktober 31). *Unik, kuil Buddha di Thailand ini dibuat dari jutaan botol bir!* Retrieved from merdeka.com: <https://www.merdeka.com/gaya/unik-kuil-buddha-di-thailand-ini-dibuat-dari-jutaan-botol-bir.html>

- Shuang, H. (2018, Desember 31). *Pergola in Luotuowan Village / LUO studio*. Retrieved from ArchDaily: <https://www.archdaily.com/908031/pergola-in-luotuowan-village-luo-studio>
- T, N. M. (2019). *Arsitektur Nusantara: Pengantar Pemahaman Arsitektur Tradisional Di Indonesia*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya Bandung.
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2022, November 16). *Jean-Marie Tjibaou Cultural Centre*. Retrieved from Wikepedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Marie_Tjibaou_Cultural_Centre
- Workshop Nihon Sekkei Inc. (2005). Sustainable Building Design Book. *The 2005 World Sustainable Building Conference in Tokyo, Student Session* (p. 18). Tokyo: SB05.
- Z Creators. (2023, April 26). *Gereja St. Antonius Padua Sasi yang Punya Nilai Sejarah dan Budaya di Nusa Tenggara Timur*. Retrieved from Life-Indozone.id: <https://life.indozone.id/news/43801558/gereja-st-antonius-padua-sasi-yang-punya-nilai-sejarah-dan-budaya-di-nusa-tenggara-timur>

GLOSARIUM

A

- Air conditioner* : alat untuk menstabilkan suhu, kelembaban, dan menyejukkan udara
- Aksesibilitas : ukuran kemudahan lokasi untuk diakses
- Amu rakoko* : rumah tradisional Sabu di NTT (Nusa Tenggara Timur)
- Anaerobic pound* : salah satu kolam stabilisasi limbah yang menerima beban organik tinggi dan kondisi anaerob terdapat pada sepanjang kedalaman kolam.
- Arsitektur nusantara : arsitektur tradisional yang tersebar di seluruh Indonesia dengan keragaman budaya, sejarah dan geografi nusantara

B

- Biodegradable waste* : semua limbah yang dapat hancur atau terurai oleh organisme hidup lainnya dan berasal dari tumbuhan atau hewan
- Black water* : air kotor yang berasal dari kloset yang disertai limbah padat ataupun air dari bidet dan urinoir
- Building Automation System* : sistem otomasi bangunan pada bangunan pintar
- Building Information Modelling* : suatu sistem teknologi yang mencakup informasi dalam proses desain, konstruksi, mekanikal dan elektrik dalam pemodelan 3D
- Built* : dikenal sebagai lingkungan binaan yang

environment ditandai dengan rekayasa manusia menggunakan sumber daya dan energi untuk membangun struktur dalam sebuah lingkungan

D

Desain pasif : langkah desain yang memanfaatkan semua potensi tapak dengan seting fisik arsitektur secara langsung

Dew point temperature : suhu udara ketika didinginkan dengan uap air agar menjadi jenuh

Difable : istilah bagi penyandang disabilitas (cacat)

Double façade : teknik desain selubung bangunan sebagai bentuk respon terhadap lingkungan, iklim dan juga dapat menjadi bagian sistem akustik bangunan

Dry bulb temperature : suhu yang terbaca pada termometer

Dynamic shading : *shading* yang dibangun dengan kemampuan bergerak yang dapat beradaptasi dengan pergerakan matahari sehingga menjadi lebih efektif, efisien dan memberi dampak estetis yang lebih dinamis

E

Efek rumah kaca : sebuah peristiwa fisika yang mana gelombang panas yang dilepaskan matahari dan sampai ke bumi dipantulkan kembali oleh permukaan bumi, namun panas tersebut terjebak oleh gas-gas rumah kaca yang terperangkap di atmosfer

E-waste : limbah elektronik dari perangkat listrik yang dibuang

F

Facultative pound : kolam fakultatif sebagai tempat pengolahan air limbah dengan kombinasi bakteri aerobik, anaerobik dan fakultatif (kondisi bakteri dapat hidup dengan atau tanpa oksigen)

G

Gerak semu matahari : gerak matahari yang seolah-olah bergerak dalam setahun dari selatan ke utara dan kembali lagi

Green roof : dikenal juga dengan atap hijau yakni strategi desain dengan elemen vegetasi tergabung dalam konstruksi atap untuk perbaikan iklim mikro dan konservasi energi

Greywater : air limbah dari kegiatan rumah tangga nonkakus (memasak atau mencuci)

H

High rise building : bangunan gedung dengan struktur tinggi di atas 23 meter

Hi-tech arsitektur : sebuah konsep desain pada interior dan eksterior bangunan yang menitik beratkan penggunaan teknologi pada desain untuk mencapai fleksibilitas ruang serta ekspresi ruang modern yang canggih.

HVAV : *Heating Ventilation and Air-Conditioning* adalah sistem pemanas, ventilasi dan pendinginan udara dalam bangunan.

I

Indoor Air Quality : kualitas udara dalam bngunan

<i>Inert</i>	: setiap jenis sampah yang tidak dapat diuraikan secara biologis atau reaksi kimia dan tidak dapat terurai, konsentrasinya mencakup hingga 50% dari total limbah yang dihasilkan dan mengandung banyak jenis polutan sekunder yang berbahaya bagi kesehatan
<i>Information Communication Technology</i>	: teknologi pada bangunan pintar yang terintegrasi untuk mengoperasikan dan mengelola layanan dan fungsi bangunan
Isalotor	: bahan atau zat yang tidak dapat menghantarkan panas
J	
Jejak karbon	: dikenal juga dengan <i>carbon foot print</i> yang menunjukkan jumlah karbon atau gas emisi yang dihasilkan dari aktifitas manusia pada waktu tertentu
K	
Konservasi energi	: pemanfaatan energi terbarukan yang terintegrasi langsung dalam desain arsitektur
L	
<i>Lopo</i>	: salah satu rumah tradisional suku Atoni di pulau Timor-NTT (Nusa Tenggara Timur)
M	
<i>Maturation pound</i>	: kolam maturasi berfungsi untuk mengolah air limbah yang berasal dari kolam fakultatif
<i>Micro climate</i>	: dikenal juga dengan iklim mikro yakni iklim dalam suatu wilayah kecil dan spesifik yang lebih kecil pada satu area yang lebih luas
<i>Mopuk</i>	: nama lokal kayu balok dari pohon lontar atau

kelapa

O

Ondol : sistem pemanas ruangan dengan seting lantai untuk mengatasi masalah suhu rendah pada musim dingin

Overall Thermal Transfer Value : nilai untuk mengontrol perpindahan panas dari lingkungan luar menuju lingkungan dalam bangunan melalui selubung bangunan

P

Pelupu : dinding atau lantai bambu cincang dalam bentuk lembaran

Pembakaran stasioner : pembakaran tidak bergerak yang menghasilkan emisi, misalnya gunung meletus, industri dan kebakaran hutan

Plastic Waste Discharges : sampah plastik yang dibuang

Pyranometer : alat pengukur radiasi matahari

R

Rainwater : air hujan yang jatuh di atap dan ditampung ke dalam penyimpanan sebelum mengenai tanah

Rain water harvesting : sietem penampungan air hujan

Recyclable waste : setiap bahan limbah yang dapat digunakan kembali untuk tujuan yang bermanfaat sering disebut sebagai limbah yang dapat didaur ulang

Recycle : daur ulang

Reduce : mengurangi penggunaan

Reuse : penggunaan kembali

Relative humidity : kelembaban udara

Renewable energy : sumber energi yang berasal dari alam, digunakan secara bebas dan terus diperbaharui

S

Self sufficiency energy : konsep penyediaan energi secara mandiri pada bangunan tetapi yang membedakannya ialah konsep ini berupaya memenuhi hampir semua kebutuhan bangunan mulai dari energi, iklim mikro bangunan, air bersih, makanan serta lingkungan yang natural

Shading : elemen tambahan yang digunakan sebagai tabir untuk menghalangi pancaran sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan panas dan silau ke dalam bangunan

Sick Building Syndrom : keadaan yang menyatakan sebuah bangunan tidak sehat dan memberi dampak penyakit bagi pengguna di dalamnya

Skylight : jenis jendela yang dipasang di atap bangunan

Smart building : dikenal juga dengan bangunan pintar yaitu konsep penggunaan sistem pintar untuk kemudahan pengontrolan dan otomatisasi pada bangunan

Smart material : material bangunan yang dikembangkan dengan teknologi

Solar techture : bangunan yang terintegrasi fotovoltaiik

Solar cell : panel surya yang berfungsi sebagai pembangkit listrik yang digunakan untuk

	mengubah energi dari panas matahari menjadi energi listrik
<i>Sound system</i>	: sistem jaring elektrikal tata suara pada bangunan
<i>Stack effect</i>	: dikenal juga dengan efek cerobong asap yakni cara menggerakkan udara dengan memanfaatkan perbedaan temperatur vertikal suatu bangunan
<i>Static shading</i>	: <i>shading</i> yang dibangun secara masif
<i>Stormwater</i>	: air yang berasal dari curah hujan dan mengalir dari wilayah daratan, termasuk hujan yang jatuh di atas atap, diarahkan melalui selokan dan pipa bawah ke tanah atau ke saluran pembuangan, serta hujan yang jatuh di area permukaan tanah ataupun di permukaan perkerasan dan halaman rumput
<i>Sustainable architecture</i>	: sebuah konsep berpikir arsitektur untuk meminimalkan dampak negatif lingkungan akibat kehadiran sebuah bangunan sehingga proses pembangunan saat ini dapat berdampak baik bagi generasi selanjutnya
<i>Sustainable city</i>	: kota yang mampu memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengabaikan kebutuhan generasi mendatang
<i>Sustainable design</i>	: dasar filosofis tumbuhnya gerakan pribadi dan organisasi yang mencari literatur untuk mendefinisikan kembali bagaimana bangunan dirancang, dibangun dan dioperasikan lebih bertanggungjawab terhadap lingkungan
<i>Sustainable</i>	: proses pembangunan yang berprinsip

development : memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan

T

Transit Oriented Development : konsep pembangunan kota yang terintegrasi antara jaringan jalan, fungsi bercampur dengan sistem transportasi

U

Ume kbubu : salah satu rumah tradisional suku atoni di pulau Timor- NTT (Nusa Tenggara Timur)

Urban agriculture : upaya membudidayakan tanaman dan ternak pada lahan terbatas perkotaan

Urban farming : pemanfaatan ruang terbuka menjadi lahan hijau dengan tanaman pertanian

W

Water treatment : proses pengolahan air untuk meningkatkan kualitas air agar dapat digunakan

Wet bulb temperature : suhu yang ditunjukkan thermometer bola basah

Wind turbin : turbin angin untuk menghasilkan energi listrik

Z

Zero energy building : konsep manajemen energi mengupayakan zero (nol) penggunaan energi tidak terbarukan pada bangunan dengan menggunakan energi terbarukan

Zero waste : sebuah konsep yang dimulai dari proses produksi, operasional dan penggunaan kembali sehingga materi yang dipakai tidak sampai menjadi sampah tetapi sudah mendapat penanganan

INDEKS

A

Aksesibilitas, 50

Arsitektur nusantara, 57, 168, 181

B

Black water, 119

Building Automation System, 156, 160

Building Information Modelling, 74

D

Desain pasif, 59, 61, 194

Double façade, 69

Dynamic shading, 75, 91

E

Efek rumah kaca, 12

E-waste, 118

G

Gerak semu matahari, 16

H

Hi-tech arsitektur, 159

HVAC, 157

I

Indoor Air Quality, 76

Inert, 117

Information Communication Technology, 155

J

Jejak karbon, xii, 13, 15

K

Konservasi energi, 59

L

Lopo, vii, x, 51, 52, 175, 176, 202

O

Ondol, viii, 67

Overall Thermal Transfer Value, 69, 71

P

Pemanasan global, 8, 18

Plastic Waste Discharges, 112, 146

R

Recyclable waste, 117

Recycle, 100

Reduce, 99

Reuse, 99

S

Shading, 73, 75

Sick Building Syndrom, 70

Solarteecture, 109

Stack effect, 79

Stormwater, 134

Sustainable architecture, 20, 92, 203

Sustainable city, 26

Sustainable design, 23, 26

T

Transit Oriented Development, 51

U

Ume kbubu, 175

Z

Zero waste, 126, 127

TENTANG PENULIS



Apridus Kefas Lapenangga lahir di Kupang pada tanggal 11 April 1986. Penulis menyelesaikan program sarjana pada September 2009 di Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Widya Mandira Kupang. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Magister Arsitektur Universitas Adma Jaya Yogyakarta dan mendapat gelar Magister Teknik pada Juli 2016. Topik tesis yang dikaji dalam penyelesaian jenjang magister adalah Jejak Karbon Bangunan.

Saat ini penulis menjadi staf pengajar tetap Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Widya Mandira di Kupang. Adapun rumpun ilmu pada prodi arsitektur yang menjadi konsentrasi penulis adalah *building sains*. Penulis mengajar beberapa mata kuliah *building sains* antara lain; Utilitas Bangunan, Fisika Bangunan, Ilmu Bahan Bangunan, Arsitektur Berkelanjutan, Bangunan Pintar dan Studio Perancangan 1-2. Salah satu topik penelitian dan publikasi yang dikaji untuk mendukung penulisan buku ini adalah arsitektur berkelanjutan pada bangunan tradisional *Ume Khabu*.

ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

Arsitektur berkelanjutan merupakan sebuah konsep berpikir dalam desain arsitektur yang berwawasan lingkungan dengan menitikberatkan pada keberlanjutan sosial, ekonomi dan lingkungan. Keberlanjutan 3 komponen ini memberi dampak baik pada masa sekarang dan berlanjut bagi generasi yang akan datang. Pertumbuhan masyarakat saat ini mempengaruhi kualitas sosial, ekonomi dan lingkungan sehingga diperlukan konsep berkelanjutan dalam penataan lingkungan binaan.

Buku ini menjelaskan secara praktis tentang pemahaman akan Arsitektur Berkelanjutan, tiga elemen dasar dari Arsitektur Berkelanjutan tersebut serta prinsip-prinsip desain yang mengarahkan sebuah bangunan didesain dan dibangun menjadi sebuah arsitektur yang berkelanjutan. Isi dari buku ini terbagi menjadi lima bab yang menjelaskan tentang teori maupun contoh-contoh arsitektur berkelanjutan, yang dijabarkan sebagai berikut:

- Sejarah dan Pengertian Arsitektur Berkelanjutan
- Prinsip-prinsip Arsitektur Berkelanjutan
- Penerapan Arsitektur Berkelanjutan
- Manajemen Operasional Bangunan
- Contoh Bangunan Berkelanjutan