

Hendrica Etmi Primarini | Henita Rahmayanti | Irika Wideasanti

Editor: Prof. Dr. Henita Rahmayanti, M.Si. & Ir. Irika Wideasanti, M.T.



KONSEP

GREEN BUILDING



VIEW PDF

DISASTER RESEARCH INTEGRATED BOOK VOCATIONAL EDUCATION

litrus.

KONSEP

GREEN BUILDING

DISASTER RESEARCH INTEGRATED BOOK VOCATIONAL EDUCATION

Hendrica Etmi Primarini | Henita Rahmayanti | Irika Wideasanti

Editor: Prof. Dr. Henita Rahmayanti, M.Si. & Ir. Irika Wideasanti, M.T.

 Penerbit
litrus.

**KONSEP GREEN BUILDING:
Disaster Research Integrated Book Vocational Education**

Ditulis oleh :
Hendrica Etmi Primarini
Henita Rahmayanti
Irika Widiyanti

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT. Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Kav. B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Agustus 2023

Editor
Prof. Dr. Henita Rahmayanti, M.Si.
Ir. Irika Widiyanti, M.T.

Validator:
Prima Dwi Yulianti, M.Pd.
Ratih Saraswati, M.Pd.
Drs. Krisnajaya, M.Hum.
Dr. Cecep Kustandi, MP.
Dr. Ir. Rusmono, M.Pd.
Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd.
Dr. Cahyadi Setiawan, S.Si., M.Si.
Ilham Badaruddin Matabaru, S.Si., M.Si.
Dr. Muzani. Dipl-Eng., M.Si.

Perancang sampul: Noufal Fahriza
Penata letak: Noufal Fahriza

ISBN : 978-623-8364-23-7
x + 87 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Negara Indonesia adalah negara yang sangat luas dan penuh dengan keindahan alam yang dapat memukau mata siapa saja yang melihatnya. Tetapi dibalik keindahan yang dimiliki oleh Indonesia, tersimpan banyak sekali permasalahan terkait dengan bencana alam. Bahkan sampai banyak ahli menyebutkan bahwa negara Indonesia diibaratkan seperti sebuah laboratorium bencana raksasa, yang kita tidak akan dapat tahu kapan bencana alam itu mendatangi kita. Banyak bencana alam yang terjadi tidak hanya di Indonesia, melainkan di seluruh dunia yang sangat sulit untuk diprediksi kedatangannya.

Walaupun demikian, pada satu sisi kita sebagai manusia dituntut untuk dapat hidup secara berdampingan dengan bencana alam yang terjadi dan pada sisi yang lainnya kehidupan manusia harus tetap berjalan. Maka dari itu, sangatlah wajib bagi kita sebagai manusia yang hidup berdampingan dengan bencana alam untuk dapat mengurangi dampak buruk yang diakibatkan oleh kejadian bencana alam. Untuk dapat mengurangi dampak buruk dari kejadian bencana alam adalah

dengan menerapkan mitigasi bencana alam. Mitigasi bencana alam ini sendiri merupakan suatu serangkaian proses yang dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengurangi dampak buruk dari kejadian bencana alam. Mitigasi bencana dapat dibagi menjadi dua jalur besar, yaitu mitigasi bencana fisik (structural) dan mitigasi bencana non-fisik (non-struktural).

Mitigasi bencana yang bersifat fisik ini memiliki kekuatan yang sangat besar dalam menahan dampak buruk, karena mitigasi structural sangatlah dibutuhkan sebagai bentuk dukungan kepada keberlanjutan kehidupan masyarakat. Salah satu focus daripada upaya mitigasi bencana fisik (structural) ini adalah dengan melakukan serta mendukung daripada konsep Bangunan Hijau (*Green building*). Konsep bangunan hijau (*Green building*) merupakan sebuah rancangan baik sebagai sebuah struktur serta proses dalam penggunaan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan serta sumber daya yang efisien pada seluruh siklus hidup bangunan, mulai dari perencanaan dasar, desain bangunan, konstruksi bangunan, operasi bangunan, pemeliharaan bangunan, renovasi bangunan, sampai kepada pembongkaran bangunan.

Buku DRICA ini disusun bagi para peserta didik siswa SMK yang memang pembelajarannya berfokus kepada Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan yang akan sangat dibutuhkan sebagai bekal bagi para siswa ketika berada pada lingkungan dunia kerja, seperti dunia usaha maupun dunia industri. Buku DRICA ini juga disusun dengan menggunakan berbagai contoh gambar yang dapat mendukung proses visualisasi pembelajaran bagi para siswa SMK, sehingga selain para siswa tersebut mendapatkan teorinya juga mendapatkan contoh gambarannya secara langsung.

Prof. Dr. Henita Rahmayanti, M.Si

PRAKATA

Ucapan syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan kekuatan, semangat dan kesempatan yang tidak ternilai harganya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan buku “*Disaster Research Integrated Book For Vocational Education: Konsep Green building*” ini.

Penulisan buku ini didorong oleh suatu permasalahan yang dimana upaya mitigasi bencana alam, khususnya yang bersifat fisik (structural) ini sedang banyak dilakukan. Karena memang upaya mitigasi bencana yang bersifat structural ini memiliki kekuatan yang sangat besar dalam menahan dampak buruk, hal tersebut karena mitigasi structural juga sangatlah dibutuhkan sebagai bentuk dukungan kepada keberlanjutan kehidupan masyarakat. Kejadian bencana alam ini setiap kali memiliki frekuensi serta kekuatan yang semakin besar, akibat dampak dari perubahan iklim. Salah satu upaya mitigasi sturktural tersebut yang sedang banyak diupayakan saat ini adalah penerapan konsep bangunan hijau (*Green building*). Konsep bangunan hijau (*Green building*) sendiri adalah sebuah rancangan baik sebagai sebuah struktur serta proses dalam penggunaan yang memiliki sifat serta bahan material yang ramah terhadap lingkungan.

Buku ini disusun untuk para siswa SMK yang berfokus kepada materi pembelajaran bangunan hijau (*Green building*), terlebih bagi para siswa SMK dengan jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan yang sangat dibutuhkan sebagai bekal bagi para siswa kelak ketika terjun secara langsung di dunia kerja.

Secara singkat isi daripada buku ini membahas terkait dengan bencana alam (terutama banjir), perubahan iklim, konsep bangunan hijau (*Green building*), serta berbagai langkah-langkah dalam melakukan perencanaan desain dari bangunan hijau (*Green building*), yang meliputi desain bangunan dengan efisiensi air, efisiensi udara, efisiensi pengolahan sampah, dan efisiensi penggunaan lahan.

Atas segala bantuan dan pengertian dari berbagai pihak, penulis sampaikan ucapan terima kasih. Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala membalas segala kebaikan tersebut dengan pahala yang setimpal. Semoga karya ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan serta kompetensi dari siswa SMK pada masa yang akan datang. Aamiin.

Jakarta, 17 Juni 2023

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala limpahan kenikmatan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ini dapat terselesaikan dengan sangat baik.

Buku dengan judul “*Disaster Research Integrated Book For Vocational Education: Konsep Green building*” yang merupakan salah satu bentuk luaran dari Penelitian Tesis saya untuk mencapai gelaran Magister. Terwujudnya buku ini tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Henita Rahmayanti, M.Si, selaku dosen pembimbing pertama
2. Ir. Irika Widiyanti, M.T, selaku dosen pembimbing kedua
3. Dr. Mochammad Sukardjo, M.Pd, selaku reviewer buku
4. Dr. Muzani, Dipl. Eng., M.Si, selaku reviewer buku
5. Dr. Ir. Rusmono, M.Pd, selaku reviewer buku
6. Ilham Badaruddin Mataburu, S.Si., M.Si, selaku reviewer buku

7. Dr. Cahyadi Setiawan, S.Si., M.Si, selaku reviewer buku
8. Suamiku tercinta, Fanny Ardhian
9. Anak-anakku tercinta, Tian dan Cilla

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	iii
Prakata.....	v
Ucapan Terima Kasih	vii
Daftar Isi.....	ix

BAB 1

PENDAHULUAN1

Masalah Lingkungan 1

Mengapa Harus Buku DRICA? 3

BAB 2

BENCANA ALAM.....5

BENCANA BANJIR 8

Proses Terjadinya Banjir..... 13

Banjir Akibat dari Sampah..... 14

Banjir Akibat dari Pemanfaatan Lahan (Landuse)..... 15

Proses Penggurunan (Desertification) 19

Banjir akibat dari Penutupan Lahan (Land Cover Change)	21
Perubahan Iklim	24
Perubahan Iklim akibat dari Suhu Udara yang Semakin Panas	25
Perubahan Iklim akibat dari Penggunaan Material	29

BAB 3

GREEN BUILDING 31

Konsep Dasar Green Building	31
Tahapan Perencanaan Green Building.....	34
Tahapan Pembangunan Green building	35
Tahapan Pengoperasian dan Pemeliharaan Green Building.....	35
Tools Penilaian Green Building	36
Elemen-elemen Green building	38

BAB 4

DESAIN GREEN BUILDING 53

Desain Bangunan dengan Efisiensi Air	53
Desain Bangunan dengan Efisiensi Udara.....	55
Desain Bangunan dengan Efisiensi Pengolahan Sampah	57
Desain Bangunan dengan Efisiensi Penggunaan Lahan	60
Desain Bangunan dengan Efisiensi Material	61

Daftar Pustaka	67
Indeks.....	73
Glosarium.....	77
Tentang Penulis	87



BAB 1

PENDAHULUAN

Masalah Lingkungan

Begitu panjangnya sejarah umat manusia yang penuh dengan contoh kemajuan peradaban yang hilang dan hancur akibat permasalahan lingkungan yang diciptakan oleh tindakan mereka sendiri. Dan sepertinya sejarah tersebut tidak kita jadikan sebagai sebuah pelajaran yang berharga untuk dapat menghindarkan diri kita dan generasi kita agar permasalahan lingkungan yang sama tidak terjadi. Sebab permasalahan lingkungan yang terjadi tersebut telah melahirkan sikap kepedulian yang sangat besar dari seluruh kalangan masyarakat, mulai dari masyarakat atas sampai bawah, serta kalangan politisi dan pemerintah.

Upaya dalam peningkatan kualitas hidup ini merupakan suatu usaha sepanjang hayat dalam meraih kenyamanan hidup. Kenyamanan hidup yang didapatkan, selain untuk dapat dinikmati oleh dirinya sendiri, juga berharap untuk dapat diberikan atau diwariskan kepada anak dan cucu kita. Usaha dalam meningkatkan kualitas hidup manusia tidak akan pernah berhenti sampai akhir zaman nanti. Segala cara dan upaya dilakukan dan dikembangkan

oleh manusia untuk dapat memanfaatkan segala potensi alam yang ada (perusakan alam dan eksploitasi alam) dan dapat mereka capai dan kuasai.

Permasalahan lingkungan hidup yang sedang dihadapi oleh seluruh umat manusia yang berada di bumi ini bukanlah sesuatu hal yang baru muncul ke permukaan/yang terlihat, melainkan merupakan hasil dari akumulasi dari sekian banyaknya faktor penyebab serta lamanya waktu (terus terjadi secara berkesinambungan) dari persoalan itu sendiri (tindakan perusakan dan eksploitasi lingkungan alam yang tidak bertanggung jawab). Dengan adanya karakteristik yang demikian, maka persoalan tersebut sering kali tidak dapat diselesaikan atau diminimalkan hanya oleh lembaga ataupun kelompok masyarakat tertentu saja, bahkan juga tidak dengan cara berpikir yang terbatas. Memang sangat disayangkan bahwa cara berpikir yang terbatas/sempit ini lah yang menjadi titik balik dari kerusakan lingkungan hidup yang saat ini banyak terjadi.

Salah satu cara untuk dapat mengatasi masalah lingkungan yang terjadi di masyarakat adalah dengan memperkuat pendidikan lingkungan di masyarakat. Memperkuat pendidikan lingkungan di masyarakat tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan materi pendidikan lingkungan kepada seluruh kalangan masyarakat, dalam hal ini khusus kepada siswa sekolah. Seperti yang kita ketahui bahwa pendidikan lingkungan merupakan pengetahuan, kepedulian dan penanganan terhadap lingkungan hidup yang sangat perlu dipelajari untuk dapat meningkatkan keterampilan praktis dan menerapkan solusi yang efektif dalam menyelesaikan berbagai macam permasalahan lingkungan.

Keberhasilan memasukkan (mengintegrasikan) permasalahan lingkungan ke dalam sistem pendidikan tergantung kepada sejauh mana mereka dapat disajikan sebagai sebuah persyaratan lokal adat yang sangat penting dalam pertumbuhan dan kesejahteraan negara. Dalam proses pelaksanaan pendidikan lingkungan, sangatlah perlu untuk dapat menyusun proses partisipatif yang mendukung dalam

mengatasi hubungan kekuasaan yang terkonsolidasi serta dapat menjamin kewarganegaraan, terutama bagi mereka yang berada dalam situasi kerentanan sosial-lingkungan yang jauh lebih besar.

Mengapa Harus Buku DRICA?

Pendidikan lingkungan sebagai bentuk *Best Practices* di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk dapat melakukan sebuah perubahan, perkembangan atau pengembangan yang meliputi kehidupan sosial, budaya, ekonomi dan lingkungan secara berkesinambungan, sehingga dapat menghasilkan kondisi yang sangat sesuai dengan keadaan lingkungan yang dibutuhkan oleh keberlanjutan kehidupan umat manusia. Maka dari itu, para siswa SMK sangat perlu untuk diberikan pengetahuan, serta keterampilan yang mumpuni untuk dapat bekerja secara maksimal dengan memperhatikan kondisi lingkungan di sekitarnya, menghindari dampak buruk dan bersikap bertanggung jawab terhadap kelestarian lingkungan.

Materi tentang pendidikan lingkungan sudah mulai tertuang di domain/elemen dalam mata pelajaran Dasar-dasar Teknik Konstruksi dan Perumahan pada Program Keahlian TKP (Teknik Konstruksi dan Perumahan) kelas X. Capaian pembelajarannya adalah siswa mampu memahami berbagai jenis pekerjaan di bidang konstruksi dan perumahan, perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi dan perumahan, isu-isu global terkait green building dan sustainable building, serta spesifikasi dan karakteristik bahan bangunan sesuai dengan perkembangan teknologi berbasis green material. Materi tentang pendidikan lingkungan sudah mulai tertuang di domain/elemen Mata pelajaran Dasar-dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan pada Program Keahlian DPIB (Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan) kelas X. Capaian pembelajarannya adalah siswa mampu memahami perkembangan teknologi dan isu-isu global terkait green building dan sustainable building yang dijadikan dasar

penggambaran konstruksi bangunan serta siswa mampu memahami spesifikasi dan karakteristik bahan bangunan dengan berbasis green material dan berbagai jenis pekerjaan konstruksi yang mendasari gambar konstruksi gedung, dengan mengangkat isu-isu global terkait *green building* dan *sustainable building* untuk dasar dalam penggambaran konstruksi.



BAB 2

BENCANA ALAM

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan dan keindahan alam yang sangat luar biasa, tetapi di balik itu semua Indonesia memiliki segudang permasalahan terkait dengan bencana alam. Kejadian bencana alam merupakan sebuah peristiwa yang merugikan bagi keberlanjutan kehidupan umat manusia yang disebabkan oleh kejadian atau serangkaian kejadian alam. Bencana alam juga dapat disebabkan oleh faktor alam, faktor non-alam, maupun faktor manusia, sehingga dapat menimbulkan korban jiwa, kerusakan fasilitas umum, rusaknya tempat tinggal sampai kepada rusaknya sarana dan prasarana lainnya. Dapat dikatakan bahwa peristiwa alam yang tidak memiliki dampak negatif kepada keberlanjutan kehidupan umat manusia, masih belum bisa disebut sebagai bencana alam (Supriono, 2014; Rahmayanti, dkk 2020).

Dalam definisi sebelumnya menyebutkan bahwa bencana alam dapat disebabkan oleh faktor alam, faktor non-alam serta faktor manusia. Oleh karena itu, di dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana juga mendefinisikan tiga (3) jenis bencana, yaitu bencana alam, bencana non-alam dan bencana sosial. Berikut adalah penjelasannya:

1. **Bencana Alam**, merupakan kejadian bencana yang disebabkan oleh sebuah atau banyak peristiwa yang terjadi secara alamiah, contohnya adalah kejadian angin topan, tanah longsor, tsunami, gempa bumi, gunung meletus, banjir dan kekeringan.
2. **Bencana Non-alam**, merupakan kejadian bencana yang disebabkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh faktor non-alam (bukan alam), contohnya adalah kebakaran hutan/lahan yang disebabkan oleh manusia, epidemi penyakit, wabah penyakit (pandemi), kecelakaan transportasi, kegagalan konstruksi/teknologi, kegagalan modernisasi, dampak industri, ledakan nuklir, pencemaran lingkungan dan kegiatan keantariksaan.
3. **Bencana Sosial**, merupakan kejadian bencana yang disebabkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh manusia, contohnya adalah konflik dan kerusakan sosial antar kelompok masyarakat, serta aksi teror yang dilakukan oleh suatu kelompok.



Gambar 1. Kejadian Bencana Banjir Bandang
Sumber: Detik News (2019)

Perhatikan gambar 1 di atas, dapat kita ketahui bahwa kejadian banjir bandang yang merupakan banjir yang besar dan terjadi secara tiba-tiba adalah termasuk ke dalam jenis bencana alam. Ada banyak penyebab terjadinya banjir tersebut yang sifatnya adalah akumulatif.

Secara umum, bencana dapat juga diklasifikasikan menjadi tiga (3) jenis, yaitu :

1. **Bencana Alam Geologis**, merupakan bencana alam yang terjadi di permukaan bumi dan bukan disebabkan oleh faktor manusia. Contohnya adalah gempa bumi, tanah longsor, tsunami, gunung meletus, banjir, dan lain sebagainya.
2. **Bencana Alam Meteorologis/Klimatologis**, merupakan bencana alam yang terjadi karena faktor perubahan iklim yang signifikan, angin maupun hujan yang berdampak buruk kepada alam dan kepada keberlanjutan kehidupan umat manusia. Contohnya adalah banjir bandang, kekeringan, angin puting beliung, badai, dan lain sebagainya.
3. **Bencana Alam Ekstraterestrial**, merupakan bencana alam yang secara umum merupakan bencana alam yang terjadi karena adanya benda langit atau benda yang berasal dari luar planet bumi. Bencana alam ini tercatat dan tergolong sebagai bencana alam yang paling jarang terjadi. Contohnya adalah kejadian bencana badai matahari.



Gambar 2. Bencana Alam Ekstraterestrial Badai Matahari

Sumber: Kompas (2022)

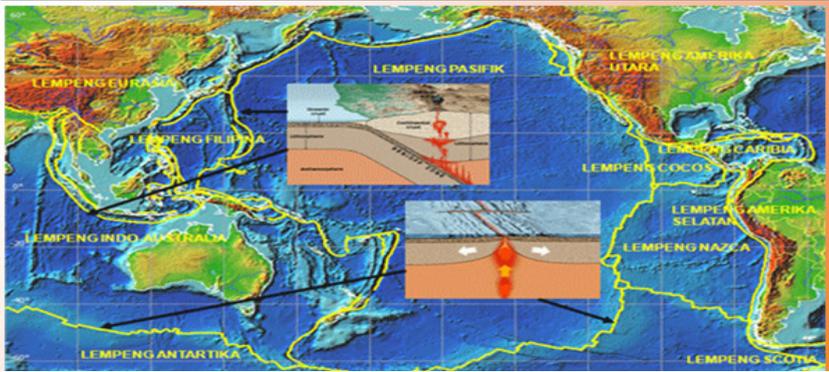
Perhatikan gambar 2 di atas, dapat kita ketahui bahwa bencana badai matahari merupakan contoh dari bencana alam Ekstraterestrial

yang tentu saja sangat jarang terjadi. Walaupun demikian, bencana alam ekstraterrestrial ini juga memiliki dampak yang sangat merugikan kepada bumi kita, apabila terjadi dengan kekuatan yang besar.

Suatu bencana pada hakikatnya dipandang sebagai suatu peristiwa yang sangat negatif. Walaupun demikian pada satu sisi yang lain menyatakan bahwa secara umum, peristiwa bencana alam tidak selalu memiliki konsekuensi yang buruk/negatif yang signifikan. Suatu peristiwa bencana alam juga dapat memberikan motivasi yang positif atau baik untuk bisa dilakukannya suatu perubahan dalam praktik pencegahan risiko bencana, baik yang bersifat struktural maupun yang bersifat non-struktural. Kejadian bencana alam yang banyak terjadi saat ini banyak dipengaruhi oleh berbagai permasalahan lingkungan, seperti halnya pemanasan global dan perubahan iklim serta dampaknya yang juga semakin lama semakin tinggi. Pada pembahasan utama dalam buku ini adalah terkait dengan bencana alam banjir, yang akan dibahas lebih lanjut dalam Bab ini.

BENCANA BANJIR

Secara geologis dan hidrologis bahwa posisi negara Indonesia berada pada kondisi yang sangat rawan terjadinya berbagai macam bencana alam. Negara Indonesia terletak di antara Benua Asia dan Benua Australia, serta berada pada pertemuan tiga (3) lempeng besar utama dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik.



Gambar 3. Lempengan Tektonik Dunia

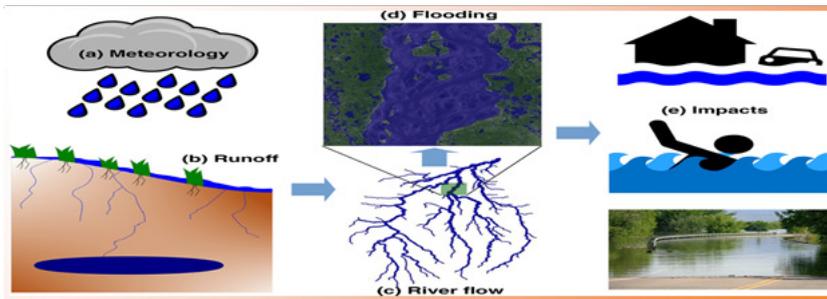
Sumber : BMKG (2017)

Hal yang demikian tersebut mengakibatkan sebagian besar wilayah negara Indonesia sangat rawan terjadi bencana alam. Berikut adalah pembahasan dari pengertian bencana banjir. Perhatikan gambar 3 di atas, dapat kita ketahui bahwa Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik dunia.

Banjir merupakan suatu peristiwa dari meluapnya air dari batas tebing sungai dalam jangka waktu yang relatif singkat/pendek atau juga dapat dikatakan sebagai suatu peristiwa tergenangnya air di permukaan bumi sampai melebihi batas tertentu yang dapat mengakibatkan kerugian, baik kerugian secara materiil maupun non-materiil. Pada beberapa wilayah di Indonesia, peristiwa bencana banjir paling sering terjadi dan berulang setiap tahunnya, terutama pada saat musim penghujan tiba. Bahkan sampai saat ini pun, permasalahan terkait bencana banjir masih belum dapat terselesaikan dan cenderung mengalami peningkatan frekuensi, luasannya, kedalamannya maupun durasi kejadiannya (Suripin, 2004).

Frekuensi kejadian banjir semakin parah, juga disebabkan oleh banyak faktor, misalnya pertumbuhan penduduk, tidak teraturnya tata ruang perkotaan, tidak tersediannya sarana dan prasarana perkotaan, serta pemanfaatan tata guna lahan yang tidak tertib, sehingga menyebabkan meningkatnya frekuensi banjir pada

wilayah perkotaan. Meningkatnya jumlah penduduk perkotaan akibat urbanisasi ataupun penduduk tetap yang tidak mengimbangi kesadaran akan pentingnya upaya pencegahan serta penanganan banjir akan dapat semakin memperparah permasalahan banjir di wilayah perkotaan. Selain itu, penerapan hukum yang tidak konsisten serta tidak memiliki komitmen secara penuh oleh pemerintah juga ikut berkontribusi dalam menambah daftar panjang dalam penanganan permasalahan banjir.



Gambar 4. Flood Disaster Model

Sumber: Uhe, dkk (2021)

Dapat kita perhatikan pada Gambar 4 di atas, bahwa awal kejadian bencana alam banjir adalah dimulai dari kejadian hujan, yang dimana air hujan tersebut sangat sulit untuk dapat meresap ke dalam tanah yang disebabkan karena banyaknya *runoff* (Limpasan). Sehingga air hujan tersebut hanya mengalir ke tempat yang lebih rendah (dataran yang lebih rendah). Air hujan tersebut juga masuk ke dalam badan-badan sungai, yang dimana dari sungai tersebut mengalami peluapan yang berlebihan, yang menyebabkan airnya menjadi tumpah ke daratan. Air sungai tersebut tidak dapat mengalir secara baik dan benar, karena sungainya banyak sampah, limbah, lumpur dan lain sebagainya. Kekuatan dari bencana banjir tersebut semakin besar, karena air yang datang berasal dari *runoff* (limpasan) dan dari air sungai yang meluap, sehingga banjir yang terjadi semakin besar. Kejadian banjir yang besar tersebut tentu saja dapat merugikan

bagi keberlanjutan kehidupan umat manusia, baik merugikan secara materiil maupun non-materiil.

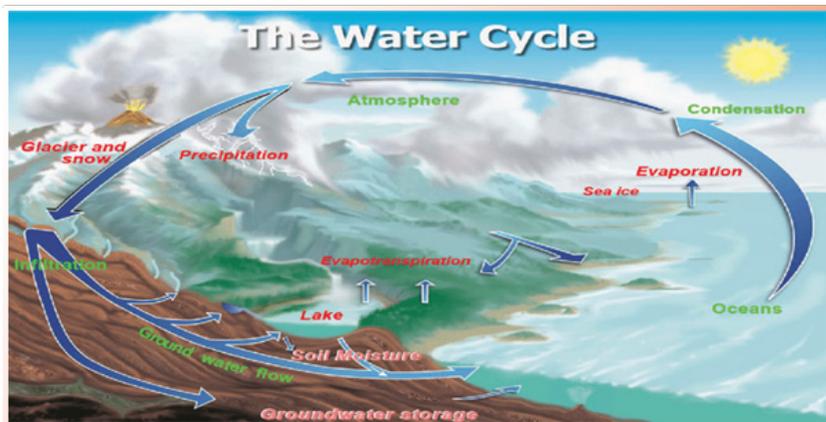


Gambar 5. Jumlah Kejadian Bencana Alam di Indonesia

Sumber : BNPB (2022)

Dapat kita cermati juga bahwa dari Gambar 5 di atas jumlah kejadian banjir paling banyak terjadi di Indonesia sampai pada bulan Agustus 2022 dengan jumlah kejadian total yang tercatat sebanyak 847 kejadian banjir. Kejadian bencana banjir yang sering terjadi tersebut juga diikuti dengan banyaknya kejadian cuaca ekstrem yang tercatat sebanyak 742 kejadian.

Dalam penjelasan yang lain terkait bencana banjir, maka banjir dapat diartikan sebagai suatu peristiwa dimana air menggenangi wilayah daratan atau suatu lahan yang semestinya kering, sehingga menimbulkan kerugian yang bersifat fisik bagi manusia serta berdampak kepada sosial dan ekonomi.



Gambar 6. Hydrology Cycle

Sumber : Cui, dkk (2018).

Seperti yang sudah disinggung sebelumnya bahwa kejadian bencana banjir ini merupakan sebuah fenomena alam yang termasuk ke dalam siklus alami yang disebut sebagai siklus hidrologi (perhatikan Gambar 6). Siklus hidrologi merupakan suatu siklus atau perputaran yang menggambarkan proses bolak-balik yang seimbang antara perubahan bentuk air dengan pergerakan massa air dari darat, laut dan atmosfer. Dengan kata lain, siklus hidrologi ini merupakan sebuah perputaran air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses yang terjadi secara terus-menerus. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut terkait dengan siklus hidrologi ini :

1. **Intersepsi**, hujan yang turun dari langit tertahan pada permukaan tumbuh-tumbuhan (*canopy*). Peristiwa ini disebut sebagai intersepsi.
2. **Infiltrasi**, setelah mengalami intersepsi, selanjutnya air hujan akan jatuh ke daratan atau ke permukaan bumi dan kemudian terserap ke dalam tanah. Peristiwa terserapnya air hujan ke dalam tanah tersebut disebut dengan infiltrasi.
3. **Perkolasi**, air dalam tanah mengalami pergerakan. Air dalam tanah bergerak mengisi lapisan akuifer dan mengalir ke tempat

yang lebih rendah sebagai aliran bawah tanah (*interflow*). Proses selanjutnya adalah air dalam tanah tersebut keluar ke permukaan tanah. Peristiwa Bergeraknya air dalam tanah tersebut disebut sebagai perkolasi.

4. **Evaporasi**, air dalam proses infiltrasi juga mengalami penguapan untuk dapat kembali ke atmosfer. Peristiwa menguapnya air untuk kembali ke atmosfer disebut evaporasi.
5. **Kondensasi**, proses evaporasi (penguapan) berlanjut kepada proses pendinginan uap air. Peristiwa pendinginan air tersebut disebut dengan kondensasi. Dengan proses kondensasi ini, maka uap air mengalami sublimasi kembali menjadi butiran hujan yang selanjutnya turun kembali sebagai air hujan.

Proses Terjadinya Banjir

Secara teori, proses terjadinya banjir tidak terlepas dari siklus hidrologi (lihat kembali Gambar 6). Oleh karena itu, secara alamiah proses terjadinya banjir terjadi ketika adanya gangguan pada siklus hidrologi. Aktifitas manusia terhadap alam, seperti pengelolaan SDA yang tidak bijaksana akan dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada siklus hidrologi. Pengelolaan sumber daya yang tidak bijaksana ini, contohnya adalah penebangan hutan secara liar, pembangunan kawasan industri di daerah hulu, dan perluasan kawasan pemukiman penduduk di daerah resapan air. Adanya campur tangan manusia terhadap alam yang dapat mengakibatkan terganggunya siklus hidrologi inilah yang menyebabkan terjadinya banjir. Seperti halnya perubahan/alih fungsi hutan atau daerah resapan air yang seketika berubah menjadi kawasan industri atau daerah hunian akan dapat mengurangi jumlah daerah resapan air yang berada di sekitarnya. Dengan demikian, berkurangnya jumlah daerah resapan air, maka akan dapat menurunkan kemampuan jumlah air yang mampu untuk diserap oleh tanah ketika terjadi hujan (Cui, dkk, 2018); (Supriono, 2014)

Siklus hidrologinya terganggu, maka air hujan yang turun secara langsung menuju ke permukaan tanah sebagai akibat dari tidak adanya tumbuhan yang berperan dalam proses intersepsi. Pada permukaan tanah yang berubah fungsinya tersebut menjadi kawasan industri dan hunian, maka akan dapat mengurangi kemampuan dalam melakukan infiltrasi tanah terhadap air hujan. Adanya gangguan pada tahapan ini (intersepsi dan infiltrasi) akan dapat mengakibatkan jumlah limpasan (*run off*) meningkat. Ketika curah hujan sangat tinggi, maka jumlah limpasan tidak dapat tertampung oleh badan-badan sungai atau saluran air, sehingga terjadilah banjir (Cui, dkk. 2018).

Banjir Akibat dari Sampah

Sampah merupakan salah satu jenis biomassa yang ketersediannya dari hari ke hari cukup melimpah, terutama pada kota-kota besar. Sampah juga menjadi perhatian dari banyak pihak, karena berhubungan secara langsung dengan kebersihan, keindahan (estetika) serta kesehatan masyarakat dan lingkungan. Sampah bisa berasal dari berbagai moda penggunaan seperti sesuatu yang sudah tidak digunakan lagi karena sudah rusak, kelebihan dari suatu penggunaan (seperti kelebihan makanan), pembungkus (kemasan) barang yang berfungsi untuk melindungi barang, sisa-sisa kegiatan produksi (seperti serbuk gergaji, potongan kayu, potongan kain, dan lain sebagainya) atau dari barang yang sudah tidak berfungsi lagi atau sudah tidak digunakan lagi, karena dalam penggunaannya sudah memiliki barang yang lebih baru. Untuk dapat memberikan nilai tambah pada sampah, potensi pemanfaatan sampah hanya bisa digali oleh individu yang kreatif. Salah satunya adalah dengan cara memanfaatkan sampah, baik organik maupun yang anorganik sebagai sumber daya kehidupan.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik, dapat mengundang banyak hewan /binatang pembawa penyakit, seperti tikus dan serangga yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Pada berbagai kota besar, apabila sampah tidak dapat ditangani secara baik dan benar, maka

dapat menyebabkan terjadinya banjir dan terganggunya kelestarian serta fungsi lingkungan yang berada di sekitar, termasuk pemukiman penduduk.



Gambar 7. Banjir akibat Sampah

Sumber : Republika (2022)

Perhatikan gambar 7 di atas, dapat kita ketahui bahwa akibat daripada penumpukan sampah yang tidak dapat dikelola dengan baik dan benar, maka hal tersebut dapat menyebabkan banjir datang lebih sering dan lebih besar (banjir bandang). Kondisi banjir akan semakin parah karena saluran-saluran air yang tidak berfungsi secara normal. Tentu saja hal tersebut karena sampah menumpuk secara drastic pada setiap sudut saluran-saluran air, badan-badan sungai, dan lain sebagainya. Ditambah lagi dengan sistem drainase nya yang kurang terpelihara dengan baik dan benar. Pembuangan sampah secara sembarangan di sungai mengakibatkan pendangkalan sungai dan terhambatnya aliran sungai. Sebagai akibatnya, air tidak dapat mengalir dengan lancar dan bahaya banjir siap mengancam kapan saja, siapa saja dan dimana saja tanpa pandang bulu.

Banjir Akibat dari Pemanfaatan Lahan (Landuse)

Untuk dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia yang semakin meningkat pesat, manusia melakukan eksploitasi secara besar-

besaran pada sumber daya alam yang ada di dalam DAS (Daerah Aliran Sungai). Eksploitasi sumber daya alam tersebut pada DAS yang tidak terkendali dapat menyebabkan kondisi DAS secara fisik dan lingkungan semakin mengalami penurunan. Salah satu fenomena penurunan kondisi tersebut adalah perubahan penggunaan lahan yang disebabkan oleh adanya alih fungsi lahan.

Dengan kondisi pemanfaatan lahan yang kurang bijaksana oleh masyarakat yang bermukim pada wilayah DAS akan dapat menimbulkan berbagai gangguan ekosistem antara lain terganggunya tata air DAS yang dapat mengakibatkan banjir dan erosi (Nurrizqi & Suyono, 2012; Halim 2014). Kemudian masalah yang timbul ini adalah semakin meningkatnya aliran permukaan akibat alih fungsi lahan, sehingga dapat berpengaruh terhadap besarnya debit air puncak pada DAS. Besarnya alih fungsi lahan ini juga menyebabkan tanah menjadi semakin keras akibat adanya pengelolaan oleh manusia, sehingga kemampuan infiltrasi tanah semakin berkurang. Menurut Maryono (2005) menjelaskan bahwa kejadian banjir yang terus-menerus berlangsung di Indonesia disebabkan oleh empat (4) hal, yaitu faktor hujan yang sangat lebat, penurunan resistensi DAS terhadap banjir, kesalahan pembangunan alur sungai dan pendangkalan sungai. Faktor karena hujan yang sangat lebat merupakan faktor yang alami yang dapat menyebabkan banjir, walaupun demikian faktor ini tidak selamanya menyebabkan banjir, karena hal tersebut bergantung kepada besarnya intensitas hujan yang terjadi.



Gambar 8. Perubahan/Alih Fungsi Lahan pada wilayah Perkotaan

Sumber : CNN (2017)

Perhatikan gambar 7 di atas, dapat kita ketahui bahwa banyaknya terjadi perubahan/alih fungsi lahan pada wilayah perkotaan yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya banjir di wilayah perkotaan.

Kemudian menurut Chapin (1995) mengungkapkan bahwa pola penggunaan lahan dalam berbagai bentuk dan cara akan dapat berdampak terhadap lingkungan. Karena adanya indikasi terjadinya penurunan daya dukung lingkungan pada suatu wilayah dapat dilihat dari berbagai bencana yang terjadi, contohnya adalah banjir, kekeringan, sedimentasi, abrasi dan lain sebagainya. Lebih lanjut Chapin (1995) menyatakan bahwa terjadinya banjir dapat dipicu oleh dua (2) hal pokok, yaitu semakin sedikitnya lahan yang berfungsi sebagai daerah resapan air dan terjadinya amblesan tanah (*land subsident*) akibat dari eksploitasi air tanah dan pembangunan fisik yang dapat melebihi daya dukung. Oleh karena itu, perubahan/alih fungsi dalam penggunaan lahan dari lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun akan dapat menstimulasi besarnya air limpasan (*surface run off*). Perhitungan air limpasan (*Run Off*) serta tabel koefisien air limpasan (*Run Off*) dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 di bawah ini :

$$Kr = \frac{Vr \cdot 1000}{S \cdot h}$$

dimana :

- Kr = koefisien aliran permukaan (bilangan non-dimensi)
- Vr = volume aliran permukaan (m³)
- S = luas DAS (m²)
- h = jeluk hujan (m)

Gambar 9. Rumus Perhitungan *Run Off*

Sumber: Katiwa & Irianto (2001)

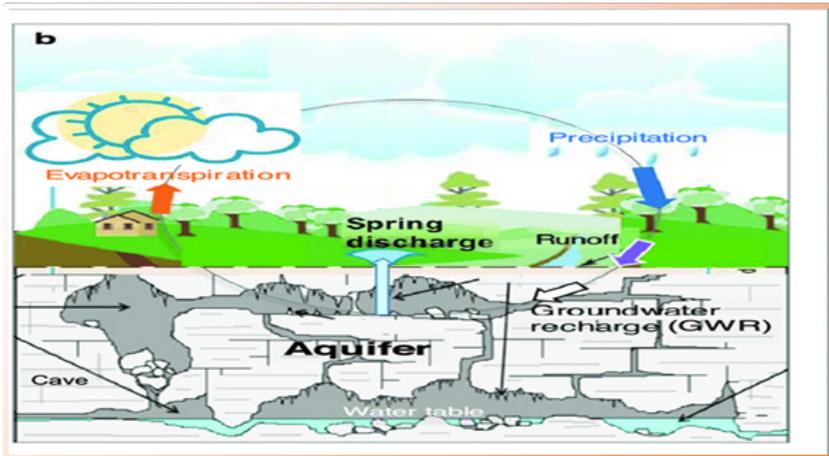
Tipe Area	Koefisien Run off
Pegunungan yang curam	0,75 - 0,90
Tanah yang bergelombang dan hutan	0,50 - 0,75
Dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
Atap yang tidak tembus air	0,75 - 0,90
perkerasan aspal, beton	0,80 - 0,90
Tanah padat sulit diresapi	0,40 - 0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05 - 0,35
Taman / lapangan terbuka	0,05 - 0,25
Kebun	0,05 - 0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/Ha)	0,25 - 0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah/Ha)	0,40 - 0,70
Perumahan rapat (60-160 rumah/Ha)	0,70 - 0,80
Daerah rekreasi	0,70 - 0,30
Daerah Industri	0,80 - 0,90
Daerah perniagaan	0,90 - 0,95

Gambar 10. Tabel Koefisien *Run Off*

Sumber: Binus Library (2023)

Dalam menjelaskan lebih jauh terkait kejadian banjir akibat pemanfaatan lahan (*Landuse*), maka kita harus menjelaskan terkait presipitasi (hujan). Menurut Badaruddin, dkk (2021) menjelaskan bahwa presipitasi (hujan) merupakan masukan utama dari siklus hidrologi dalam DAS (Daerah Aliran Sungai). Dampak kegiatan pembangunan terhadap siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh intensitas, durasi hujan, dan lokasi hujan. maka dari itu,

seorang perencana pembangunan dan pengelola DAS harus dapat memperhitungkan pola presipitasi dan sebaran geografisnya.



Gambar 11. Precipitation Process

Sumber: Diodato, dkk (2023)

Perhatikan gambar 11 di atas, dapat kita ketahui bahwa proses precipitation (terjadinya hujan) didahului oleh proses penguapan (evaporasi) dan proses pengembunan (kondensasi), yang kemudian terjadinya hujan (precipitation), setelah itu di daratan terjadinya banyak air limpasan (*Run Off*) karena berkurangnya atau sedikitnya jumlah wilayah resapan yang disebabkan karena perubahan/alih fungsi lahan. Walaupun demikian, ada beberapa dari air hujan tersebut yang berhasil masuk ke dalam tanah yang mengisi ruang-ruang di bawah tanah (*Groundwater Recharge/GWR*). GWR yang semakin banyak dan besar yang dapat membentuk *water table* di bawah tanah sebagai sumber air tanah yang kemudian digunakan oleh manusia sebagai sumber air.

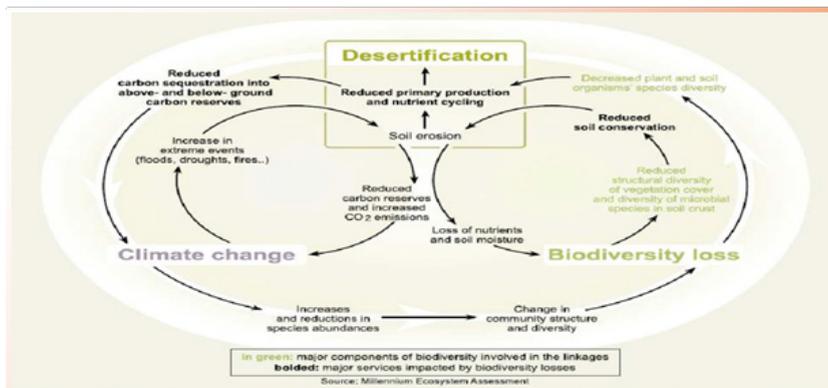
Proses Penggurunan (Desertification)

Lahan kering mengalami variabilitas curah hujan yang ekstrim, tekanan air, evapotranspirasi tinggi yang disebabkan oleh suhu udara yang tinggi dan kelembaban rendah, serta fertilitas tanah yang

rendah karena disebabkan adanya penumpukan serta dekomposisi bahan organik yang rendah. Adanya predisposisi tanah kering ini dipengaruhi oleh faktor-faktor yang disebabkan oleh perubahan lingkungan dan tekanan, dan kompleksitas sifat dari interaksi faktor-faktor tersebut. Faktor-faktor lain, seperti *overgrazing* peternakan, deforestasi dan degradasi, tekanan air dan tanah, serta perubahan-perubahan yang lain terjadi termasuk transformasi hutan dan pemanfaatan lahan pertanian secara signifikan yang dapat mempengaruhi produktivitas ekosistem tanah kering. Secara umum, penyebab desertifikasi (penggurunan) dapat dibagi dengan alasan/sebab proksimal dan distal. Alasan proksimal yang mendekati adalah biologi, bukan hanya karena kelemahan topografi tanah dan faktor iklim, seperti suhu, curah hujan dan angin, tetapi juga karena manajemen tanah yang tidak berkelanjutan yang praktis. Alasan distal yang mendesak atau yang dapat memperburuk kerusakan yang jauh lebih sistemik termasuk yang lemah institusi dan kelemahan pemerintahan, kebijakan dan kegagalan pasar, faktor demografis dan sosial-ekonomi, dan dampak dari globalisasi (Durrel, 2017).

Lebih dari seratus definisi formal terkait dengan proses desertifikasi yang telah diusulkan, yang mencakup banyak skala ruang dan waktu dan mewakili berbagai sudut pandang. Penggunaan istilah desertifikasi pertama kali digunakan di Afrika Barat pada tahun 1949. Seorang pendeta asal Perancis menggambarkan cara yang dipahami bahwa gurun sahara dapat memperluas dirinya, bahkan sampai mencakup pada rumput savannah. Setelah itu disadari bahwa proses desertifikasi tidak hanya terjadi di wilayah Afrika saja, tetapi di daerah-daerah kering di seluruh dunia. Kemudian pada tahun 1992, UNEP mendefinisikan proses desertifikasi sebagai bentuk degradasi lahan di wilayah kering, semi kering dan sub-humid kering, yang sebagian besar disebabkan oleh dampak manusia yang sangat merugikan. UNEP membedakan proses desertifikasi ini dengan kekeringan, yang dimana proses desertifikasi merupakan sebuah perubahan yang bersifat permanen, luas dan jangka panjang, sedangkan kekeringan

memiliki sifat sebaliknya, yaitu jangka pendek, sempit dan tidak permanen (Baartman, dkk. 2007).



Gambar 12. *Linkages Between Desertification, Global Climate Change and Biodiversity Loss*

Sumber: Baartman, dkk (2007); Abubakar (2020)

Perhatikan gambar 12 di atas, dapat kita ketahui bahwa keanekaragaman hayati terlibat dalam sebagian besar jasa yang disediakan oleh ekosistem lahan kering dan sangat dipengaruhi oleh proses penggurunan yang terjadi. Permasalahan perubahan iklim (*Climate Change*) dan kepunahan keanekaragaman hayati (*Biodiversity Loss*) merupakan sebab-akibat yang berlangsung selama proses terjadinya penggurunan (*Desertification*).

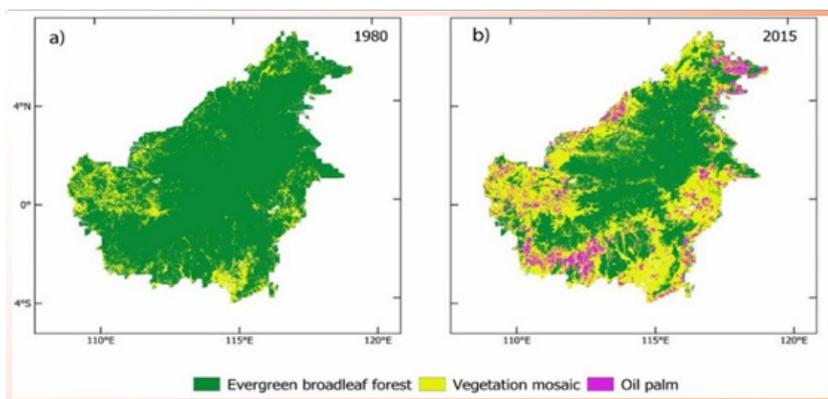
Banjir akibat dari Penutupan Lahan (Land Cover Change)

Sistem hidrologi merupakan serangkaian elemen jenis tanah, tataguna lahan, topografi dan panjang lereng yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk suatu kesatuan komponen yang saling mempengaruhi keseimbangan tata air. Terjadinya perubahan perilaku dan fungsi air permukaan menyebabkan perubahan pada siklus hidrologi, yaitu menurunnya aliran dasar (*Base Flow*) dan meningkatnya aliran permukaan (*Surface*

run off). Hal tersebut dapat menyebabkan ketidak-seimbangan tata air (hidrologi), sehingga apabila terjadi hujan yang sangat besar dengan jangka waktu yang panjang, maka akan pasti terjadi banjir dan genangan di daerah hilir. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Suyanto (2017) menyatakan bahwa pada siklus hidrologi sering terjadi dua keadaan yang ekstrem, yaitu kekeringan dan banjir, sehingga diperlukan pemahaman tentang pengelolaan air agar dapat disimpan dengan baik di dalam maupun di permukaan tanah dan bagaimana siklus air bekerja secara alamiah. Berbagai faktor, seperti ekonomi, sosial dan budaya dapat mempengaruhi pemanfaatan tanah dan air. Kebutuhan akan ekonomi menjadi pertimbangan yang paling kuat dalam penentuan cara penggunaan lahan. Pembangunan fisik dan infrastruktur pada daerah perkotaan, seharusnya diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang seimbang, sehingga dampak buruk yang muncul dapat diminimalkan. Salah satu bentuk pengelolaan lingkungan dapat dilakukan dengan pengaturan dan pemanfaatan ruang yang optimal, sehingga fungsi ekosistem tetap stabil dan terjaga (Septriana, dkk 2020).

Terjadinya perubahan tutupan lahan (*Land Cover Change*), seperti penggundulan hutan, perubahan daerah terbuka hijau (RTH), perubahan lahan sawah menjadi daerah pemukiman dan industri dan lain sebagainya akan dapat merubah kondisi hidrologi, seperti halnya perubahan pada proses pengaliran pada permukaan tanah, perubahan debit banjir serta perubahan daya serap air ke dalam tanah. Banyaknya lahan pemukiman dan bangunan yang menjadi luas dapat menyebabkan lahan yang dapat menyerap air menjadi berkurang dan berimbas terhadap curah hujan yang menjadi lebih cepat mengalir ke sungai dan sekaligus dapat menyebabkan sungai menjadi cepat meluap (Fauzi, 2022). Menurut Syahbana (2013) tutupan lahan (*Land Cover*) merupakan perwujudan secara fisik (*Visual*) dari vegetasi, benda alam, dan sensor budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut. Tutupan lahan dapat diketahui dengan melakukan

pengamatan secara langsung menggunakan citra satelit. Fungsi setiap lahan yang ada berbeda satu dengan yang lainnya, karena memiliki tingkat infiltrasi dan tingkat limpasan yang berbeda pula. Permukaan lahan yang lebih kedap air dapat mengurangi kapasitas infiltrasi. Akibatnya sebagian besar hujan yang turun secara langsung berubah menjadi aliran permukaan (*Surface run off*). Adanya perubahan transformasi hujan menjadi aliran yang terjadi secara langsung tanpa adanya penundaan (*delay*) dapat membuat debit air sungai mengalami peningkatan dengan cepat dan waktu puncak datang lebih awal (Aryanto, 2010). Dengan melakukan analisis perubahan pada tutupan lahan (*Land Cover Change*) merupakan dasar dalam melakukan analisis meningkatnya debit air sungai/air limpasan, hal ini dikarenakan bersama dengan jenis tanah dan kemiringan lahan, secara langsung dapat mempengaruhi besar infiltrasi yang terjadi serta dapat mengubah besarnya debit limpasan (Farid, dkk 2021).



Gambar 13. (a) *Land Cover Map for 1980*, (b) *Land Cover Map for 2015*

Sumber: Chapman, dkk (2020)

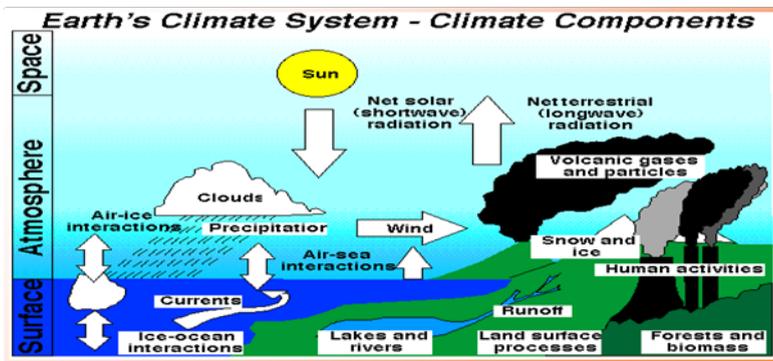
Perhatikan gambar 13 di atas, dapat kita ketahui bahwa terjadinya banyak penutupan lahan hutan di Pulau Kalimantan, mulai dari tahun 1980 sampai tahun 2015 yang kemudian berubah alih fungsi menjadi perkebunan sawit (*Oil Palm*), yang tentu saja hal ini dapat menyebabkan terjadinya banjir yang sangat besar, karena

fungsi hutan sebagai daerah resapan yang sangat besar digunduli dan menyebabkan banyaknya air limpasan (*Run Off*).

Perubahan Iklim

Iklim merupakan kebiasaan cuaca yang terjadi pada suatu tempat atau daerah. Definisi lain untuk iklim adalah merupakan sebuah karakter kecuacaan suatu tempat atau daerah dan bukan hanya merupakan cuaca rata-rata. Dalam kurun waktu tertentu yang sering digunakan untuk dapat menentukan iklim rata-rata adalah sekitar 30 tahun. Iklim sendiri memiliki unsur yang sama dengan cuaca. Secara umum, iklim adalah keadaan secara keseluruhan dari suatu atmosfer dalam jangka waktu yang panjang dan dengan lingkup yang amat luas. Seringkali dapat dikatakan sebagai rerata dari keadaan cuaca atau bahkan lebih luas lagi, yang dapat diartikan sebagai keadaan-keadaan yang ekstrem dari tiap-tiap unsur cuaca, seperti suhu maksimum dan minimum, kelembaban udara maksimum dan minimum, dan lain sebagainya.

Iklim juga dapat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia dan organisme hidup yang lainnya di permukaan bumi. Maka dari itu, pengetahuan tentang iklim sangatlah dibutuhkan. Dalam hal kehidupan sehari-hari, iklim dapat mempengaruhi berbagai jenis tanaman yang sesuai dengan kebutuhan pembudidayaan pada suatu kawasan tertentu, contohnya adalah penjadwalan budi daya pertanian, dan teknik budi daya yang dilakukan oleh petani. Beberapa unsur iklim adalah temperature, kelembaban udara, angin, sinar matahari, curah hujan dan evaporasi (penguapan). Iklim pada suatu tempat juga dapat dipengaruhi oleh letak lintang, lereng, ketinggian, serta seberapa jauh jarak tempat tersebut dari wilayah perairan dan juga keadaan arus lautnya. Sistem iklim yang ada di bumi merupakan sebuah sistem interaksi yang kompleks antara atmosfer, permukaan tanah, salju dan es, lautan dan badan-badan air yang lainnya (seperti sungai, waduk, rawa dan lain sebagainya), serta makhluk hidup yang lainnya.



Gambar 14. Components of The Earth's Climate Sistem
Sumber : Haigh, J.D (2015)

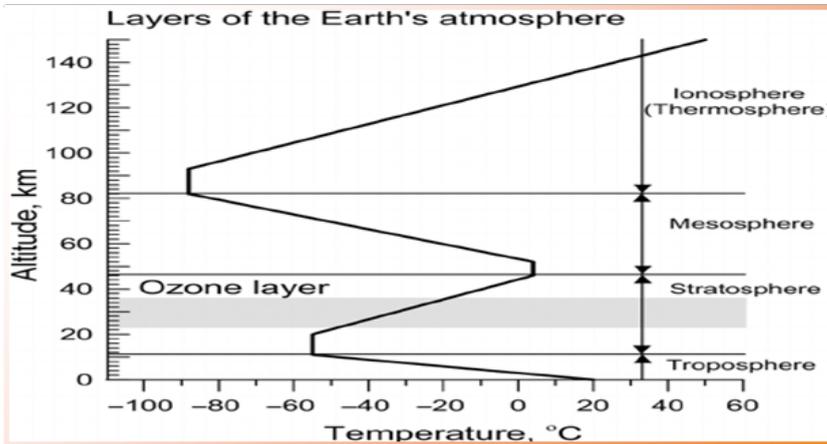
Perhatikan gambar 14 di atas, dapat kita ketahui bahwa atmosfer bumi yang membatasi kita dengan wilayah luar angkasa (*Space*) di bagian atas dan membatasi kita dengan wilayah lautan/air (*Surface*) di bagian bawah. Pada bagian atmosfer ini yang dimulai dari wilayah daratan sampai kepada wilayah yang berbatasan dengan luar angkasa telah banyak terjadi permasalahan lingkungan dan juga berbagai proses-proses alami yang lainnya.

Komponen iklim yang paling mendominasi dari karakter iklim itu sendiri adalah atmosfer. Sistem dapat dikatakan seimbang apabila neraca energi di bumi dalam keadaan yang seimbang juga. Sumber energi yang berada di bumi berasal dari energi radiasi matahari. Adanya keseimbangan energi ini terkait dengan keseimbangan radiasi matahari yang masuk ke dalam bumi dan radiasi gelombang panjang yang dipancarkan kembali dari permukaan bumi ke atmosfer.

Perubahan Iklim akibat dari Suhu Udara yang Semakin Panas

Naiknya suhu permukaan bumi ini atau pemanasan global (*Global Warming*) yang terjadi, tidak terlepas dari pembahasan terkait dengan efek Gas Rumah Kaca (GRK). Seperti yang kita ketahui bahwa atmosfer bumi itu merupakan sebuah selimut/selubung yang

berfungsi sebagai pelindung bagi bumi dari berbagai benda-benda langit yang secara tidak sengaja tertarik oleh gravitasi bumi. Secara singkat, istilah atmosfer biasa dikenal dalam kehidupan sehari-hari sebagai udara yang berada di sekitar kita dengan ketinggian hingga kurang lebih 1000 KM. Atmosfer merupakan lapisan gas yang memiliki ketebalan sampai ribuan kilometer, yang terdiri dari beberapa lapisan, serta berfungsi sebagai pelindung/selimut/selubung bumi dari radiasi matahari dan benda-benda langit lainnya yang tertarik jatuh ke permukaan bumi.



Gambar 15. The Layered Structure of The Atmosphere

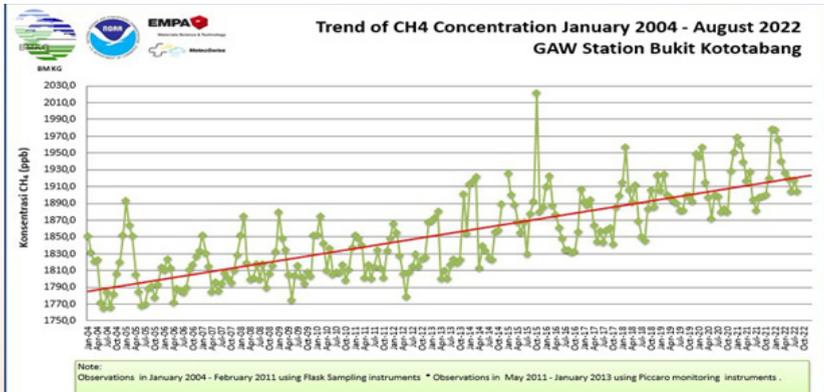
Sumber: Kalita & Titlyanov (2013)

Perhatikan gambar 15 di atas, dapat kita ketahui bahwa atmosfer kita terdiri dari empat (4) bagian, yaitu Troposfer, Stratosfer, Mesosfer dan Thermosfer/Ionosfer. (1) lapisan Troposfer merupakan lapisan pertama dalam atmosfer yang memiliki ketebalan yang berbeda pada setiap wilayah permukaan bumi; (2) lapisan Stratosfer merupakan lapisan kedua dari atmosfer bumi, pada lapisan ini terdapat lapisan ozon yang sangat bermanfaat bagi peri-kehidupan manusia; (3) lapisan Mesosfer merupakan lapisan ketiga yang dimana tempat meteor terbakar; (4) lapisan Thermosfer merupakan lapisan keempat,

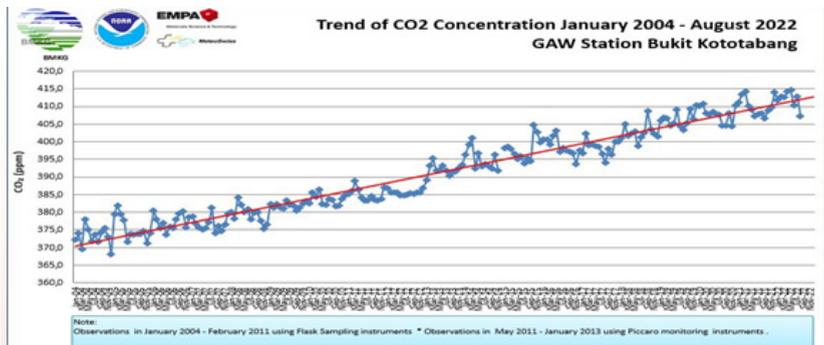
pada lapisan inilah terjadi pemantulan gelombang radio untuk kegiatan komunikasi.

Kehidupan di planet bumi ini sangat bergantung kepada tenaga atau panas matahari. Sekitar 70% dari cahaya matahari berhasil mencapai permukaan bumi dengan berbagai spectrum panjang. Kemudian, sisanya sekitar 30% dari cahaya matahari tersebut dipantulkan kembali ke arah atmosfer. Radiasi ini yang selanjutnya disebarkan kembali ke luar angkasa. Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi, diserap oleh daratan/tanah maupun lautan/air. Dari permukaan inilah yang kemudian dipantulkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi inframerah. Karena semakin meningkatnya efek rumah kaca akibat aktifitas manusia, hal tersebut menyebabkan sebagian panas/radiasi matahari terperangkap di atmosfer bumi akibat menumpuknya gas rumah kaca (GRK), seperti uap air, karbon dioksida dan metana yang berperan menjadi perangkap bagi gelombang radiasi panas ini.

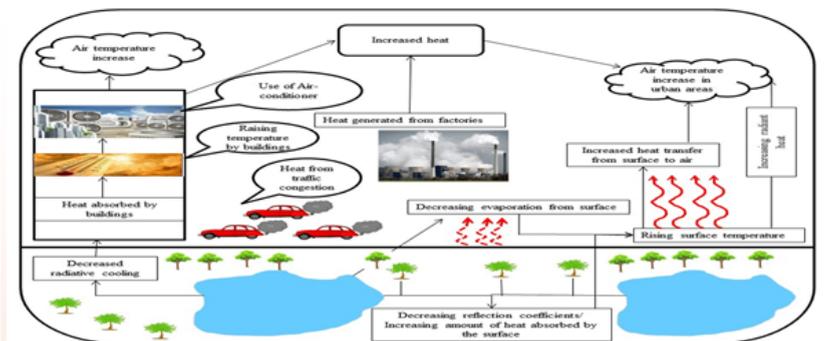
Ada tiga (3) faktor utama penyebab tingginya emisi gas rumah kaca (GRK), yaitu kerusakan hutan dan lahan, penggunaan energi yang tidak ramah lingkungan, serta pembuangan limbah dan penumpukan sampah yang berlebihan. Ketiga hal tersebut harus dapat dikendalikan agar emisi gas rumah kaca (GRK) bisa ditekan/diturunkan. Karena terperangkapnya panas dari matahari tersebut di bumi, hal tersebut menyebabkan suhu permukaan bumi menjadi naik/semakin panas. Fenomena kenaikan suhu permukaan bumi ini dikenal dengan sebutan Pemanasan Global (*Global Warming*).



Gambar 16. Trend Kenaikan Konsentrasi CH₄ di Indonesia
Sumber: BMKG (2022)



Gambar 17. Trend Kenaikan Konsentrasi CO₂ di Indonesia
Sumber: BMKG (2022)



Gambar 18. Urban Heat Island
Sumber: Anjum, dkk (2019)

Perhatikan gambar 16 dan 17 di atas, dapat kita ketahui bahwa pada tahun 2022 setiap tiga bulan pada trend CH₄ dan CO₂ mengalami kenaikan, khususnya pada trend CO₂ (Karbon Dioksida) yang mengalami pelonjakan cukup tajam, sedangkan pada trend CH₄ (Gas Metana) tidak mengalami pelonjakan yang tajam seperti halnya CO₂. Hal tersebut dapat kita ketahui bahwa penggunaan atau konsumsi energi yang menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) CO₂ dan CH₄ di Indonesia masihlah sangat tinggi. Kemudian perhatikan juga gambar 18 di atas, dapat kita ketahui bahwa *Urban Heat Island* (UHI) merupakan sebuah fenomena alam yang khususnya berkaitan dengan perubahan iklim yang ditandai dengan meningkatnya suhu kawasan pusat perkotaan. Hal tersebut menyebabkan suhu pada kawasan pusat perkotaan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah penyangga di sekitarnya.

Perubahan Iklim akibat dari Penggunaan Material

Upaya pencegahan perubahan iklim yang dapat merusak membutuhkan sebuah tindakan yang nyata untuk dapat menstabilkan kembali tingkat gas rumah kaca (GRK) yang saat ini semakin lama semakin menumpuk di atmosfer. Salah satu gerakan yang saat ini sedang trend muncul adalah untuk dapat mengatasi permasalahan-permasalahan terkait dengan pemanasan global (*Global Warming*). Gerakan tersebut kita kenal sebagai gerakan hijau (*Green Wave*). Salah satu wujud dari gerakan tersebut adalah dengan melakukan pemilihan dan penggunaan *green materials* (material hijau) dan *sustainable materials* (material berkelanjutan).

Material rumah tinggal sebagai salah satu bentuk strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim adalah material yang kita kenal dengan sebutan *green materials* atau *sustainable materials*, yang memiliki komposisi dapat diperbaharui. Material ini seringkali disebut dengan material 3R, yaitu material/produk yang dapat di *re-use*, *re-cycle* atau *reduce*, hal tersebut karena material bertanggung jawab kepada

keberlangsungan hidup lingkungan dan dampaknya dapat dirasakan pada sepanjang usia produk (Spiegel & Meadows, 1999).

Bahan bangunan yang ramah lingkungan saat ini sangatlah dibutuhkan untuk dapat menjaga generasi masa depan yang menjadi tujuan dalam mengurangi konsumsi energi, emisi maupun sampah atau limbah agar terciptanya bumi yang nyaman (Imran, 2018). Menurut Berge (2009) menyatakan bahwa pada sector industri bangunan merupakan sector konsumsi sumber daya alam dunia nomor dua terbesar setelah sector industri makanan. Maka dari itu, pelaku industri bangunan harus dapat mengambil peran sangat penting untuk dapat mengurangi dampak lingkungan yang dapat menyebabkan pemanasan global (*Global Warming*). Upaya yang berfokus kepada penggunaan bahan bangunan yang ramah lingkungan (*Green Materials* dan *Sustainable Materials*) juga termasuk ke dalam upaya mitigasi dan adaptasi dalam menghadapi pemanasan global dan perubahan iklim dunia. Hal tersebut karena demi tercapainya keberlanjutan kehidupan manusia dan lingkungan, juga karena adanya kebutuhan dari segi pasar dalam melakukan pembangunan. Adanya kebutuhan akan pembangunan property yang semakin mengalami peningkatan yang besar telah mendorong pihak industri material bangunan untuk terus-menerus menghasilkan berbagai inovasi produk material bangunan yang ramah lingkungan, sehingga dapat bersaing di pasar industri (Syahriah, 2017).



BAB 3

GREEN BUILDING

“In the short quarter century after the first significant efforts to apply the sustainability paradigm to the built environment in the early 1990s, the resulting sustainable construction movement has gained significant strength and momentum”
(Charles J. Kibert)

Konsep Dasar Green Building

Dapat kita ketahui dari pernyataan yang dikutip dari (Kibert, Charles 2016) tersebut adalah dalam kurun waktu seperempat abad setelah dilakukannya upaya yang signifikan dalam menerapkan paradigma keberlanjutan pada lingkungan, maka munculah sebuah gerakan konstruksi berkelanjutan yang dihasilkan, yang dimana telah berhasil memperoleh kekuatan serta momentum yang signifikan. Kemudian pada beberapa negara maju, seperti USA, ada semakin banyak bukti bahwa pendekatan kepada lingkungan ini memiliki nilai etis yang dapat mendominasi pasar untuk bangunan komersial dan institusional, termasuk perbaikan secara besar-besaran. Telah tercatat bahwa lebih dari 69.000 proyek bangunan komersial yang telah terdaftar dalam sertifikasi bangunan hijau (*Green building*) dari *US Green building Council* (USGBC). Peran penting dari keberadaan

USGBC ini adalah sebagai pendukung utama dari keberlanjutan lingkungan binaan di USA. Ada lebih banyak tanda bahwa suatu gerakan bangunan hijau (*Green building*) telah dipraktikkan secara permanen sebagai sebuah bentuk dasar bagi pemilik, desainer dan para pemangku kepentingan. Setidaknya menurut (Kibert, Charles 2016) ada empat (4) indikator kunci yang dapat dijadikan sebagai pedoman, yaitu :

1. **Pertama**, survei aktifitas desain dan konstruksi, yang dikemukakan oleh *McGraw Hill Construction* (2013) yang menemukan bahwa, untuk pertama kalinya mayoritas perusahaan yang bergerak pada bidang desain dan konstruksi mengharapkan lebih dari 60 persen dari pekerjaan mereka akan diterapkan pada bangunan hijau (*Green building*).
2. **Kedua**, daya tahan dan gerakan bangunan hijau, pada indicator yang kedua ini terjadi pertama kali di dunia Arab dalam sebuah Komunitas Berkelanjutan dan Bangunan Hijau yang diadakan pada akhir tahun 2014 silam. Dalam komunitas tersebut telah dilakukan pembahasan terkait dengan perubahan iklim, yang dimana perubahan iklim yang terjadi telah memaksa kita semua untuk mempertimbangkan secara serius tentang bangunan hijau (*Green building*) dan berbagai bentuk promosi keberlanjutan lingkungan.
3. **Ketiga**, aktifitas konstruksi berkelanjutan yang terus meningkat, seperti halnya dalam beberapa negara telah menandai adanya evolusi lanjutan dari pemikiran tentang cara terbaik untuk dapat mencapai standar efisien yang tinggi pada lingkungan binaan yang sekaligus dapat mempromosikan berbagai aspek, seperti aspek kesehatan manusia, lingkungan hidup serta melindungi aspek sistem ekologi.
4. **Keempat**, bangunan hijau yang berkinerja tinggi, kenyataan telah menunjukkan bahwa berbagai perusahaan raksasa dunia, seperti Apple dan Google telah melakukan berbagai proyek besar yang berkaitan dengan penguatan dari bangunan hijau (*Green*

building). Proyek tersebut berorientasi kepada industri besar dengan berdasarkan kepada bangunan hijau (*Green building*) yang memiliki kinerja yang tinggi.

Apabila kita berfokus kepada aspek dari konstruksi, menurut (Zuo and Zhao, Zhen 2014); (Geng dkk 2012) menyatakan bahwa perkembangan dari industri konstruksi memiliki dampak kepada lingkungan, sosial dan ekonomi yang signifikan bagi masyarakat. Sebagai salah satu dampak utama dari perkembangan industri konstruksi, telah banyak dilakukannya pembangunan yang besar, berikut adalah dampak positif dari kegiatan industri konstruksi adalah sebagai berikut : (a) dapat menyediakan berbagai bangunan dan fasilitas untuk dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia; (b) dapat memberikan kesempatan kerja secara langsung maupun tidak langsung (dengan melalui industri lain yang berkaitan dengan industri konstruksi); (c) dapat berkontribusi terhadap perekonomian nasional; serta (d) dapat memainkan peran yang penting dalam proses urbanisasi. Perkembangan dari industri konstruksi ini juga ada dampak negatifnya, yaitu: (a) meningkatnya kebisingan; (b) meningkatnya debu; (c) menyebabkan kemacetan lalu lintas; (c) meningkatnya polusi air dan pembuangan limbah; (d) sejumlah besar sumber daya alam dan manusia akan dikonsumsi; (e) bangunan akan melanjutkan dampaknya kepada lingkungan.

Meningkatnya perkembangan laju urbanisasi, berbagai permasalahan lingkungan serta krisis energi yang sebelumnya sudah disinggung, telah berhasil menarik perhatian tambahan dari public dunia dan masyarakat local. Oleh karenanya, promosi serta implementasi dari konsep bangunan hijau (*Green building*) menjadi sebuah tema utama dalam aspek industri konstruksi modern, karena hal tersebut telah dipandang sebagai sesuatu yang mengedepankan bangunan yang sehat, aman, nyaman serta ramah lingkungan.

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*The United States Environmental Protection Agency*) telah mendefinisikan tentang

bangunan hijau (*Green building*) yang dikutip dari (Ding et al. 2018); (Widiati, Iis 2019) menyatakan bahwa konsep bangunan hijau (*Green building*) juga yang dikenal sebagai konstruksi hijau (*Green Construction*) atau bangunan berkelanjutan (*Sustainable Building*) adalah sebuah rancangan baik sebagai sebuah struktur serta proses penggunaan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan sumber daya yang efisien pada seluruh siklus hidup bangunan, mulai dari perencanaan dasar, desain bangunan, konstruksi bangunan, operasi bangunan, pemeliharaan bangunan, renovasi bangunan, sampai pada pembongkaran bangunan. Konsep tentang bangunan hijau (*Green building*) atau bangunan berkelanjutan (*Sustainable Building*) atau konstruksi hijau (*Green Construction*) juga didukung oleh (Kats, Gregory 2003) yang juga menyatakan bahwa konsep bangunan tersebut menggunakan kunci dari sumber daya seperti energi, air, material dan tanah (*Landscape*).

Tahapan Perencanaan Green Building

Tahapan perencanaan merupakan tahapan awal dan harus ada dalam sebuah proyek pembangunan. Secara sederhana, tahapan perencanaan merupakan sebuah proses dimana manajemen merumuskan suatu tujuan dan bagaimana cara untuk dapat mencapai tujuan tersebut. Terlebih saat ini pembangunan yang telah digencarkan oleh Pemerintah yang mulai berfokus kepada pembangunan yang ramah lingkungan (*Green building*). Pembangunan yang ramah lingkungan tidak akan dapat terlaksana apabila tidak melalui tahapan perencanaan yang matang. Dalam menyusun perencanaan untuk pembangunan yang ramah lingkungan (*Green building*) haruslah memperhatikan berbagai prinsip dalam bidang *Sustainable Design in Architecture*, yaitu *Economy of Resource*, *Life Cycle Design*, *Human Design* (Poon, 2021).

Perhatikan gambar 19 di bawah ini, dapat kita ketahui bahwa banyak peneliti menekankan kepada hubungan yang lebih positif dari

desain untuk kepentingan public dengan desain interior bangunan, yang menggunakan dasar elemen budaya dalam proses perancangan ruang arsitektur untuk mencapai tujuan desain yang berkelanjutan, seperti halnya pembangunan komunitas dan simbolisasi budaya melalui adopsi strategi desain. Berbagai prinsip konseptual ini yang ada pada gambar 11, bertujuan untuk dapat mengembangkan landasan bagi pengalaman manusia yang lebih positif dalam hidup dalam komunitas yang sehat dan lingkungan yang bermanfaat secara sosial. Pendidikan bertujuan untuk dapat mengekspresikan konsep pada arsitektur tertentu, karakteristik serta elemen desain bangunan yang berkelanjutan untuk mencapai tujuan yang berbeda.

Tahapan Pembangunan Green building

Pada tahapan kedua adalah tahapan pembangunan yang harus diimplementasikan secara baik dan benar, serta sesuai dengan tahapan perencanaan yang sebelumnya telah dibuat. Tahapan pembangunan *Green building* dilaksanakan oleh pengembang proyek, konsultan/spesialis *green building*, kontraktor dan sub-kontraktor, pemasok bahan bangunan dan peralatan, dan lain sebagainya. Semua pelaksana dalam pembangunan tersebut dalam melaksanakan proyek *green building* mengambil risiko yang sangat besar dalam hal waktu, biaya, kualitas dan masalah teknis lapangan, organisasi dan manajemen, kebijakan dan standar, keselamatan kerja, etika dan reputasi serta lingkungan.

Tahapan Pengoperasian dan Pemeliharaan Green Building

Dalam tahapan pengoperasian dan pemeliharaan *green building*, semua pelaksana kepentingan dalam pembangunan *green building* haruslah dapat melihat kepada kualitas, waktu, biaya, keselamatan, kebijakan dan standard yang paling terpenting adalah ramah terhadap lingkungan. Kemudian lebih luas lagi, interaksi yang ada tidak hanya

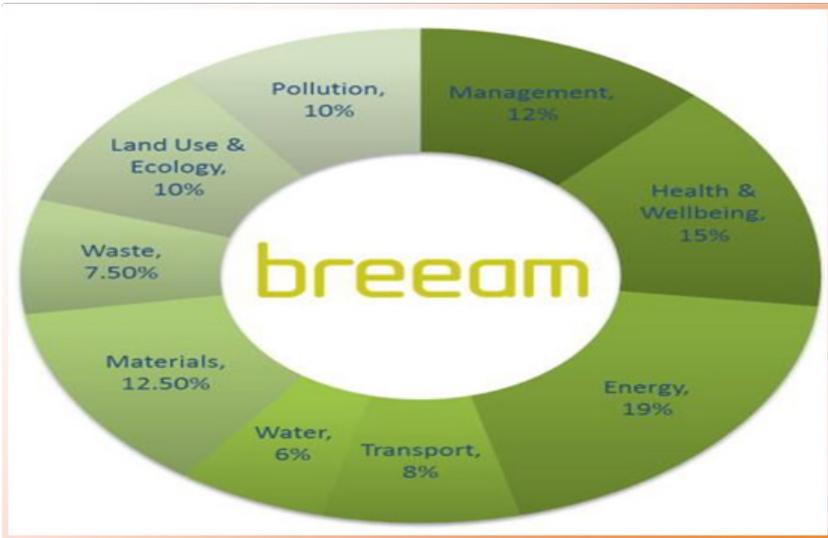
terkait dengan hal-hal teknis, tetapi juga terkait kesiapan teknologi, kompetensi, dapat membangun modernisasi industri, mitigasi risiko yang efektif dengan melalui jejaring sosial.

Beberapa pilihan tersedia untuk dapat memperpanjang usia bangunan atau memastikan perbaikan bangunan, penggunaan kembali atau daur ulang dari material yang digunakan, agar tidak menimbulkan dampak yang negatif kepada lingkungan maupun masyarakat sekitar. Pelaksana kepentingan yang terlibat dalam fase penggunaan kembali/penghancuran dari siklus hidup bangunan ini sebagian besar adalah pembuat kebijakan, professional desain, kontraktor konstruksi dan pemasok material, serta peralatan dan sistem.

Tools Penilaian Green Building

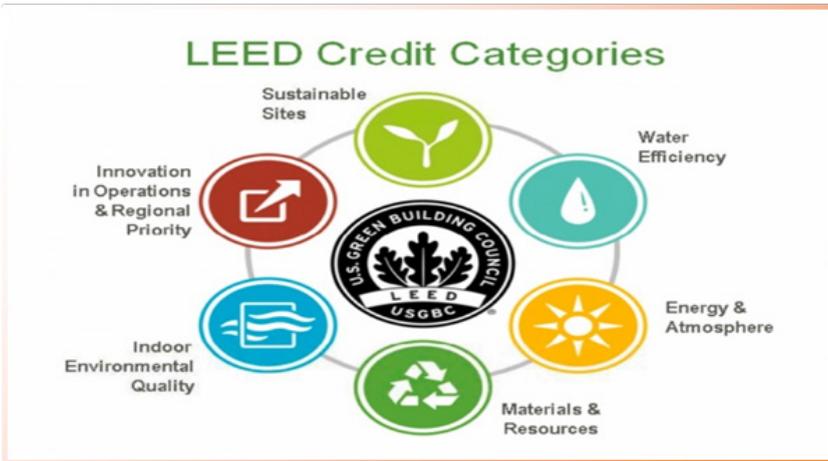
Ada sejumlah *Tools* yang telah dikembangkan untuk dapat melakukan penilaian terhadap pembangunan bangunan hijau (*Green building*), yaitu (Zuo and Zhao, Zhen 2014) :

1. *Leadership in Energi and Environmental Design* (LEED, United States)
2. *BRE Environmental Assessment Method* (BRE, United Kingdom)
3. *Green building Council of Australia Green Star* (GBCA, Australia)
4. *Green Mark Scheme* (Singapore)
5. *DGNB* (Germany)
6. *Comprehensive Assessment Sistem for Built Environment Efficiency* (CASBEE, Japan)
7. *Pearl Rating Sistem for Estidama* (Abu Dhabi Urban Panning Council)
8. *Hong Kong Building Environmental Assessment Method* (HK BEAM)
9. *Green building Index* (Malaysia).



Gambar 19. BREEAM Credit Categories

Sumber: Website Volker Fitzpatrick



Gambar 20. LEED Credit Categories

Sumber : Website ATAD Steel Structure Corporation



Gambar 21. LEED Vs BREEAM

Sumber : Website Clarus

Perhatikan gambar 19 dan 20 di atas, dapat kita ketahui bahwa BREEAM dan LEED merupakan salah satu Tools atau standar yang menjadi acuan melakukan penilaian terhadap pembangunan *Green building* di seluruh dunia. Pada standar penilaian BREEAM memiliki beberapa karakteristik, seperti *management, health & well-being, energi, transport, water, materials, waste, land use & ecology, and pollution*. Dan pada standar penilaian LEED juga memiliki beberapa karakteristik, seperti *water efficiency, energi & atmosphere, materials & resources, indoor environmental quality, innovation in operations & regional priority, and sustainable sites*. Kemudian perhatikan gambar 21 di atas, dapat kita ketahui bahwa standar penilaian antara LEED dan BREEAM berorientasi kepada *Living, Building dan Challenge*.

Elemen-elemen Green building

Konsep bangunan hijau (*Green building*) merupakan suatu konsep pembangunan yang mengarah kepada struktur dan pemakaian proses yang memperhatikan lingkungan dan hemat sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan tersebut, mulai dari pemilihan tempat sampai kepada desain konstruksi, operasional, perawatan, renovasi dan peruntukan. Konsep ini memperluas dan melengkapi desain bangunan dalam hal ekonomi, utilitas, durabilitas serta kenyamanan

(US EPA, 2009) dalam (Ding dkk 2018); (Widiati, Iis 2019). Konsep bangunan hijau (*Green building*) telah dianggap sebagai salah satu bentuk solusi untuk dapat mengurangi kerusakan lingkungan hidup serta menekan jumlah emisi karbon yang menjadi penyebab utama *global warming* (pemanasan global) yang bergerak dari sector konstruksi. Berikut adalah elemen-elemen dalam konsep bangunan hijau (*Green building*), yaitu (Widiati, Iis 2019); (U.S. Department of Energi's Building America 2007):

1. Lahan

pembangunan lahan yang tepat guna, tidak menggunakan seluruh lahan yang ada untuk bangunan melainkan harus menyediakan sekurang-kurangnya 30% dari total lahan untuk daerah resapan air. Maka dari itu, sangatlah penting ketika melakukan pembangunan memperhatikan pembangunan lahan yang tepat guna, hal ini sangat berkaitan erat dengan dua (2) istilah dalam perencanaan bangunan, yaitu Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dan Koefisien Lantai Bangunan (KLB).

a. Pengertian Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dan Koefisien Lantai Bangunan (KLB)

Koefisien Dasar Bangunan merupakan angka persentase perbandingan antar-luas keseluruhan lantai dasar bangunan dengan luas lahan/tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai yang sesuai dengan rencana tata ruang dan rencanatabangunan dan lingkungan (Peraturan Pemerintah No. 36 tahun 2005). Kemudian pengertian menurut *Srivanit* (2013) Koefisien Dasar Bangunan (KDB) adalah suatu alat untuk dapat mengatur intensitas pembangunan yang berfungsi untuk dapat mengendalikan tutupan lahan oleh bangunan yang juga dikenal sebagai *Building Coverage Ratio* (BCR). Dengan adanya keseimbangan KDB antara bagian lahan yang boleh ditutup oleh bangunan sehingga tidak lagi memiliki fungsi untuk dapat menyerap air dengan bagian lahan yang masih terbuka dan masih dapat menyerap

air dapat dikendalikan. Maka dari itu, KDB bukan hanya terkait dengan tutupan lahan oleh lantai bangunan, tetapi terkait dengan semua jenis tutupan lahan yang tidak dapat meneruskan air untuk diserap oleh tanah. KDB juga dapat dianggap sebagai sebuah alat agar fungsi alam, seperti siklus hidrologi tidak terganggu oleh adanya lantai bangunan atau permukaan buatan manusia yang lainnya.

Koefisien Lantai Bangunan (KLB) adalah angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai bangunan gedung dan luas tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai yang sesuai dengan rencana tata ruang dan rencana tata bangunan dan lingkungan (Peraturan Pemerintah No. 36 tahun 2005). Pengertian yang lain menurut *Joshi & Kono* (2009) adalah KLB atau sering dikenal dengan *Floor Area Ratio* (FAR) dapat dipandang sebagai suatu alat untuk dapat memastikan agar daya dukung lahan tidak menerima beban berupa kegiatan manusia secara berlebihan. Dengan adanya KLB, jumlah manusia dan berbagai kebutuhannya yang akan diwadahi oleh suatu lahan dapat dikendalikan, sehingga kemampuan lahan, baik yang bersifat buatan (tempat parkir, jalan, utilitas) maupun yang bersifat alami (sumber daya alam, seperti air, udara, dan matahari), masih dapat memenuhi kebutuhan manusia secara berkelanjutan. Maka, KLB dapat dikatakan sebagai alat pengendali agar keseimbangan antara kebutuhan manusia dengan daya dukung lahan dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Perhatikan gambar 22 berikut ini.

- b. Perhitungan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dengan Koefisien Lantai Bangunan (KLB).

Perhitungan KDB dan KLB merujuk kepada Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang No. 17 tahun 2017 tentang Pedoman Audit Tata Ruang adalah sebagai berikut:

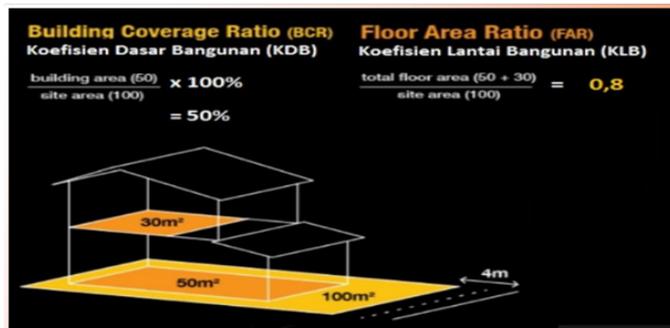
- 1) Dalam peraturan tersebut, KDB merupakan angka persentase dari perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan gedung yang dapat dibangun dan luas lahan/bidang tanah yang dikuasai. Apabila suatu bangunan dengan luas lahan yang dibangun sebesar 300m² dan berada pada kavling lahan seluas 1000m², maka nilai Koefisien Dasa Bangunan (KDB) adalah sebesar $(300\text{m}^2 : 1000\text{m}^2) \times 100\% = 30\%$. Penghitungan KDB memperhatikan ketentuan sebagai berikut:
- Perhitungan luas lantai bangunan adalah jumlah luas lantai yang diperhitungkan sampai batas dinding terluar;
 - Luas lantai ruangan yang beratap yang sisi-sisinya dibatasi oleh dinding yang tingginya lebih dari 1.20m di atas lantai ruangan tersebut dihitung secara penuh %100;
 - Luas lantai ruangan yang beratap yang bersifat terbuka atau yang sisi-sisinya dibatasi oleh dinding tidak lebih dari 1.20m di atas lantai ruangan dihitung sebesar %50, selama tidak melebihi %10 dari luas denah yang diperhitungkan sesuai dengan KDB yang sudah ditetapkan;
 - Teras tidak beratap yang mempunyai tinggi dinding tidak lebih dari 1.20m di atas lantai teras tidak diperhitungkan sebagai luas lantai;
 - Dalam perhitungan KDB, luas lapak yang diperhitungkan adalah yang dibelakang GSF;
 - Untuk pembangunan yang berskala kawasan (*Superblock*), perhitungan KDB adalah dihitung terhadap total seluruh lantai dasar bangunan dalam kawasan tersebut terhadap total keseluruhan luas kawasan yang ada.



Gambar 22. KDB dan KLB

Sumber: Website Pengadaan (Eprocurement)

- 2) Dalam peraturan tersebut, KLB adalah perbandingan antara jumlah seluruh luas lantai bangunan dengan luas lahan/bidang tanah yang dapat dibangun. Perhatikan gambar 23 dan 24 berikut ini.



Gambar 23. Perbandingan Perhitungan KDB dan KLB

Sumber : Website Pengadaan (Eprocurement)

Ketentuan KLB pada masing-masing daerah/kawasan/zona/subzone dapat berbeda-beda satu dengan yang lainnya.

$$= \frac{\text{Jumlah Seluruh Lantai Bangunan}}{\text{Luas Lahan/Bidang Tanah Yang Dapat Dibangun}} \\ \text{(Luas Bidang Tanah x KDB Maksimum)}$$

Gambar 24. Rumus Perhitungan KLB

Sumber: Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang No. 2017/17.

KLB biasanya dinyatakan dalam angka seperti 1,5 ; 2 dan sebagainya. Apabila di dalam PBS tertulis KLB = 2, maka total luas bangunan yang boleh didirikan maksimal adalah sebesar 2 kali luas lahan yang ada. Apabila suatu bangunan dengan luas lahan yang dibangun sebesar 2000m² dan berada pada lahan kavling seluas 1000m², maka nilai Koefisien Lantai Bangunan (KLB) adalah sebesar (2000m² : 1000m²) = 2. Perhitungan KLB ini berkaitan dengan jumlah lantai dan luas lantai masing-masing bangunan dengan ketentuan sebagai berikut.

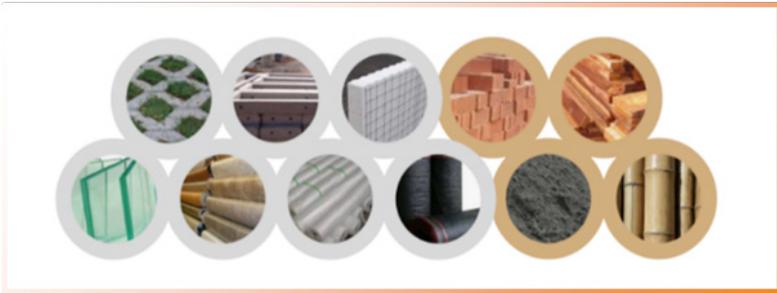
- Perhitungan luas lantai bangunan adalah jumlah luas lantai yang diperhitungkan sampai batas dinding terluar;
- Luas lantai ruangan beratap yang sisi-sisinya dibatasi oleh dinding yang tingginya lebih dari 1.20m di atas lantai ruangan tersebut dihitung secara penuh %100;
- Luas lantai ruangan beratap yang bersifat terbuka atau yang sisi-sisinya dibatasi oleh dinding tidak lebih dari 1.20m di atas lantai ruangan, maka dihitung %50, selama tidak melebihi %10 dari luas

denah yang diperhitungkan sesuai dengan KDB yang ditetapkan;

- Overstek atap yang melebihi lebar 1.50m , maka luas mendatar kelebihannya tersebut dianggap sebagai luas lantai denah;
- Teras tidak beratap yang mempunyai tinggi dinding tidak lebih dari 1.20m di atas lantai teras, maka tidak diperhitungkan sebagai luas lantai;
- Luas lantai bangunan yang diperhitungkan untuk parker tidak diperhitungkan dalam perhitungan KLB, asal tidak melebihi %50 dari KLB yang ditetapkan, selebihnya diperhitungkan %50 terhadap KLB;
- Ram dan tangga terbuka dihitung sebesar %50, selama tidak melebihi %10 dari luas lantai dasar yang diperkenankan;
- Dalam perhitungan KLB, luas tapak yang diperhitungkan adalah dibelakang GSJ;
- Batasan perhitungan luas ruang bawah tanah (*Basement*) ditetapkan oleh Kepala Daerah dengan pertimbangan keamanan, keselamatan, kesehatan, dan pendapat teknis dari para ahli terkait;
- Untuk pembangunan yang berskala kawasan (*Superblock*), perhitungan KLB adalah dihitung terhadap total keseluruhan luas lantai bangunan terhadap total seluruh lantai dasar bangunan;
- Dalam perhitungan ketinggian bangunan, apabila jarak vertical dari lantai penuh ke lantai penuh berikutnya lebih dari 5m, maka ketinggian bangunan tersebut dianggap sebagai dua lantai; dan
- Mezanin yang luasnya melebihi %50 dari luas lantai dasar dianggap sebagai lantai penuh.

2. Material

material diperoleh secara local untuk dapat mengurangi biaya transportasi. Material dipakai menggunakan *green specification* yang termasuk ke dalam daftar *life cycle analysis* seperti energi yang dihasilkan, daya tahan material, meminimalkan volume limbah, penggunaan kayu yang bersertifikat, dan kemampuan untuk dapat didaur ulang. Mengoptimalkan pemilihan material merupakan hal yang paling utama dalam membangun bangunan hijau (*Green building*) yang dapat meminimalkan dalam penggunaan sumber daya dan sekaligus dapat memberikan peningkatan kinerja energi dan kualitas lingkungan dalam ruangan yang lebih baik.



Gambar 25. Green building Materials

Sumber : Amin, dkk (2019).

Perhatikan gambar 25 di atas, dapat kita ketahui bahwa ada beberapa jenis dari *Green building Materials* yang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk dapat membangun konsep *green building*, yaitu bamboo, hempcrete, mycelium, tanah yang dipadatkan, kayu, aschcrete, polyurethane, fiber glass, batu alam, polystyrene, dan fiber cement.

Pemilihan bahan yang ramah lingkungan (*Green Material*) biasanya melibatkan penilaian dampak lingkungan siklus hidup produk. Proses ini dapat melacak bahan baku yang digunakan untuk dapat memproduksi suatu bahan, proses produksinya, transportasinya, karakteristik penggunaannya dan opsi

pembuangan, penggunaan kembali atau daur ulangnya. Dengan melalui proses penilaian siklus hidup, sejumlah atribut hijau telah diidentifikasi untuk berbagai bahan konstruksi. Atribut tersebut disertakan sebagai pengantar faktor hijau yang utama yang harus dipertimbangkan oleh pembangun saat menilai produk konstruksi yang berbeda, yaitu sebagai berikut.

- a. **Renewability**, mengacu kepada bahan yang berasal dari sumber daya hayati, seperti pohon dan produk pertanian. Contohnya termasuk *linoleum* alami, gabus, bamboo, produk papan berbahan dasar jerami (setara dengan papan lantai per kelas cabinet atau papan serat kepadatan menengah), dan produk kayu dan kayu rekayasa. Beberapa bahan mungkin saja dapat terurai secara hayati pada akhir masa pemakaiannya.
- b. **Recycled Content**, mencakup konten pasca-konsumen dan pra-konsumen (juga dikenal sebagai pasca-industri). Bahan dengan konten daur ulang tersedia untuk banyak jenis produk bangunan, seringkali dengan kinerja yang kompetitif, sebanding atau lebih baik daripada bahan yang terbuat dari bahan yang alami.
- c. **Reusability/Recyclability**, menggambarkan betapa mudahnya suatu produk dapat digunakan kembali atau didaur ulang setelah mencapai akhir masa pakainya. Produk yang dapat lebih mudah dibongkar atau dipisahkan dari bahan yang berdekatan untuk digunakan kembali atau didaur ulang harus dapat dipertimbangkan.
- d. **Durability**, menggambarkan daya tahan suatu bahan yang diharapkan dari pemeliharaan dan masa pakai dari suatu produk dalam paparan lingkungan tertentu.
- e. **Embodied Energi**, merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk dapat mengekstrak, memproses, mengemas, mengangkut, memasang dan mendaur ulang kembali atau membuang bahan yang membentuk bangunan.

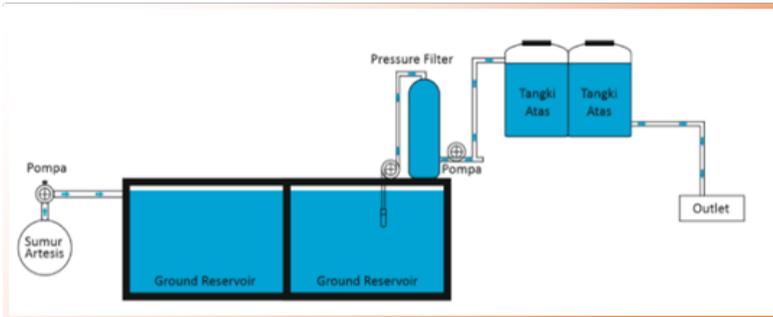
Sebesar 70% dari total energi yang diinvestasikan dalam konstruksi bangunan dapat diwujudkan dalam bahan itu sendiri. Karena energi yang dikonsumsi untuk dapat mengangkut bahan seringkali merupakan bagian yang signifikan dari energi yang terkandung. Maka dari itu, bahan yang diproduksi secara lokal lebih disukai daripada bahan yang harus dikirim dari jarak yang jauh.

- f. ***Environmental Impact***, dampak lingkungan dapat dipertimbangkan dalam dua cara. Dalam satu hal (1), mengacu kepada efek material terhadap kualitas lingkungan dalam ruangan di dalam rumah. Konteks yang lebih luas (2), mengacu kepada efek material pada lingkungan dan atmosfer luar. Untuk dapat menciptakan lingkungan dalam ruangan yang sehat, maka pilihan bahan yang dapat membatasi pelepasan gas, memiliki sifat toksik minimal atau tidak ada dan tidak menimbulkan debu atau serat.

3. Efisiensi Penggunaan Air:

bangunan hijau (*Green building*) mengurangi penggunaan air dengan menggunakan STP (*Sewerage Treatment Plant*) untuk dapat mendaur ulang air dari limbah rumah tangga, sehingga bisa digunakan kembali untuk toilet, penyiraman tanaman dan lain sebagainya. Bangunan Hijau (*Green building*) juga menggunakan berbagai peralatan penghemat air, seperti shower bertekanan rendah, keran otomatis (*self-closing* atau *spay tubs*) dan tanki toilet yang *low-flush toilet* yang nantinya dapat mengatur penggunaan air dalam bangunan sehemat mungkin. Karena air menjadi langka dan lebih mahal pada banyak bagian dunia, pembangun perlu fokus kepada konservasi air. Mereka dapat memasang sebuah sistem irigasi dan saluran hemat air, urinoir tanpa air (yang lebih bersih daripada standar), dan tanaman yang tahan dengan kekeringan dan mereka dapat menggunakan air daur ulang (tidak dapat diminum) untuk kebutuhan lanskap

(Lockwood, 2006). Berikut beberapa jenis penggunaan air dalam rumah tangga :



Gambar 26. Skema Pengelolaan Air Bersih

Sumber: Amin, dkk (2019)

Perhatikan gambar 19 di atas, dapat kita ketahui bahwa *Down Feed Sistem* merupakan pengaliran/distribusi air dari tangka atas ke *outlet* dengan gaya gravitasi. Proses distribusi air dengan menggunakan sistem *Down Feed* ini memiliki kelebihan, yaitu tidak terlalu memakan banyak energi. Air yang berada di dalam sumur artesis dipompa ke *ground reservoir* (tangka air dalam tanah), kemudian masuk ke filter dan dipompa ke tangka atas untuk selanjutnya dapat digunakan pada masing-masing fasilitas.

a. Penggunaan Air Dalam Ruangan

Untuk rumah dengan sistem air dan pembuangan limbah umum, efisiensi air dapat menjadi masalah komunitas yang sangat penting. Hampir setiap galon air yang dimurnikan oleh pemerintahan daerah setempat (PAM) untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumsi juga harus dirawat setelah digunakan. Dengan cara ini, dua masalah lingkungan dapat teratasi, yaitu melindungi pasokan air bersih dan pengolahan air limbah, dengan melalui efisiensi penggunaan air.

b. Penggunaan Air Luar Ruangan

Bergantung daripada lokasinya, konsumsi air perumahan untuk penggunaan di luar ruangan dapat berkisar antara 25

sampai 200 galon per harinya per rumah tangga, terhitung rata-rata 50% sampai 77% dari penggunaan air musiman rumah tangga. Pembangunan rumah hijau dengan sistem efisiensi penggunaan air dapat menjadi bagian dari solusi dengan merancang dan membangun rumah dengan halaman rumput, lanskap, irigasi dan rencana drainase yang menggunakan air lebih efisien. Hal ini bertujuan mengurangi pemborosan air yang berlebihan. Berikut adalah beberapa cara untuk dapat meningkatkan efisiensi dalam penggunaan air luar ruangan:

- Rencana penanaman tanaman asli dan tahan terhadap kekeringan
- Maksimalkan penggunaan rumput asli
- Menggunakan teknologi irigasi: *timer*, sensor dan *control*
- Penggunaan irigasi tetes
- Penggunaan air kembali (*water reuse*)
- Membuat tangkapan air hujan

4. Udara

bangunan hijau (*Green building*) menggunakan material dan produk-produk *non-toxic* yang akan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan serta mengurangi tingkat asma, alergi dan *sick building syndrome*. *Green building* juga menggunakan material yang bebas emisi serta tahan untuk dapat mencegah kelembaban yang dapat menghasilkan spora dan mikroba lainnya. Kualitas udara dalam ruangan juga harus didukung dengan menggunakan sistem ventilasi yang efektif dan bahan-bahan pengontrol kelembaban yang dapat memungkinkan bangunan untuk bernapas.

5. Limbah dan Manajemen Lingkungan

bangunan hijau (*Green building*) juga meliputi aspek manajemen lingkungan dan pengolahan limbah secara lokal. Pengelolaan

limbah yang efektif dimulai dengan kebijakan pengelolaan limbah dan rencana pengelolaan limbah. Kebijakan yang ada haruslah menjadi suatu acuan umum yang mengakui pengelolaan limbah sebagai suatu masalah dengan menggunakan pendekatan pengurangan (*reduksi*), penggunaan kembali (*reuse*) serta daur ulang limbah (*recycle*). Berikut ada tiga (3) langkah dasar dalam merencanakan pengelolaan limbah:

- a. Identifikasi komponen aliran limbah dan mempelajari estimasi biaya pembuangan konvensional;
- b. Memahami kondisi yang dapat mempengaruhi pengambilan keputusan dalam perencanaan pengelolaan limbah;
- c. Menetapkan rencana yang mengikuti hirarki dalam pengelolaan limbah, yaitu: *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), *Recycle* (daur ulang), *Composting*, *Burning*, *Landfill*.



Gambar 27. Waste Management Hierarchy

Sumber : U.S Department of Energi's Building America (2007)

Perhatikan gambar 27 di atas, dapat kita ketahui bahwa ada beberapa tingkatan/*Waste Management Hierarchy* dalam melakukan pengelolaan sampah menurut *US. Department of Energi's Building America* (2007), yaitu tingkatan *reduce, reuse, recycle, composting, burning* dan *landfilling*.

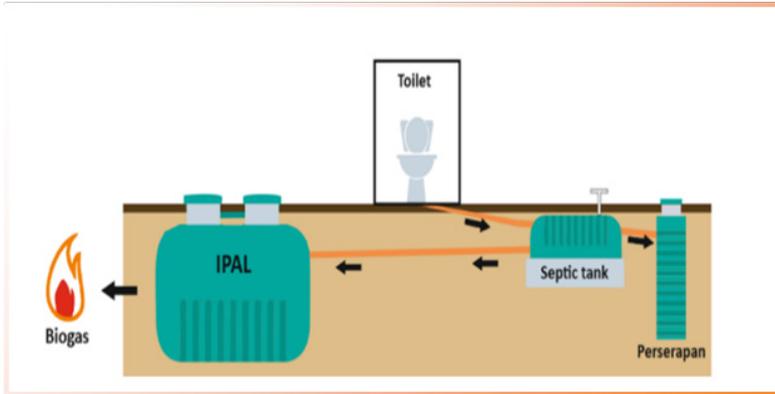
Kemudian pada pengelolaan sampah pada gambar 28 di bawah ini, sampah atau limbah dapat dibagi menjadi sampah cair, padat dan gas. Ketiga jenis sampai ini dapat dikurangi maupun diolah kembali untuk dapat dimanfaatkan atau sekadar agar aman untuk lingkungan. Secara umum, proses pengelolaan sampah adalah pengumpulan, pemilahan, pengangkutan, daur ulang atau pembuangan dari material sampah. Selain itu dalam pengelolaan sampah juga dikenal dengan metode 3R, yaitu *reuse, reduce* dan *recycle*.



Gambar 28. Skema Pengelolaan Sampah

Sumber : Amin, dkk (2019)

Perhatikan gambar 29 di bawah, dapat kita ketahui bahwa sampah dan limbah dalam bentuk cair, padat dan gas sangat perlu diolah juga dengan baik agar tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan dapat digunakan kembali. Pemanfaatan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*) dengan pembuatan pupuk kompos



Gambar 29. Skema Pengelolaan Limbah Blackwater

Sumber : Amin, dkk (2019)

(*composting*) yang berasal dari sampah organik kawasan (dari rumah tangga maupun kebun) dan pupuk kandang dari kotoran hewan untuk dapat digunakan memupuk tanaman dalam kawasan. Pengelolaan (*treatment*) limbah dan pembuangan limbah secara aman dapat menggunakan *biofilter up flow*. Pada pengelolaan *blackwater*, yaitu air yang berasal dari buangan kloset, urinal, bidet yang mengandung kotoran manusia diolah dalam IPAL dan menjadi biogas.



BAB 4

DESAIN GREEN BUILDING

Desain Bangunan dengan Efisiensi Air

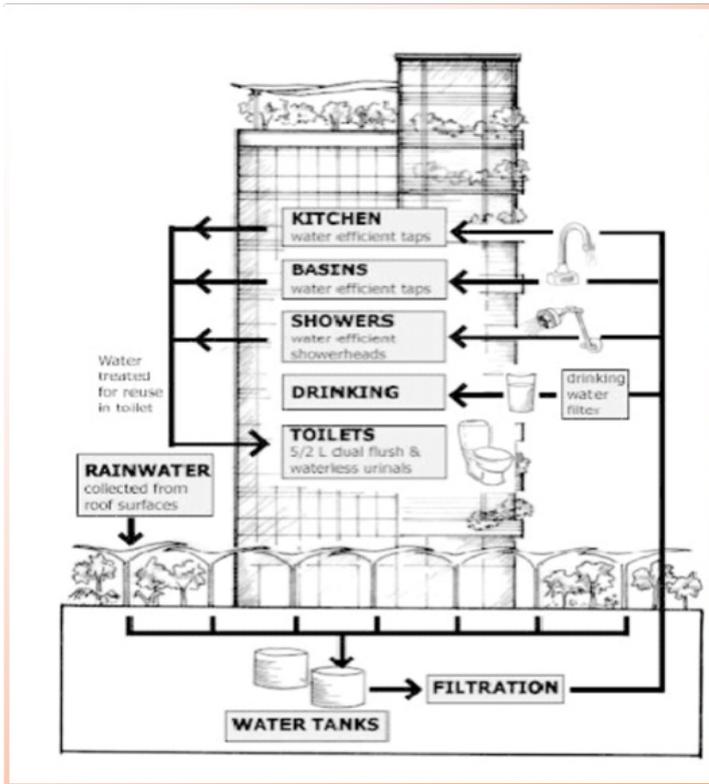
Desain sistem dalam pengelolaan air didasarkan kepada prinsip-prinsip yaitu:

1. Penggunaan sumber daya minimum;
2. Perlindungan lingkungan alam (melalui pemilihan dan penggunaan yang tepat dari bahan);
3. Penggunaan energi minimum dan emisi gas rumah kaca (GRK)
4. Skema penggunaan air minum dan penggunaan maksimum air limbah yang telah didaur ulang;
5. Adopsi praktik kerja yang ramah lingkungan dan sehat selama pengerjaan konstruksi dan ketika sudah dihuni.

Institute for Sustainable Futures terlibat dalam pengembangan konsep pengelolaan air yang berkelanjutan, yaitu:

1. Penggunaan perlengkapan dan alat kelengkapan hemat air termasuk urinal tanpa air;

2. Penangkapan air hujan (tadah air hujan) untuk semua penggunaan air minimum dalam ruangan, seperti mandi, minum dan lain sebagainya;
3. Pengolahan *greywater* dan *blackwater* untuk pembilasan toilet, serta irigasi taman.



Gambar 30. Water Management Sistem

Sumber: Channan, dkk (2003)

Perhatikan gambar 30 di atas, air hujan yang ditangkap dengan wadah tadah hujan akan dikelola dengan tingkat tinggi melalui penyaringan dan UV desinfeksi dan disimpan dalam dua tangki *polypropylene* 10.000 liter pada lantai dasar bangunan. Kualitas air terus dipantau dan proses kimia akan digunakan apabila diperlukan. Adanya skema sambungan suplai air pada hilir sistem (setelah

pengolahan air hujan) untuk dapat menghilangkan pengolahan skema suplai air yang tidak diperlukan. Adanya sistem yang otomatis akan dapat mengaktifkan sambungan listrik padam atau jika ketinggian air dalam tangka rendah.

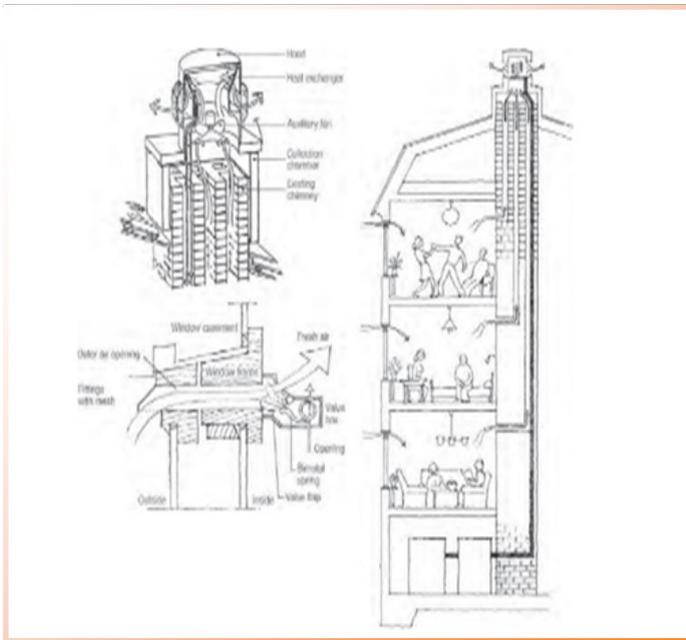
Desain Bangunan dengan Efisiensi Udara

Lingkungan sekitar merupakan sebuah faktor yang sangat penting dalam mengatur suhu bangunan dan pencahayaan. Misalnya pohon, perbukitan yang dapat memberikan keteduhan dan menahan angin. Pada negara-negara yang memiliki suhu udara yang panas, seperti negara tropis, bangunannya dirancang dengan jendela yang menghadap utara untuk dapat mengurangi jumlah sinar matahari yang masuk ke dalam gedung, yaitu mengurangi dalam penggunaan energi, dengan meminimalkan pemanasan matahari secara pasif. Oleh karena itu, desain lokasi, konstruksi bangunan, pengoperasian bangunan, pemeliharaan serta renovasi merupakan proses yang biasanya digunakan untuk dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan. Tentu saja, hal tersebut membutuhkan adanya kerja sama yang terpadu dari tim desain, arsitek, insinyur dan klien pada semua tahapan proyek. Praktik bangunan yang berkelanjutan dan yang hemat energi dapat memperluas serta melengkapi perhatian terhadap desain bangunan klasik, dari aspek ekonomi, utilitas, daya tahan dan kenyamanan.

Dalam meningkatkan kenyamanan pada suatu bangunan, penggunaan ventilasi udara haruslah dapat dimaksimalkan secara baik dan benar. Ventilasi udara merupakan sistem layanan yang memiliki efek terbesar pada iklim ruangan bangunan. Ventilasi juga dapat menimbulkan sebagian besar iritasi dan banyaknya keluhan dari penghuninya. Solusi dalam permasalahan ini, yaitu sistem ventilasi yang dipilih, telah bervariasi dari waktu ke waktu. Hal ini karena sistem ventilasi haruslah direncanakan dengan sangat hati-hati. Suatu bangunan tidak akan menjadi nyaman jika tidak memiliki

ventilasi yang sesuai. Sulit untuk dapat membangun sebuah bangunan yang sangat kedap udara, sehingga kekurangan oksigen dapat terjadi. Hal ini (ruang kedap udara) hanya terjadi pada ruang seperti kapal selam dan kotak brankas bank. Fungsi daripada keberadaan ventilasi udara ini adalah:

1. Dapat menyesuaikan kelembaban udara relatif (sebaiknya 40-60%);
2. Dapat menghilangkan kelebihan panas (terutama pada sekolah dan kantor);
3. Dapat menghilangkan bau ruangan dan emisi (terutama dari material dalam ruangan).



Gambar 31. Ventilation Sistem

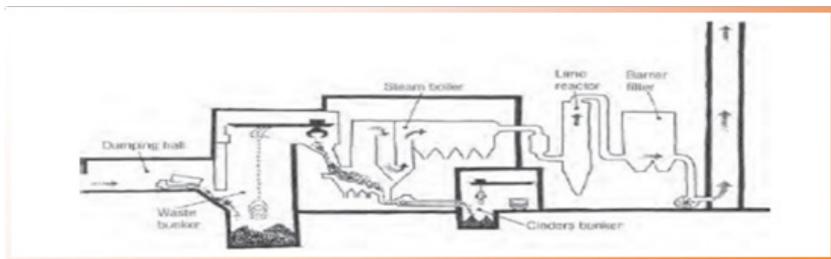
Sumber: Bokalders & Block (2010)

Perhatikan gambar 31 di atas, dapat kita ketahui dengan menggunakan ventilasi yang diinduksi dengan menggunakan sistem kipas tambahan dengan saluran masuk udara yang dikontrol secara termostatis dengan penutup ventilator, adalah mungkin untuk dapat

menghindari kelebihan ventilasi selama musim dingin dan selama angin kencang. Dengan bantuan kipas angin musim panas, ventilasi bekerja dengan baik, bahkan pada hari-hari musim panas yang terik.

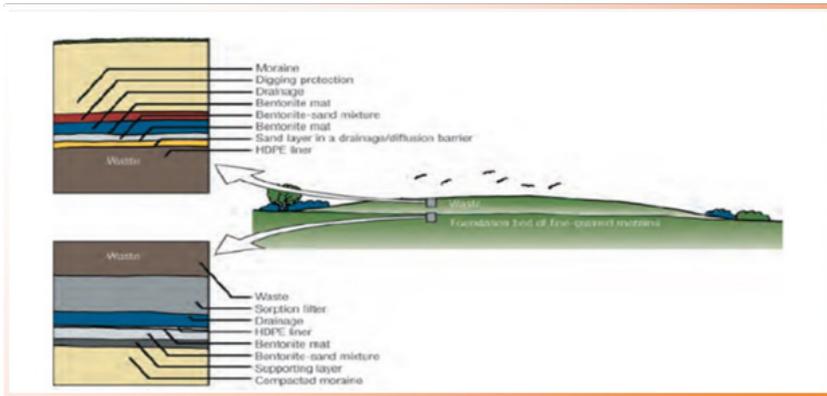
Desain Bangunan dengan Efisiensi Pengolahan Sampah

Umat manusia telah menghasilkan terlalu banyak sampah sepanjang hidupnya. Keberadaan limbah sampah dapat menyebabkan masalah lingkungan, memakan ruang dan dapat menghasilkan biaya yang sangat tinggi. Keberadaan limbah sampah materi pada tempat yang salah serta pada waktu yang salah juga. Limbah dapat dikategorikan organik, anorganik, cair dan udara (limbah molekuler yang tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata). Limbah tidak akan dapat hilang saat dibuang ke saluran pembuangan. Cepat atau lambat limbah akan muncul di danau atau lautan. Limbah juga tidak hilang jika dibakar. Limbah yang dibakar dapat berubah menjadi limbah udara yang jatuh ke tanah atau ke air (atau tetap menjadi debu). Sampah daur ulang dapat berupa sampah organik yang dilakukan pengomposan atau diolah di pabrik biogas. Jadi, hanya sebagian kecil saja sampah yang perlu dibuang di tempat pembuangan sampah. Berbeda halnya dengan limbah berbahaya, seperti B3 yang harus ditangani secara berbeda dan terpisah dari jenis sampah biasa.



Gambar 32. Incineration Plant
Sumber: Bokalders & Block (2010)

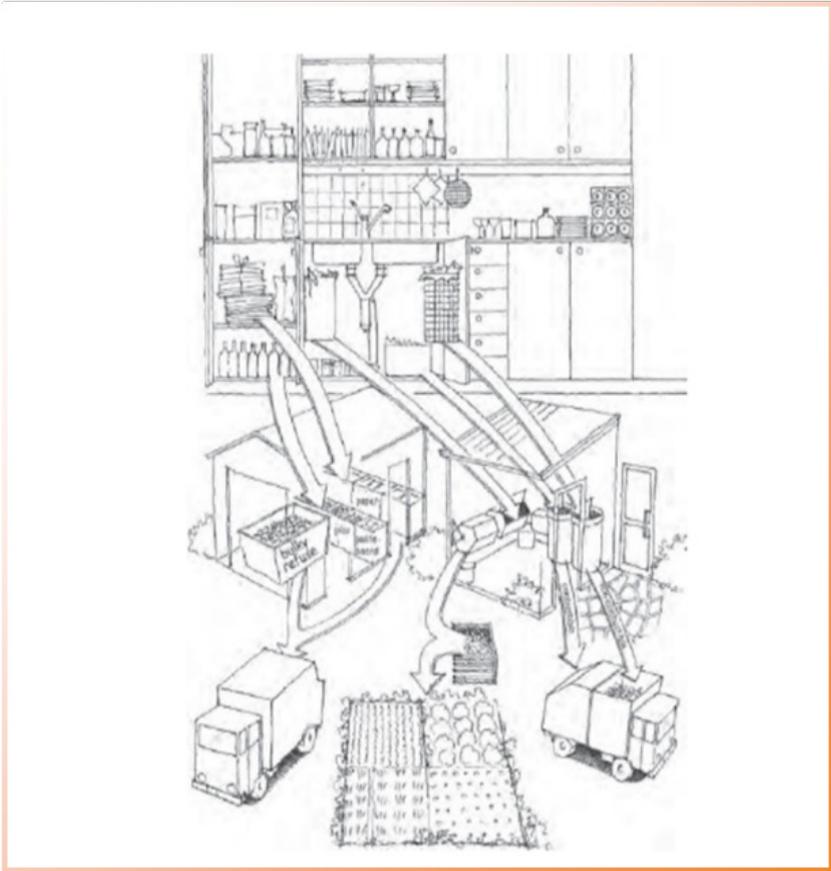
Perhatikan gambar 32 di atas, deskripsi sederhana tentang pabrik insinerasi limbah. Salah satu masalah dengan pembakaran sampah adalah emisi asap yang terjadi, walaupun cerobong gas sudah dibersihkan. Ketika proses pemilahan sampah masyarakat membaik, hanya jenis yang mudah terbakar yang akan dilakukan pembakaran pada alat incinerator.



Gambar 33. Landfill

Sumber: Bokalders & Block (2010)

Perhatikan gambar 33 di atas, *landfill* merupakan tempat pembuangan sampah dan bahan limbah lainnya. Tempat ini dirancang untuk dapat meminimalkan dampak sampah terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. *Landfill* ditimbun dengan lapisan dari tanah dan plastik tipis, lalu ditimbun lagi dengan beberapa meter tanah agar tanaman bisa tumbuh di atasnya. Walaupun tempat pembuangan sampah dirancang hanya untuk menampung sampah, beberapa di antaranya akan mengalami proses dekomposisi seiring berjalannya waktu.



Gambar 34. Waste Sorting Sistem

Sumber: Bokalders & Block (2010)

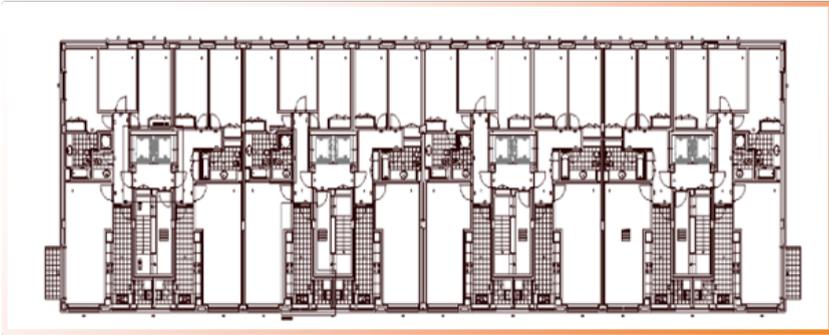
Perhatikan gambar 34 di atas, sistem pemilahan sampah didasarkan kepada rantai di mana semua mata rantai ada dan berfungsi. Ruang masuk flat untuk menyortir dan tempat mengumpulkan kertas dan kaca yang dapat dilakukan daur ulang, ruang penyimpanan limbah untuk menyimpan kompos dan limbah lainnya, stasiun pemilahan sampah local yang dilengkapi dengan yang sesuai wadah, ruang untuk pematangan kompos dan lahan untuk menggunakan bahan kompos, dan didirikan organisasi untuk pengelolaan limbah dan penggunaan kembali (*Reuse*).

Desain Bangunan dengan Efisiensi Penggunaan Lahan

Kebutuhan akan tempat tinggal semakin mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan zaman dan jumlah penduduk. Namun, penambahan jumlah penduduk tersebut tidak sebanding dengan luasan lahan yang tersedia untuk dapat memenuhi kebutuhan akan tempat tinggal bagi penduduk pada kawasan tersebut. Karena terbatasnya luasan lahan yang tersedia mengakibatkan rumah terasa sesak karena pengaturan ruang dan perabot yang tidak efisien. Untuk dapat mengoptimalkan fungsi hunian yang mampu memwadhahi segala aktifitas pengguna pada hunian dengan lahan yang terbatas, maka sangat diperlukan sebuah desain yang efisien. Desain yang efisien tersebut mencakup aspek luasan dan aspek fungsi, yang mana dengan luasan yang minimum mampu difungsikan secara optimal dalam memenuhi aktifitas penggunaannya.

Secara harfiah, ruang berasal dari bahasa latin, yaitu *Spatium* yang berarti ruangan atau luas (*Extend*). Menurut Aristoteles, ruang adalah sesuatu yang terukur dan terlihat yang dibatasi oleh kejelasan fisik, sehingga dapat dipahami keberadaannya dengan jelas dan mudah. Berbagai aktifitas manusia memiliki pengaruh yang besar terhadap ruang. Efisiensi ruang dapat diartikan sebagai penggunaan ruang secara tepat dan baik dalam segi aktifitas maupun waktu. Sebagai unsur pembentuk lingkungan dan bangunan elemen desain kawasan, yaitu meliputi :

1. Guna lahan (*Land Use*);
2. Bentuk dan raut bangunan (*Building form and massing*);
3. Sirkulasi dan parkir (*Circulation and Parking*);
4. Ruang terbuka (*Open Space*);
5. Jalur pejalan kaki (*Pedestrian ways*);
6. Aktifitas pendukung (*activity support*);
7. Penanda (*Signage*);
8. Preservasi (*Preservation*);



Gambar 35. Layout of Building

Sumber : Barbosa, dkk (2014)

Perhatikan gambar 35 di atas, merupakan bangunan tempat tinggal 5 lantai di wilayah Utara Portugal yang terletak di kawasan dengan kepadatan kota yang relatif tinggi, sehingga dalam melakukan desain bangunannya haruslah memperhatikan efisiensi penggunaan lahan yang ada. Dalam melakukan pembangunan suatu bangunan pada suatu wilayah kota yang padat sangat dianjurkan untuk mempertimbangkan segala hal yang berkaitan dengan efisiensi penggunaan lahan, seperti pembagian tata guna lahan, ruangterbuka hijau (RTH) termasuk halaman dan parkir, dan lain sebagainya.

Desain Bangunan dengan Efisiensi Material

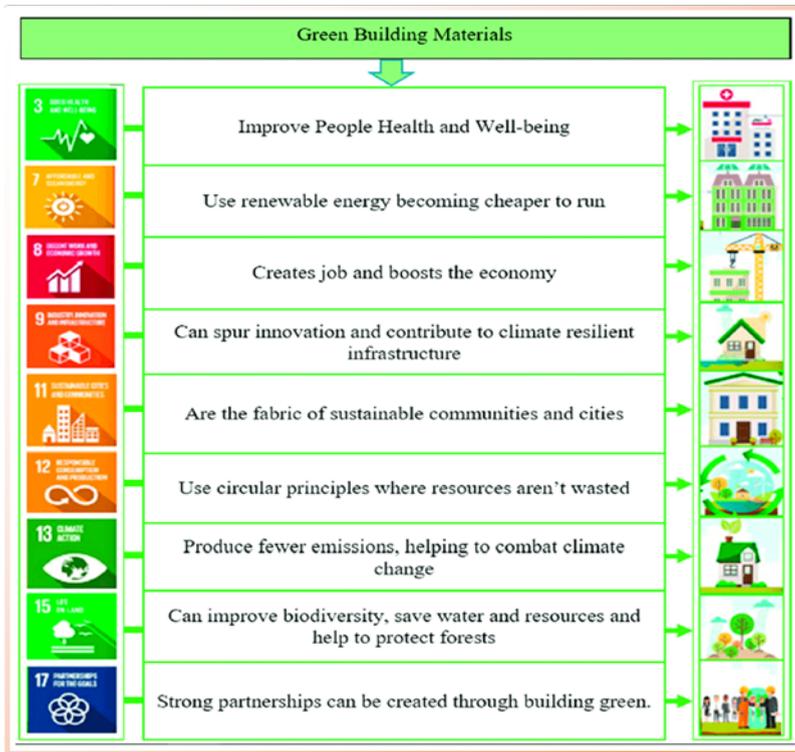
Membangun bangunan yang sehat terutama berkaitan dengan lingkungan interior, yaitu bagaimana membangun bangunan yang membuat penghuninya merasa nyaman, tetapi juga bagaimana cara melakukannya tanpa adanya efek buruk pada pekerja konstruksi dan lingkungan sekitar. Pada beberapa tempat, orang banyak menghabiskan lebih dari 90% waktunya di dalam ruangan. Itu artinya, tentu saja seseorang sangat dipengaruhi oleh bangunan tempat mereka tinggal dan bekerja. Konsep ini dapat dibandingkan dengan jenis pakaian yang kita kenakan dan bagaimana karakteristiknya sangat mempengaruhi kita dan kesejahteraan kita. Bahan konstruksi

dijelaskan menurut mereka kandungan kimia dan pengaruhnya terhadap lingkungan dari perspektif siklus hidup. Penilaian umum diberikan untuk bahan yang memiliki dampak buruk paling kecil terhadap lingkungan dan kesehatan. Memilih bahan konstruksi yang tepat dari perspektif ekologi tidak selalu mudah, hal ini disebabkan karena terdapat banyaknya faktor yang harus dipertimbangkan. Aspek penting adalah bagaimana bahan konstruksi dapat mempengaruhi iklim interior ruangan (banyak orang-orang yang menghabiskan waktunya di sana); bagaimana bahan konstruksi memiliki dampak kepada lingkungan luar secara umum. Selain itu, ada juga masalah lingkungan kerja bagi semua orang yang bekerja memproduksi bahan, serta melakukan pembangunan dan pembongkaran.

Spesifikasi bahan konstruksi harus mencakup hal-hal berikut ini:

1. Nama material, deskripsi singkat dan area penggunaan;
2. Produsen dan pemasok serta kebijakan lingkungan dan sistem manajemen lingkungan mereka;
3. Deklarasi bahan, mencatat zat berbahaya yang diakui dan pelabelan lingkungan.
4. Bahan masukan, konsumsi sumber daya: bahan baku dan aditif dan berapa jumlahnya. Emisi ke udara, air dan tanah;
5. Produksi, proses produksi: jenis sumber energi, konsumsi energi, kualitas energi, emisi ke udara, air dan tanah;
6. Distribusi, bahan bangunan jadi: lokasi/negara produksi, cara pengangkutan, bentuk distribusi, jenis kemasan, apakah produsen mengambil kembali bahan kemasan ?;
7. Tahapan konstruksi, proses pembangunan: kebutuhan peralatan dan mesin. Mendokumentasikan kebutuhan bahan habis pakai untuk proses pembangunan. Apakah ada bahan yang disesuaikan ? apakah bahan sisa diambil kembali ?;
8. Tahapan penggunaan, operasi, pemeliharaan: operasi, sumber energi, bahan yang diperlukan untuk dapat mempertahankan fungsi dan karakteristik selama tahapan penggunaan;

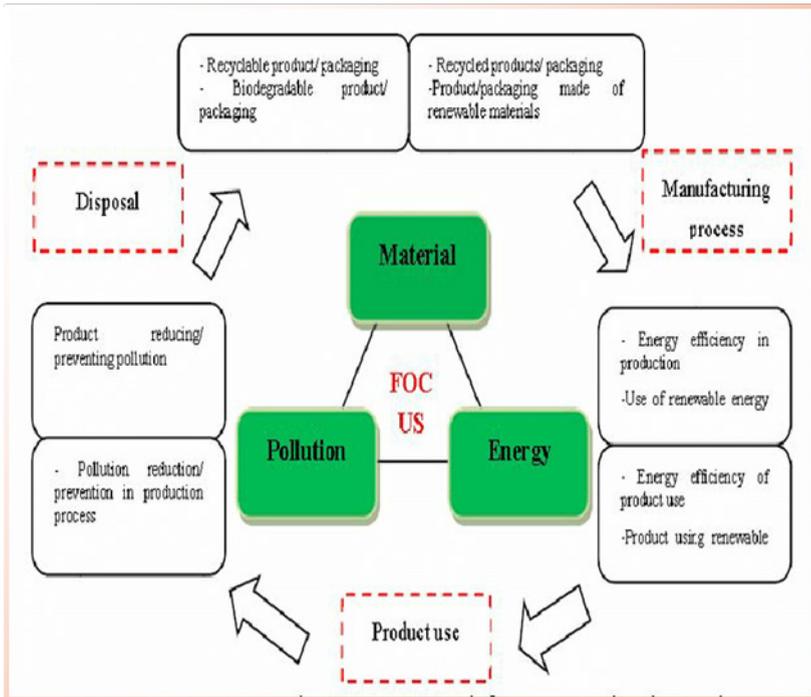
9. Tahapan pembongkaran: kemudahan pembongkaran. Apakah produk memerlukan adanya tindakan khusus untuk dapat melindungi kesehatan dan lingkungan ?;
10. Produk sisa, gunakan kembali, daur ulang: dapatkan produk sisa digunakan kembali, bahannya didaur ulang atau energi diambil darinya ? apakah ada emisi selama melakukan pembakaran ?;
11. Produk limbah, pembuangan: emisi ke udara, air dan tanah selama pembuangan. Haruskan limbah dikelola sesuai dengan peraturan limbah berbahaya ?;
12. Lingkungan dalam: produk mengandung zat berbahaya bagi kesehatan yang memiliki nomor CAS (*Chemical Abstracts Service*). Apakah ada persyaratan penyimpanan dan pelaksanaan pekerjaan untuk dapat menghindari adanya dampak negatif pada lingkungan interior ruangan. Apakah ada emisi dan bau dari bangunan itu sendiri ? apakah ada persyaratan khusus untuk bahan lain yang berada di sekitarnya ?



Gambar 36. Green building Materials and SDGs
 Sumber : Balali, dkk (2020)

Perhatikan gambar 36 di atas, dapat kita ketahui bahwa adanya hubungan antara *green building materials* dan SDGs. Ada beberapa tujuan dari SDGs yang dapat kita capai dengan *Green building Materials*, yaitu tujuan 3 (meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan rakyat; tujuan 7 (menggunakan energi terbarukan menjadi lebih murah untuk dijalankan); tujuan 8 (menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan perekonomian); tujuan 9 (dapat memacu inovasi dan berkontribusi pada infrastruktur yang tahan iklim); tujuan 11 (jalanan komunitas dan kota yang berkelanjutan); tujuan 12 (menggunakan prinsip berkelanjutan/*circular* dimana sumber daya tidak terbuang percuma); tujuan 13 (menghasilkan sedikit emisi, membantu memerangi perubahan iklim); tujuan 15 (dapat meningkatkan

keanekaragaman hayati, menghemat air dan sumber daya serta membantu melindungi hutan); tujuan 17 (kemitraan yang kuat dapat tercipta melalui *Green building*).



Gambar 37. Framework for Green Product Innovation
 Sumber: Rashit, dkk (2014)

Perhatikan gambar 37 di atas, dapat kita ketahui bahwa berdasarkan upaya inovasi *Green building* dan pengembangan produk baru, telah banyak menggemakan pembentukan kerangka kerja dari inovasi produk hijau (*Green Product Innovation*). Pengembangan inovasi produk hijau atau produk hijau baru berfokus kepada tiga jenis focus dalam lingkup lingkungan, yaitu material, energi dan polusi, sementara dampaknya terjadi pada berbagai tahapan siklus hidup produk (*Product Life Cycle*) termasuk proses pembuatan, penggunaan dan pembuangan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar. A, Abba. S, Siriki. F & Maman. B. (2020). *Quantitative Assessment of Land Cover Sensitivity to Desertification in Maigatari Local Government Area, Jigawa State, Nigeria*. Journal Applied Science Environment Manage. DOI. <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v24i9.4>
- Anjum. S.S, Noor. R.Md, Aghamohammadi. N, Ahmedy. I, Kiah Miss. L.M, Hussin. N, Anisi. M.H & Qureshi. M.A. (2019). *Modelling Traffic Congestion Based on Air Quality for Greener Environment: An Empirical Study*. IEEE Proceeding. DOI. 10.1109/ACCESS.2019.2914672.
- Aryanto. A.F. (2010). Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Debit Aliran Permukaan Di Sub-Das Keduan Kabupaten Wonogiri. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.
- Baartman Jantiene. E.M, Godert van Lynden. W.J, Mark. S. R, Coen. J.R & Rudi Hessel. (2007). *Desertification and Land Degradation: Origins, Processes and Solutions*. Report Number 4. Series: Scientific Reports. ISRIC, The Netherlands.

- Badaruddin, Kadir. H.S & Nisa. K. (2021). *Buku Ajar Hidrologi Hutan*. Penerbit CV Batang: Banjarmasin. ISBN. 978-623-95666-6-1.
- Bahaudin. A.Y, Elias. E.M & Saifudin. A.M. (2014). *A Comparison of The Green building's Criteria*. E3S Web of Convergence 3. DOI. 10.1051/e3sconf/20140301015.
- Balali. A, Valipour. A, Zavadskas Edmundas. K & Turskis. Z. (2020). *Multi-Criteria Ranking of Green Materials According to The Goals of Sustainable Development*. Sustainability. MDPI. DOI. 10.3390/su12229482.
- Barbosa Jose. A, Braganca. L & Mateus. R. (2014). *The Assessment of Land Use Efficiency in BSA Tools Development of a New Index*. Journal of Urban Planning and Development. DOI. 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000208.
- Bokalders. V & Block. M. (2010). *The Whole Building Handbook: How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings*. Earthscan Publishing for Sustainable Future. ISBN. 978-1-84407-523-2.
- Camocho. D, Vicente. J & Ferreira Ana. M. (2020). *Circular and Sustainable Design: A Sistematic Design Model for The Transition to Circular and Sustainable Economy*. International Journal of Design for Sosial Change, Sustainable Innovation and Entrepreneurship. ISSN. 2184-6995.
- Chanan. V, White. S, Howe. C & Jha. M. (2003). *Sustainable Water Management in Commercial Office Buildings*. Innovations in Water: Ozwater Convention & Exhibition.
- Chapman. S, Syktus. J, Trancoso. R, Salazar. A, Thatcher. M, Watson James. E.M, Meijaard. E, Sheil. D, Dargusch. P & McAlpine. C.A. (2020). *Compounding Impact of Deforestation on Borneo's Climate During El-Nino Events*. Environmental Research Letters. DOI. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab86f5>.
- Day, Simon, and Carina Fearnley. 2015. "A Classification of Mitigation Strategies for Natural Hazards: Implications for the Understanding of Interactions between Mitigation Strategies." *Natural Hazards* 79:1219–38.

- Deng Wu, Yang Tong, Tang Liewellyn & Tang Yu-Ting. (2016). *Barriers and Policy Recommendations for Developing Green buildings from Local Government Perspective: A Case Study of Ningbo China*. Intelligent Buildings International. DOI. 10.1080/17508975.2016.1248342.
- Dewi. A, Arimurti. A, Septanti. D & Utami Adinda Sih Pinasti Retno. (2019). Efisiensi Ruang Pada Hunian di Lahan Terbatas: Studi Kasus Kampung Pelangi Terletak di Kelurahan Sukilo Baru, Kecamatan Bulak, Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. ISSN. 2337-3520.
- Ding, Zhikun, Zei Fan, W. .. Tam, Vivian, Yu Bian, and Shenghan Li. 2018. "Green building Evaluation Sistem Implementation." *Elsevier* 1–30.
- Diodato. N, Ljungqvist. F.C, Fiorillo. F, Esposito. L, Ventafridda. G & Bellochi. G. (2023). *Climatic Fingerprint of Spring Discharge Depletion in The Southern Italian Apennines from 1601 to 2020 CE*. Environmental Research Communications. DOI. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/acae23>.
- Dough. 2013. "Take Permits and Mitigation." Pp. 137–72 in *The Endangered Species Act*.
- Durrel. G. (2017). *Desertification*. Book Chapter. People, Planet and Progress Beyond 2015.
- Farid. M, Pratama. M.I, Kuntoro. A.A, Adityawan. M.B, Rohmat Faizal. I.W & Moe. I.R. (2021). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Hulu. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 28. No. 3. ISSN. 2549-2659.
- Fauzi. M.R. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Cilangla. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Islam Indonesia.
- Gunawan, Tanuwidjaja. 2018. "Desain Arsitektur Berkelanjutan Di Indonesia: Hijau Rumahku, Hijau Negeriku." 1–15.

- Geng, Yong, Huijuan Dong, Bing Xue, and Jia Fu. 2012. "An Overview of Chinese *Green building* Standards." *Sustainable Development* 20(1):211–21.
- Imran. M. (2013). Pengaruh Iklim Terhadap Bentuk Bahan Arsitektur Bangunan. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*. Vol. 1. No. 1. Pp. 1-10.
- Kalita Tatyana. L & Titlyanov Eduard. A. (2013). *Influence of Temperature on The Infradian Growth Rhythm in Ulva Lactuca (Chlorophyta)*. *European Journal of Phycology*. Taylor & Francis. ISSN. 1469-4433. DOI. <http://dx.doi.org/10.1080/09670262.2013.796528>.
- Kartiwa. B & Irianto. G. (2001). Metode Alternatif Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan Menurut Model Simulasi Debit Berdasarkan Aplikasi Konsep Hidrograf Satuan: Studi Kasus Sub-DAS Kali Kripik). *Jurnal Tanah dan Iklim*. No. 19. ISSN. 1410-7244.
- Kats, Gregory, H. 2003. *Green building Costs And Financial Benefits*. Massachusetts Technology Collaborative.
- Khalil Ahmed. G-Abo & Ahmed Sameh. S. (2014). *A New Approach to Improve The Energi Efficiency of Middle-East Buildings*. Convergence Paper.
- Kibert, Charles, J.(2016). *Sustainable Construction: Green building Design And Delivery*. Fourth Edi. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.
- Mu'min, Pandu, Afdhalul, and Fitri Satwikasari, Anggana. 2020. "Kajian Konsep Arsitektur Berkelanjutan Pada Bangunan Pusat Perbelanjaan : Mal Cilandak Town Square." *Jurnal Arsitektur Zonasi* 3(2):142–51.
- O'Mathuna, Donal P., and Vilius Dranseika. 2018. *Disasters: Core Concepts and Ethical Theories*. edited by B. Gordjin. Springer.
- Pearlmutter. D, dkk. (2019). *Enhancing the Circular Economy with Nature-Based Solutions in The Built Urban Environment: Green building Materials, Sitems and Sites*. *Blue-Green Sitems*. Vol. 1 (1). DOI. 10.2166/bgs.2019.928.

- Poon Stephen. T.F. (2021). *Strategising Ergonomics Sustainability: Reviewing Passive Design Approaches and Its Application for Humane Design*. Human Factors and Ergonomics Journal (HFEI). Vol. 6 (2): 88-105.
- Prawibawa, Putu, Dera, Lesmana, and Ratna Santosa, Happy. 2015. "Konsep Arsitektur Hijau Sebagai Penerapan Hunian Susun Di Kawasan Segi Empat Tunjungan Surabaya." *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 4(2):96-100.
- Rahmayanti. H, Muzani, Ichsan Ilmi. Z, Azwar Sylvira. A, Kurniawan. E & Yuniati. E. (2020). *Mitigasi Bencana: Inovasi Model DIFMOL dalam Pendidikan Lingkungan*. Malang: Media Nusantara Creative. ISBN. 978-602-462-462-0.
- Rahmayanti. H, Ilyasa. F. (2022). *Buku Ajar: Pendidikan Lingkungan dan Perubahan Iklim*. Yogyakarta: Selat Media Partners. ISBN. 978-623-09-1083-8.
- Rashid. L, Yahya. S, Shamee Samer. A, Jabar. J, Sedekl. M & Halim. S. (2014). *Eco Product Innovation In Search of Meaning: Incremental and Radical Practice for Sustainability Development*. Asian Sosial Science. Vol. 10. No. 13. E-ISSN. 1911-2025.
- Rilatupa. J. (2015). *Pengaruh Bahan Bangunan Dalam Rancangan Arsitektur: SCALE*. Vol. 3. No. 1. ISSN. 2338-7912.
- Sandhyavitri. A, dkk. (2015). *Mitigasi Bencana Banjir dan Kebakaran*. Riau: UR Press. ISBN. 978-979-792-656-4.
- Septriana. F.E, Alnavis. N.B, Gustia. R, Wirawan. R.R, Putri. N.P, Hasibuan. H.S & Tambunan. R.P. (2020). *Dampak Perubahan Tutupan Lahan Pada Sistem Hidrologi di Jakarta*. Majalah Ilmiah Globe. Vol. 22. No. 1. DOI. <http://dx.doi.org/10.24895/MIG.2020.22-1.1150>.
- Setyowati, Dewi, Liesnoor. 2019. *Pendidikan Kebencanaan*. Universitas Negeri Semarang
- Shi, Qian, Jian Zuo, Rui Huang, Jing Huang, and Stephen Pullen. 2013. "Identifying The Critical Factors for Green Construction: An Empirical Study in China." *Habitat International* 40(1):1-8.

- Supriono. P. (2014). Seri Pendidikan Pengurangan Risiko Bencana Banjir. Yogyakarta.: CV ANDI OFFSET. ISBN. 978-979-29-2324-7.
- Syahriah Dewi. R. (2017). Penerapan Aspek Green Material Pada Kriteria Bangunan Rumah Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*. Vol. 6. No. 2. 95-100. DOI. <https://doi.org/10.32315/jlbi.6.2.95>.
- Tamitiadini, Dian, Isma Adila, and Asmara Dewi, Wayan, Weda. 2019. *Komunikasi Bencana: Teori Dan Penekatan Praktis Studi Kebencanaan Di Indonesia*. Cetakan 1. Malang: UB PRESS.
- Uhe. P, Mitchell. D, Bates Paul. D, Addor. N, Neal. J & Beck Hylke. E. (2021). *Model Cascade from Meteorological Drivers to River Flood Hazard: Flood Cascade v1.0*. Geoscientific Model Development. DOI. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-4865-2021>.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- U.S. Department of Energi's Building America. 2007. *Green building Guidelines: Meeting the Demand for Low-Energi, Resource-Efficient Homes*.
- Wibowo. M. (2009). Strategi Pemilihan Material 3R Rumah Tinggal Dalam Desain Interior Sebagai Adaptasi & Mitigasi Perubahan Iklim. Scientific Repository. CORE. 1-14.
- Widiati, Iis, Roin. 2019. "Tinjauan Studi Analisis Komparatif Bangunan Hijau (*Green building*) Dengan Metode Asesmen Sebagai Upaya Mitigasi Untuk Pembangunan Konstruksi Yang Berkelanjutan." Pp. 69–76 in *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNPTS)*. Bandung.
- Yokomatsu, Muneta, and Stefan Hochrainer. 2020. *Disaster Risk Reduction and Resilience*. edited by Stigler. Springer.
- Zuo, Jian, and Yu Zhao, Zhen. 2014. "Green building Research Current Status and Future Agenda: A Review." *Renewable and Sustainable Energi Reviews* 30(1):271–81.

INDEKS

B

- Bangunan Hijau (Green building)** iv, 36, 51, 76, 79
 - Banjir** 10, 13, 17, 18, 19, 25, 73, 75, 76, 79
 - Bencana alam** 9, 11, 79
 - Biodiversity Loss** 25, 80
 - Blackwater** 56
 - BRE Environmental Assessment Method** 40
 - Building** 35, 38, 39, 40, 42, 43, 54, 55, 64, 65, 72, 76, 80
 - Burning** 54
- ## **C**
- Challenge** 42
 - Climate Change** 25, 81
 - Composting** 54, 81
 - Comprehensive Assessment Sistem for Built Environment Efficiency** 40

D

- DGNB** 40
- Durability** 50

E

- Energi** 40, 43, 50, 54, 55, 74, 76, 81
- Evaporasi** 17, 81

G

- Gas Metana** 33, 81
- Gas Rumah Kaca (GRK)** 29
- Green building Council of Australia Green Star** 40
- Green building Index** 40
- Green Construction** 38, 75
- Green Mark Scheme** 40
- Green Materials** 34, 72

H

- Hidrologi** 72, 75, 82

**Hong Kong Building
Environmental Assessment
Method** 40

I

Iklim 28, 29, 33, 74, 75, 76, 81,
82

Infiltrasi 16, 82

Intersepsi 16, 83

Ionosfer 30, 83

K

Karbon Dioksida 33

Kebakaran 75, 83

**Koefisien Dasar Bangunan
(KDB)** 43, 44, 83

**Koefisien Lantai Bangunan
(KLB)** 43, 44, 47, 83

Kondensasi 17, 83

L

Lahan 19, 21, 23, 25, 43, 64, 71,
73, 75, 84, 86

Landfill 54, 62, 84

Landscape 38

Limbah 53, 56, 61, 84

Living 42

M

Management 54, 55, 58, 72

Material 33, 49, 65, 76, 85

Mesosfer 30, 85

P

**Pearl Rating Sistem for
Estidama** 40

**Pemanasan Global (Global
Warming)** 31

Pendidikan lingkungan 7, 85

Penggururan (Desertification)
23, 85, 86

**Penutupan Lahan (Land Cover
Change)** 25, 71, 86

Perkolasi 16, 86

Perkotaan 21, 86

**Permasalahan lingkungan
hidup** 6

Precipitation Process 23

R

Recycle 54, 87

Reduce 54, 87

Renewability 50

Reuse 54, 63, 87

S

Stratosfer 30, 87

Sustainable Building 38

Sustainable Materials 34

T

Tanah 74

Thermosfer 30

The United States

**Environmental Protection
Agency** 37

Troposfer 30, 87

U

Udara 29, 53, 59, 85, 88

Urban Heat Island 32, 33

US Green building Council
(USGBC) 35

W

Waste 54, 55, 63

GLOSARIUM

- Bangunan Hijau mengarah pada struktur dan pemakaian proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan hemat sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan tersebut, mulai dari pemilihan tempat sampai desain, konstruksi, operasi, perawatan, renovasi, dan peruntuhan. Praktik ini memperluas dan melengkapi desain bangunan klasik dalam hal ekonomi, utilitas, durabilitas, dan kenyamanan.
- **Banjir** adalah peristiwa bencana alam yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Pengarahan banjir Uni Eropa mengartikan banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air. Dalam arti "air mengalir", kata ini juga dapat berarti masuknya pasang laut. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau melimpah dari bendungan sehingga air keluar dari sungai itu.
- **Bencana alam** (bahasa Inggris: *Natural disaster*), adalah suatu peristiwa yang terbagi menjadi dua berdasarkan pemicunya. Pertama, bencana yang terjadi secara alami dapat berupa banjir, letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, tanah longsor,

badai salju, kekeringan, hujan es, gelombang panas, hurikan, badai tropis, taifun, tornado, kebakaran liar dan wabah penyakit. Beberapa bencana alam terjadi tidak secara alami. Contohnya adalah kelaparan, yaitu kekurangan bahan pangan dalam jumlah besar yang disebabkan oleh kombinasi faktor manusia dan alam. Dua jenis bencana alam yang diakibatkan oleh peristiwa di luar angkasa jarang mempengaruhi manusia, seperti asteroid dan badai matahari.

- **Biodiversity Loss** atau Hilangnya keanekaragaman hayati merupakan peristiwa penurunan keanekaragaman hayati (biodiversitas) yang antara lain disebabkan oleh punahnya spesies (tumbuhan atau hewan) di seluruh dunia, serta pengurangan atau hilangnya spesies secara lokal di habitat tertentu. Fenomena terakhir ini dapat bersifat sementara atau permanen, tergantung pada apakah degradasi lingkungan yang menyebabkan hilangnya spesies tersebut dapat dipulihkan melalui restorasi ekologis atau ketahanan ekologis, atau terjadi secara permanen (misalnya akibat hilangnya lahan). Kepunahan global sejauh ini terbukti tidak dapat diubah.
- **Black Water** adalah air limbah yang berasal dari buangan biologis seperti kakus, berbentuk tinja manusia, maupun buangan lainnya berupa cairan ataupun buangan biologis lainnya yang terbawa oleh air limbah rumah tangga bekas cuci piring, maupun limbah cairan dari dapur.
- **Building** atau Bangunan adalah struktur buatan manusia yang terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu tempat. Bangunan juga biasa disebut dengan rumah atau gedung, yaitu segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi, serta telah mengalami penyesuaian sepanjang sejarah yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti bahan

bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika.

- **Climate Change** atau Perubahan Iklim adalah perubahan pola dan intensitas unsur iklim dalam periode waktu yang sangat lama. Bentuk perubahan berkaitan dengan perubahan kebiasaan cuaca atau perubahan persebaran kejadian cuaca.
- **Composting** atau Kompos adalah proses di mana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikrob-mikrob yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan. Kompos bisa digunakan sebagai mulsa organik serpihan kecil penutup permukaan lahan, gambut dapat pula diolah menjadi kompos, kompos dapat mengandung atau menjadi humus setelah terurai.
- **Energi** adalah properti fisika dari suatu objek, dapat berpindah melalui interaksi fundamental, yang dapat diubah bentuknya namun tak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Joule adalah satuan SI untuk energi, diambil dari jumlah yang diberikan pada suatu objek (melalui kerja mekanik) dengan memindahkannya sejauh 1 meter dengan gaya 1 newton.
- **Evaporasi** atau Penguapan adalah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair (contohnya air) dengan spontan menjadi gas (contohnya uap air). Proses ini adalah kebalikan dari kondensasi. Umumnya penguapan dapat dilihat dari lenyapnya cairan secara berangsur-angsur ketika terpapar pada gas dengan volume yang signifikan.
- **Gas Metana** adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH_4 . Metana murni tidak berbau, tetapi jika digunakan untuk keperluan komersial,

biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi.

- **Gas rumah kaca** atau *greenhouse gas* adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca. Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia, terutamanya dengan pembakaran bahan bakar fosil. Tanpa gas rumah kaca, suhu rata-rata di permukaan Bumi dikira akan menjadi di bawah titik beku air, tetapi, adanya terlalu banyak gas rumah kaca menyebabkan pemanasan global.
- **Green architecture** adalah arsitektur yang berusaha untuk meminimalkan dampak negatif lingkungan bangunan dengan efisiensi dan moderasi dalam penggunaan bahan, energi, dan ruang pengembangan dan ekosistem secara luas. Arsitektur berkelanjutan menggunakan pendekatan sadar untuk konservasi energi dan ekologis dalam desain lingkungan binaan atau teori, sains dan gaya bangunan yang dirancang dan dibangun sesuai dengan prinsip-prinsip ramah lingkungan.
- **Hidrologi** adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.
- **Iklim** adalah kebiasaan dan karakter cuaca yang terjadi di suatu tempat atau daerah. Kurun waktu yang menjadi acuan penentuan iklim rata-rata berdurasi 30 tahun. Unsur penyusun iklim sama dengan cuaca.
- **Infiltrasi** adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah itu sendiri. Di dalam tanah, air mengalir ke arah pinggir, sebagai aliran perantara menuju mata air, danau, dan sungai

atau secara vertikal yang dikenal dengan penyaringan menuju air tanah.

- **Intersepsi**, adalah proses tertahannya air hujan pada tanaman untuk kemudian terevaporasi kembali ke atmosfer.
- **Ionosfer** adalah bagian atmosfer yang terionisasi oleh radiasi matahari. Lapisan ini berperan penting bagi keelektrikan atmosfer dan membentuk batas dalam lapisan magnetosfer. Fungsi utamanya, di antara fungsi-fungsi yang dimilikinya, adalah mempengaruhi rambatan radio ke tempat-tempat yang jauh di muka bumi.
- **Karbon dioksida** adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat.
- **Kebakaran** merupakan sesuatu bencana yang disebabkan oleh api atau pembakaran tidak terkawal, membahayakan nyawa manusia, bangunan atau ekologi. Ia boleh jadi sengaja atau tidak sengaja. Kebakaran lazimnya akan menyebabkan cedera atau kematian kepada manusia. Kebakaran kadangkala turut menyebabkan ribut kebakaran atau kebakaran liar. Kebakaran boleh menyebabkan kecederaan atau kematian yang berpunca daripada terhidu asap ataupun melecur.
- **Koefisien Dasar Bangunan (KDB)** adalah angka perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan yang dapat dibangun dengan luas lahan/bidang tanah yang dikuasai.
- **Koefisien Lantai Bangunan** adalah angka penentu tinggi bangunan yang ditetapkan oleh pemerintah. Dengan kata lain, Koefisien Lantai Bangunan merupakan pedoman yang membatasi jumlah lantai yang diperbolehkan untuk dibangun pada suatu bangunan di kawasan masing-masing.
- **Kondensasi** atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami

kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Sebuah alat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan disebut kondenser. Kondenser umumnya adalah sebuah pendingin atau penukar panas yang digunakan untuk berbagai tujuan, memiliki rancangan yang bervariasi, dan banyak ukurannya dari yang dapat digenggam sampai yang sangat besar.

- **Lahan** adalah luas tanah yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan manusia. Dalam bahasa sehari-hari, orang menyamakan lahan dengan "tanah".
- **Landfill** atau Tempat Pembuangan Akhir (disingkat TPA) adalah tempat untuk menimbun sampah dan merupakan bentuk tertua perlakuan sampah. Pada kenyataannya, berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, TPA seharusnya merupakan singkatan dari Tempat Pemrosesan Akhir dan menerima sampah residu yang telah diproses sebelumnya. Tujuannya adalah untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan.
- **Lanskap** atau **bentang lahan** atau **bentang alam** merujuk pada susunan daerah tanah dan representasi visualnya, khususnya seperti yang digambarkan dalam lukisan, foto, video maupun dari pandangan dari indra penglihat kita. ketika kita melihat bentang alam. baik pada bentang alam di daratan. bentang alam di udara. Bentang alam di lautan. Dalam hal fisik, istilah lanskap menyatakan penafsiran visual atas susunan tanah, karena ini adalah cara utama di mana lanskap dirasakan.
- **Limbah** adalah zat yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah dapat berupa sampah, air kakus, dan air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya.
- manajemen sebagai sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian, dan pengontrolan sumber daya untuk

mencapai sasaran secara efektif dan efisien. Efektif berarti bahwa tujuan dapat dicapai sesuai dengan perencanaan, sementara efisien berarti bahwa tugas yang ada dilaksanakan secara benar, terorganisir, dan sesuai dengan jadwal.

- **Material** atau bahan adalah zat atau benda yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya, atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Material adalah sebuah masukan dalam produksi. Material sering kali adalah bahan mentah yang belum diproses, tetapi kadang kala telah diproses sebelum digunakan untuk proses produksi lebih lanjut. Umumnya, dalam masyarakat teknologi maju, material adalah bahan konsumen yang belum selesai.
- **Mesosfer** adalah lapisan udara ketiga, di mana suhu atmosfer akan berkurang dengan pertambahan ketinggian hingga ke lapisan keempat, termosfer. Udara yang terdapat di sini akan mengakibatkan pergeseran berlaku dengan objek yang datang dari angkasa dan menghasilkan suhu yang tinggi. Kebanyakan meteor yang sampai ke bumi biasanya terbakar di lapisan ini.
- **Pemanasan global** (bahasa Inggris: *global warming*) (juga disebut **perubahan iklim** atau **krisis iklim**^[1]) adalah suatu proses meningkatnya suhu rata-rata udara, atmosfer, laut, dan daratan Bumi.
- **Pendidikan lingkungan hidup** adalah suatu proses untuk membangun populasi manusia di dunia yang sadar dan peduli terhadap lingkungan total (keseluruhan) dan segala masalah yang berkaitan dengannya, dan masyarakat yang memiliki pengetahuan, ketrampilan, sikap dan tingkah laku, motivasi serta komitmen untuk bekerja sama , baik secara individu maupun secara kolektif , untuk dapat memecahkan berbagai masalah lingkungan saat ini, dan mencegah timbulnya masalah baru.
- **Penggurunan** atau **desertifikasi** adalah jenis degradasi lahan ketika lahan yang relatif kering menjadi semakin

gersang, kehilangan badan air, vegetasi, dan juga hewan liar.

^[2] Penggurunan umumnya disebabkan oleh berbagai faktor seperti perubahan iklim dan kegiatan manusia. Penggurunan adalah masalah lingkungan dan ekologis global yang signifikan.

- Penutupan Lahan adalah penutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati, merupakan hasil interpretasi dari citra penginderaan jauh.
- **Perkolasi** adalah cara penyarian yang dilakukan dengan mengalirkan cairan penyari melalui serbuk simplisia yang telah dibasahi. Kekuatan yang berperan pada perkolasi antara lain gaya berat, kekentalan, daya larut, tegangan permukaan, difusi, osmosa, adesi, daya kapiler, dan daya geseran (friksi). Cara perkolasi lebih baik dibandingkan dengan cara maserasi karena aliran cairan penyari menyebabkan adanya pergantian larutan yang terjadi dengan larutan yang konsentrasinya lebih rendah, sehingga meningkatkan derajat perbedaan konsentrasi. Selain itu, ruangan di antara serbuk-serbuk simplisia membentuk saluran tempat mengalir cairan penyari disebabkan kecilnya saluran kapiler tersebut, maka kecepatan pelarut cukup untuk mengurangi lapisan batas, sehingga dapat meningkatkan perbedaan konsentrasi.
- **Perkotaan** adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi.
- **Masalah lingkungan** adalah aspek negatif dari aktivitas manusia terhadap lingkungan biofisik.
- **Presipitasi** adalah proses mencairnya awan akibat pengaruh suhu udara yang tinggi. Presipitasi sendiri merupakan proses

akhir dari serangkaian tahapan yang menyebabkan jatuhnya hujan.

- **Reduce** sendiri memiliki arti mengurangi sampah. Maksud dari langkah ini adalah mengurangi penggunaan produk yang nantinya berpotensi menjadi sampah
- **Reuse** yang berarti menggunakan kembali. Tahap ini mengajak untuk menggunakan kembali produk yang sudah terpakai. Dengan menggunakannya kembali maka sampah yang timbul dari produk-produk tersebut dapat berkurang
- **Recycle** yang berarti mendaur ulang. Langkah ini paling banyak dilakukan mengingat sudah banyaknya sampah yang tersebar di berbagai lokasi seperti laut, tanah, dan udara.
- **Stratosfer** adalah lapisan kedua dari atmosfer bumi, terletak di atas troposfer dan di bawah mesosfer.
- **Termosfer** (*thermosphere*) adalah lapisan atmosfer bumi yang berada persis di atas mesosfer dan di bawah eksosfer. Dalam lapisan ini, radiasi ultraviolet (UV) menyebabkan ionisasi. Kata ini berasal dari Bahasa Yunani θερμός (*dilafalkan thermos*) yang berarti panas dan sphere yang berarti lapisan. termosfer mulai berada sekitar 85 kilometer (53 mil) di atas permukaan bumi.
- **Troposfer** adalah lapisan atmosfer terendah yang tebalnya kira-kira sampai dengan 69 kilometer di atas permukaan Bumi. Di atmosfer ini saja terdapat kehidupan. Dalam troposfer ini terdapat gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca, pemanasan global, dan merupakan satu-satunya lapisan atmosfer yang mengalami fenomena cuaca. Lapisan Troposfer memiliki kombinasi gas yang dianggap paling baik untuk

mendukung kehidupan di Bumi, lebih dari 80% kandungan gas atmosfer terdapat di lapisan ini.

- **Udara** merujuk kepada campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara tidak tampak mata, tidak berbau, dan tidak ada rasanya.
- **Pulau panas perkotaan** (Inggris: *urban heat island (UHI)*) adalah sebuah wilayah metropolitan yang lebih hangat dibanding wilayah pedesaan sekitarnya.
- **Sampah** adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.^[1] Sampah seringkali mengacu kepada material sisa yang tidak diinginkan atau tidak bermanfaat bagi manusia setelah berakhirnya suatu kegiatan atau proses domestik. Untuk buangan industri, material yang tidak diinginkan biasanya disebut dengan limbah industri.

TENTANG PENULIS



Hendrica Etmi Primarini, S.Pd, lahir di Banyuwangi Jawa Timur, pada tanggal 13 Februari 1980. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar sampai dengan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di Kota kelahiran, yaitu Banyuwangi Jawa Timur. Pada tahun 1998 dengan melanjutkan Pendidikan S1 di Universitas Negeri Yogyakarta dengan pilihan jurusan Pendidikan Kejuruan Teknik Bangunan dan berhasil mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan pada bulan Maret 2003. Profesi yang dijalankan pada saat ini adalah sebagai seorang guru produktif jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan serta Bisnis Konstruksi dan Properti di SMK Negeri Kota Tangerang Selatan. Pada tahun 2020 sampai sekarang, penulis melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

KONSEP

GREEN BUILDING

DISASTER RESEARCH INTEGRATED BOOK VOCATIONAL EDUCATION

Negara Indonesia adalah negara yang sangat luas dan penuh dengan keindahan alam yang dapat memukau mata siapa saja yang melihatnya. Tetapi dibalik keindahan yang dimiliki oleh Indonesia, tersimpan banyak sekali permasalahan terkait dengan bencana alam. Bahkan sampai banyak ahli menyebutkan bahwa negara Indonesia diibaratkan seperti sebuah laboratorium bencana raksasa, yang kita tidak akan dapat tahu kapan bencana alam itu mendatangi kita. Banyak bencana alam yang terjadi tidak hanya di Indonesia, melainkan di seluruh dunia yang sangat sulit untuk diprediksi kedatangannya.

Walaupun demikian, pada satu sisi kita sebagai manusia dituntut untuk dapat hidup secara berdampingan dengan bencana alam yang terjadi dan pada sisi yang lainnya kehidupan manusia harus tetap berjalan. Maka dari itu, sangatlah wajib bagi kita sebagai manusia yang hidup berdampingan dengan bencana alam untuk dapat mengurangi dampak buruk yang diakibatkan oleh kejadian bencana alam. Untuk dapat mengurangi dampak buruk dari kejadian bencana alam adalah dengan menerapkan mitigasi bencana alam. Mitigasi bencana alam ini sendiri merupakan suatu serangkaian proses yang dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengurangi dampak buruk dari kejadian bencana alam. Mitigasi bencana dapat dibagi menjadi dua jalur besar, yaitu mitigasi bencana fisik (structural) dan mitigasi bencana non-fisik (non-struktural).

