

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teoritis

2.1.1 Kualitas Udara dalam Ruangan

Kualitas udara dalam ruangan (Indoor Air Quality/IAQ) merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuni. Udara yang buruk dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan, seperti sakit kepala, kelelahan, hingga gangguan pernapasan. Menurut World Health Organization (WHO, 2010), kualitas udara dalam ruangan ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain kadar oksigen (O_2), kadar karbon dioksida (CO_2), suhu, kelembapan, dan keberadaan polutan kimia maupun biologis.

Penelitian oleh Sundell (2004) menjelaskan bahwa ventilasi alami maupun buatan sangat berpengaruh terhadap kualitas udara di ruang tertutup. Namun, selain ventilasi, upaya lain seperti penambahan tanaman hijau di dalam ruangan dapat menjadi strategi untuk memperbaiki kualitas udara.

2.1.2 Peran Tanaman terhadap Kualitas Udara

Tanaman hijau memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO_2) dan menghasilkan oksigen (O_2) melalui proses fotosintesis. Selain itu, beberapa jenis tanaman juga mampu menyerap senyawa organik volatil (Volatile Organic

Compounds/VOCs) yang sering terdapat di udara ruangan, misalnya formaldehida, benzena, dan trikloroetilen. Menurut penelitian NASA (Wolverton et al., 1989), tanaman indoor dapat berfungsi sebagai penyaring alami yang membantu menurunkan konsentrasi polutan sekaligus meningkatkan kadar oksigen.

Penelitian lain oleh Irga et al. (2018) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman dalam sistem green wall di ruang dalam dapat meningkatkan kualitas udara secara signifikan. Hal ini karena area permukaan daun yang lebih luas mampu menyerap CO₂ lebih banyak dan melepaskan oksigen ke udara sekitarnya.

2.1.3 Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

Lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) adalah tanaman hias yang dikenal tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem dan mampu beradaptasi dengan baik di dalam ruangan. Tanaman ini memiliki kemampuan fotosintesis yang unik, yaitu termasuk dalam golongan CAM (Crassulacean Acid Metabolism), yang memungkinkan menyerap CO₂ di malam hari dan melepaskan oksigen. Hal ini membuat lidah mertua berbeda dari kebanyakan tanaman lain yang hanya menghasilkan oksigen di siang hari (Satwadhar et al., 2011).

Menurut Nurhayati dan Widyawati (2017), lidah mertua efektif menyerap polutan udara, seperti formaldehida, benzena, dan trikloroetilen. Dengan demikian, tanaman ini tidak hanya

meningkatkan kadar oksigen tetapi juga memperbaiki kualitas udara dari sisi pengurangan polutan berbahaya.

2.1.4 Green Wall sebagai Strategi Peningkatan Kualitas Udara

Green wall atau dinding hijau merupakan sistem penanaman vertikal pada dinding yang dapat diaplikasikan di dalam maupun luar ruangan. Menurut Perini et al. (2017), green wall berfungsi tidak hanya sebagai elemen estetika, tetapi juga memberikan manfaat ekologi, termasuk perbaikan kualitas udara, pengaturan suhu mikro, serta pengurangan kebisingan.

Dalam konteks ruang dalam, green wall yang terdiri dari tanaman lidah mertua berpotensi meningkatkan kadar oksigen ruangan lebih baik dibandingkan penempatan tanaman dalam pot tunggal. Hal ini karena sistem dinding hijau menambah jumlah tanaman secara lebih padat dan teratur, sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung lebih maksimal.

2.1.5 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang relevan dengan topik ini antara lain:

- a. Wolverton et al. (1989) menemukan bahwa tanaman indoor mampu mengurangi polutan berbahaya sekaligus meningkatkan oksigen, sehingga cocok digunakan sebagai air purifier alami.
- b. Satwadhar et al. (2011) menjelaskan bahwa lidah mertua memiliki mekanisme fotosintesis CAM yang unik, memungkinkan peningkatan oksigen bahkan pada malam hari.

- c. Irga et al. (2018) menunjukkan bahwa sistem green wall dapat meningkatkan kualitas udara ruangan melalui penyerapan CO₂ dan pelepasan O₂ secara lebih signifikan dibanding tanaman pot biasa.
- d. Nurhayati dan Widyawati (2017) menegaskan kemampuan lidah mertua dalam menyerap polutan formaldehida, benzena, serta trikloroetilen, sehingga mendukung kualitas udara yang lebih sehat.

2.1.6 Jenis Tanaman Penghasil Oksigen

Salah satu tanaman yang dikenal sebagai penghasil oksigen yang cukup tinggi adalah lidah mertua (*Sansevieria*). menurut (Roscha, 2019 di dalam Uzlifatul Masrurah Isnawati, 2021), oksigen yang dilepaskan oleh tanaman ini berperan dalam meningkatkan kualitas tidur seseorang, menjadikannya lebih nyenyak dan restoratif. Selain itu, lidah mertua memiliki kemampuan untuk menyaring dan menetralkan udara dari berbagai zat beracun, seperti benzena, xylene, trikloroetilen, dan formaldehida senyawa kimia yang umumnya ditemukan dalam perabot rumah tangga dan bahan bangunan.

Menempatkan tanaman ini di beberapa area rumah tidak hanya memberikan sentuhan estetika, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas udara di dalam ruangan. Hal ini berdampak langsung pada kesehatan dan kenyamanan penghuni rumah. (Pal, 2018) mengungkapkan bahwa keberadaan tanaman di lingkungan kerja juga membawa dampak positif. Dalam sebuah studi yang

melibatkan tiga kantor, para karyawan menyatakan bahwa kehadiran tanaman di ruang kerja mereka membuat mereka merasa lebih nyaman dan produktif. Temuan ini kemudian menjadi bagian penting dalam berbagai penelitian yang membahas manfaat memelihara tanaman di tempat kerja sebagai salah satu upaya meningkatkan kesejahteraan karyawan.

Tidak hanya di rumah dan kantor, tanaman juga terbukti memberikan manfaat signifikan di lingkungan medis. Sebuah studi pada tahun 2009 menunjukkan bahwa pasien pascaoperasi yang dirawat di ruangan yang dihiasi dengan tanaman mengalami penurunan tingkat kecemasan dan rasa sakit dibandingkan dengan mereka yang berada di ruangan tanpa tanaman. Mereka juga melaporkan suasana hati yang lebih positif terhadap ruang perawatan mereka. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan tanaman dapat memberikan efek menenangkan secara psikologis, yang tentunya mendukung proses pemulihan secara keseluruhan.

Lebih dari sekadar mempercantik ruangan, tanaman ternyata memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan fisik dan mental manusia. Selain mampu menyaring partikel debu dan polutan dari udara, tanaman juga menyediakan pasokan oksigen yang lebih bersih, yang sangat dibutuhkan terutama di lingkungan perkotaan yang padat dan penuh polusi. Oleh karena itu, menanam dan merawat tanaman di berbagai ruang baik di rumah, kantor, maupun

fasilitas kesehatan dapat menjadi salah satu langkah sederhana namun efektif dalam menciptakan lingkungan hidup yang lebih sehat dan seimbang.

2.1.7 Jumlah Oksigen Yang Diperlukan Manusia

Oksigen merupakan salah satu unsur gas yang sangat penting dan dibutuhkan oleh manusia untuk menjaga keberlangsungan fungsi seluruh sel dalam tubuh. Seperti yang dikemukakan oleh Karmiza (2014), oksigen memiliki peran krusial dalam mempertahankan kehidupan, karena tanpa oksigen, proses-proses vital di dalam tubuh tidak dapat berjalan dengan optimal (Leony Sanga Lamsari Purba, 2020).

Secara umum, udara adalah campuran gas yang menyelimuti permukaan bumi dan memiliki sifat-sifat fisik khas, seperti tidak berwarna, tidak memiliki bau, dan tidak memiliki rasa. Udara terdiri dari tiga komponen utama, yaitu udara kering, uap air, dan aerosol. Komposisi udara kering didominasi oleh nitrogen sebesar 78,09%, oksigen sebanyak 20,95%, serta argon sebanyak 0,93%. Selain itu, terdapat juga gas-gas lainnya dalam jumlah kecil, seperti karbon dioksida (0,04%), neon, helium, metana, kripton, hidrogen, xenon, ozon, dan radon.

Ketika manusia bernapas, berbagai jenis gas yang terdapat dalam udara masuk ke dalam tubuh, termasuk oksigen, karbon dioksida, nitrogen, argon, dan uap air. Dari semua gas tersebut,

oksigen merupakan unsur yang paling vital, karena berperan langsung dalam proses respirasi seluler, yaitu proses pembentukan energi yang dibutuhkan oleh seluruh organ tubuh untuk menjalankan fungsinya. Oksigen (O_2) berperan sebagai komponen utama dalam proses metabolisme, sehingga sangat menentukan kinerja sistem tubuh secara keseluruhan (Imelda, 2009).

Secara alami, kadar oksigen dalam udara atmosfer berkisar antara 20% hingga 23%, tergantung pada kondisi lingkungan dan ketinggian tempat. Namun demikian, konsentrasi oksigen tidak selalu sama di setiap tempat. Lingkungan dengan tingkat polusi tinggi, kelembapan berlebih, atau ventilasi udara yang buruk bisa memiliki kadar oksigen yang lebih rendah dibandingkan dengan lingkungan terbuka yang bersih. Perbedaan kadar oksigen ini dapat mempengaruhi efektivitas aktivitas fisik maupun kognitif seseorang. Oleh karena itu, kegiatan yang sama yang dilakukan di dua tempat berbeda bisa memberikan hasil atau dampak yang berbeda pula, tergantung pada kadar oksigen yang tersedia di lingkungan tersebut.

Memastikan kualitas udara, khususnya kadar oksigennya, menjadi hal yang penting untuk mendukung kesehatan manusia, baik secara fisik maupun mental. Di era modern ini, dengan meningkatnya urbanisasi dan pencemaran udara, menjaga kualitas udara tetap bersih dan kaya oksigen menjadi tantangan sekaligus tanggung jawab bersama. Peningkatan kesadaran akan pentingnya

udara bersih, serta upaya konkret seperti penghijauan dan penggunaan teknologi pemurni udara, menjadi langkah nyata untuk menciptakan lingkungan yang sehat dan menunjang kehidupan manusia secara berkelanjutan.

2.1.8 Jumlah Oksigen Yang Diproduksi Tanaman

Secara umum, satu pohon dewasa dapat menghasilkan sekitar 1,2 kg oksigen per hari, sementara seorang manusia rata-rata membutuhkan sekitar 0,5 kg oksigen setiap harinya. Artinya, satu pohon sehat mampu menyediakan oksigen yang cukup bagi dua orang, dan sebaliknya, menebang satu pohon berarti menghilangkan pasokan oksigen untuk dua individu. Namun, jumlah oksigen yang dapat dihasilkan oleh sebuah pohon sangat bergantung pada berbagai faktor, seperti jenis spesies, usia pohon, kondisi kesehatan, dan kualitas lingkungan tempat tumbuhnya.

Menurut beberapa sumber literatur, satu hektar lahan yang ditanami pohon dengan kepadatan tajuk (kanopi) 100% mampu memproduksi oksigen yang cukup untuk kebutuhan sekitar 18 orang setiap harinya. Selain itu, lahan tersebut juga dapat menyerap karbon dioksida yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yang menempuh perjalanan sejauh 26.000 mil. Ini menunjukkan betapa signifikan peran vegetasi dalam mengurangi emisi karbon dan memperbaiki kualitas udara.

Salah satu jenis tanaman yang berperan penting dalam hal ini adalah Sansevieria, yang lebih dikenal oleh masyarakat Indonesia sebagai Lidah Mertua. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman hias yang cukup populer, terutama karena kemampuannya tumbuh di lingkungan yang minim air dan cahaya matahari. Hal tersebut membuat lidah mertua sangat cocok sebagai tanaman indoor maupun outdoor, baik di dalam rumah, kantor, maupun di pekarangan.

Lidah mertua tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika dalam ruang, tetapi juga memiliki kemampuan alami untuk menyerap polusi dan racun berbahaya dari udara, termasuk radiasi dari perangkat elektronik, bau tidak sedap, serta racun nikotin dari asap rokok. Selain itu, tanaman ini juga dikenal memiliki manfaat kesehatan, seperti membantu mengatasi diabetes, ambeien, menyegarkan mata, mengurangi stres, hingga membunuh bakteri dan mengurangi partikel debu di udara.

Keunikan lain dari Sansevieria adalah kemampuannya melakukan fotosintesis pada malam hari melalui proses yang disebut Crassulacean Acid Metabolism (CAM). Berbeda dengan kebanyakan tanaman yang hanya memproduksi oksigen di siang hari, lidah mertua mampu menyerap karbon dioksida pada malam hari dan mengubahnya menjadi oksigen, menjadikannya tanaman

ideal untuk ditempatkan di dalam kamar tidur atau ruangan tertutup lainnya.

Dengan berbagai manfaat yang dimilikinya, tanaman lidah mertua tidak hanya berkontribusi terhadap kualitas udara yang lebih sehat, tetapi juga memberikan dukungan terhadap kesehatan fisik dan mental manusia. Oleh karena itu, menanam dan merawat *Sansevieria* menjadi salah satu langkah mudah dan efektif dalam mendukung gaya hidup ramah lingkungan dan berkelanjutan di era modern ini.

2.1.9 Apa Itu *Green wall*

Green wall, juga dikenal sebagai *living wall*, *vertical garden*, atau *plant wall*, adalah suatu sistem taman vertikal mandiri yang dipasang pada permukaan dinding bagian luar maupun dalam sebuah bangunan. Sistem ini memungkinkan tanaman untuk tumbuh secara langsung di dinding dengan cara yang tidak bergantung pada tanah di bawahnya. Berbeda dengan *green facade* yang umumnya menggunakan tanaman merambat dari tanah dan hanya menggunakan dinding sebagai media rambat, *green wall* menggunakan struktur pendukung vertikal sebagai media tanam yang menempel langsung ke dinding bangunan. Tanaman dalam *green wall* menerima air dan nutrisi melalui sistem irigasi internal yang terintegrasi, seperti sistem hidroponik atau modul khusus, yang

memungkinkan akar tumbuh secara horizontal maupun vertikal di dalam lapisan media tanam.

Green wall membawa sejumlah manfaat besar dalam berbagai aspek—lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dari sisi lingkungan, *green wall* mampu mengurangi efek pulau panas perkotaan (*urban heat island effect*) dengan cara menurunkan suhu udara sekitar melalui proses *evapotranspirasi*. Hal ini berkontribusi langsung pada efisiensi energi bangunan, karena bangunan yang dilapisi tumbuhan akan mengalami penurunan beban pendinginan, sehingga konsumsi energi listrik dapat berkurang secara signifikan, bahkan hingga 30% dalam beberapa studi. Selain itu, *green wall* juga berfungsi sebagai sistem manajemen air hujan yang efektif. Permukaan vegetasi menyerap dan menyaring air hujan, mencegah limpasan permukaan yang dapat menyebabkan banjir dan beban berlebih pada sistem drainase kota. Air hujan yang mengandung mineral alami dapat digunakan untuk irigasi, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk tambahan.

Dari segi keanekaragaman hayati, *green wall* menciptakan habitat mikro bagi berbagai jenis flora dan fauna seperti burung kolibri, kupu-kupu, lebah, dan serangga bermanfaat lainnya. Ini memungkinkan hadirnya kembali unsur-unsur alami di tengah lingkungan kota yang keras dan terpolusi. Selain itu, *green wall* juga meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Tanaman diketahui

mampu menyerap berbagai polutan berbahaya, termasuk formaldehida, karbon monoksida, senyawa organik volatil (VOC), dan zat kimia lainnya. Mekanisme penyerapan ini terjadi baik melalui daun maupun sistem akar, bahkan diperkuat oleh aktivitas mikroorganisme dalam media tanam. Beberapa *green wall* modern bahkan telah diintegrasikan langsung dengan sistem ventilasi (HVAC) untuk menyaring udara secara aktif.

Di samping manfaat lingkungan, *green wall* juga memberikan keuntungan sosial dan psikologis. Berbagai studi menunjukkan bahwa keberadaan tanaman di lingkungan kerja dapat menurunkan tekanan darah, mengurangi stres, meningkatkan produktivitas, serta mempercepat proses pemulihan pasien di rumah sakit. *Green wall* menciptakan suasana alami yang menenangkan dan menyegarkan, menjadi semacam oase hijau di tengah hiruk pikuk dan stres kehidupan urban.

Green wall juga berfungsi sebagai pelindung bangunan. Dengan menutupi permukaan luar bangunan, *green wall* membantu mengurangi fluktuasi suhu yang menyebabkan ekspansi dan kontraksi material dinding, sekaligus melindungi dari paparan sinar ultraviolet, hujan asam, dan angin kencang. Selain itu, *green wall* juga dapat menghalangi aksi vandalisme seperti grafiti, karena tanaman sulit untuk dicoret dan dapat tumbuh kembali jika rusak.

Dari sisi ekonomi dan estetika, *green wall* menambah nilai visual dan daya tarik bangunan. Desainnya yang inovatif dan alami dapat meningkatkan nilai properti hingga 15% dan menarik lebih banyak pelanggan dalam konteks komersial seperti restoran, hotel, dan toko. Bahkan, *green wall* kini menjadi elemen populer dalam pemasaran citra ramah lingkungan suatu perusahaan.

Secara keseluruhan, peran *green wall* sangatlah penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan arsitektur hijau. Dengan kontribusinya terhadap penghematan energi, manajemen air, peningkatan kualitas udara, pelestarian keanekaragaman hayati, serta peningkatan kualitas hidup masyarakat urban, *green wall* bukan hanya berfungsi sebagai elemen dekoratif, melainkan sebagai solusi nyata terhadap berbagai tantangan lingkungan modern. *Green wall* juga dapat berkontribusi dalam perolehan sertifikasi bangunan hijau seperti LEED® dengan memberikan poin pada berbagai kategori keberlanjutan bangunan.

2.1.10 Kualitas Udara dalam Ruangan

Kualitas udara merupakan elemen yang sangat penting dalam menjaga kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan. Udara yang bersih dan sehat merupakan kebutuhan dasar yang tidak dapat tergantikan, karena secara langsung memengaruhi fungsi tubuh, kesejahteraan psikologis, serta kualitas hidup individu. Dalam kehidupan sehari-hari, udara yang kita hirup membawa berbagai

senyawa kimia, partikel, dan mikroorganisme yang dapat memengaruhi kesehatan manusia. Oleh karena itu, kualitas udara menjadi salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat kesehatan masyarakat.

Pada wilayah perkotaan, kualitas udara yang buruk menjadi perhatian utama. Aktivitas manusia yang padat, seperti transportasi, kegiatan industri, pembakaran sampah, dan penggunaan energi di sektor perumahan, berkontribusi signifikan terhadap pencemaran udara. Polusi udara di perkotaan tidak hanya berdampak pada penurunan kualitas hidup, tetapi juga menjadi pemicu berbagai gangguan kesehatan, seperti penyakit pernapasan, alergi, penyakit jantung, hingga penyakit kronis lainnya. Selain itu, buruknya kualitas udara dapat memengaruhi kenyamanan, estetika, serta produktivitas masyarakat secara keseluruhan (Pratiwi et al., 2021).

Faktor penyebab pencemaran udara dapat dikategorikan menjadi dua sumber utama, yaitu aktivitas alamiah dan aktivitas manusia. Aktivitas alamiah meliputi kebakaran hutan yang terjadi secara alami, letusan gunung berapi, serta pelepasan partikel debu oleh angin kencang. Namun, aktivitas manusia menjadi penyebab dominan dalam pencemaran udara di era modern. Penggunaan bahan bakar fosil dalam transportasi menghasilkan emisi gas berbahaya, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂). Selain itu, partikel halus seperti PM_{2.5}

dan PM10 juga dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan proses pembakaran lainnya. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2000, emisi gas buang dari sektor transportasi meningkat hingga dua kali lipat dibandingkan dengan tahun 1999. Proyeksi lebih lanjut mengindikasikan bahwa pada tahun 2020, emisi tersebut meningkat hingga 10 kali lipat jika langkah pengendalian tidak segera diterapkan (Pratiwi et al., 2021).

Tidak hanya di luar ruangan, kualitas udara dalam ruangan (*indoor air quality*) juga menjadi perhatian utama karena dampaknya yang signifikan terhadap kesehatan manusia. Sebagian besar waktu seseorang, sekitar 90%, dihabiskan di dalam ruangan, baik di rumah, tempat kerja, maupun fasilitas umum (Leech et al., 2002 dalam Eka Fitriani Ahmad, 2022). Dalam ruangan, udara dapat terkontaminasi oleh berbagai polutan seperti karbon monoksida, formaldehid, spora jamur, debu, dan partikel halus lainnya. Polutan ini tidak hanya menurunkan kualitas oksigen yang tersedia, tetapi juga memicu berbagai penyakit, seperti asma, iritasi saluran pernapasan, kanker paru-paru, hingga penyakit jantung.

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), polusi udara dalam ruangan atau *indoor air pollution* (IAP) merupakan salah satu ancaman serius terhadap kesehatan global. Setiap tahunnya, polusi udara dalam ruangan bertanggung jawab atas kematian sekitar 3,8 juta orang di seluruh dunia. Penyebab utama polusi udara dalam

ruangan meliputi penggunaan bahan bakar fosil untuk memasak atau pemanasan, asap rokok, bahan kimia dari produk pembersih, dan emisi gas dari material bangunan. Selain itu, ventilasi yang buruk memperparah masalah ini dengan membuat polutan terperangkap di dalam ruangan dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan (WHO, 2020 dalam Muhammad Syahputra Novelan, 2020).

Upaya menjaga kualitas udara, baik di luar maupun di dalam ruangan, membutuhkan peran aktif dari berbagai pihak. Di tingkat individu, langkah sederhana seperti mengurangi penggunaan produk berbahan kimia yang berpotensi menghasilkan emisi berbahaya, membersihkan debu secara rutin, dan memastikan ventilasi udara yang memadai dapat membantu mengurangi polusi dalam ruangan. Selain itu, penggunaan tanaman sebagai penyaring alami juga terbukti efektif. Beberapa jenis tanaman seperti sansevieria, peace lily, dan spider plant memiliki kemampuan menyerap polutan berbahaya, menghasilkan oksigen, dan menciptakan lingkungan yang lebih segar (Efri Roziaty, 2016).

Dalam konteks modern, konsep *green wall* atau dinding hijau menjadi salah satu inovasi yang relevan untuk meningkatkan kualitas udara. *Green wall* adalah instalasi tanaman hidup yang dipasang di dinding bangunan, baik di luar maupun di dalam ruangan, untuk menyaring polutan udara dan memperbaiki estetika lingkungan. Selain memberikan efek pendinginan alami, *green wall* juga mampu

menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen, sehingga menciptakan udara yang lebih bersih dan sehat. Media tanam seperti hidroponik atau sistem irigasi otomatis yang digunakan pada *green wall* juga memungkinkan pengelolaan tanaman yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dengan demikian, *green wall* tidak hanya berperan dalam menciptakan lingkungan yang lebih sehat, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan perkotaan di tengah tantangan polusi udara yang semakin meningkat.

Kesadaran tentang pentingnya menjaga kualitas udara melalui solusi seperti *green wall* atau media tanam lainnya perlu terus didorong, terutama di lingkungan perkotaan. Dengan implementasi teknologi hijau seperti ini, tidak hanya kesehatan masyarakat yang dapat ditingkatkan, tetapi juga kualitas estetika dan kenyamanan lingkungan secara keseluruhan. *Green wall* dapat menjadi salah satu langkah strategis dalam mendukung gaya hidup berkelanjutan dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat bagi generasi sekarang maupun yang akan datang.

2.1.11 *Green wall* Sebagai Infrastruktur Hijau

Konsep infrastruktur hijau semakin dikenal luas sebagai pendekatan strategis dalam perencanaan ruang dan kawasan, khususnya di tengah dinamika pembangunan perkotaan yang terus berkembang. Infrastruktur hijau tidak hanya berfungsi sebagai elemen pelengkap, tetapi juga menjadi bagian integral dari

perencanaan perkotaan modern. Hal ini muncul sebagai respons terhadap meningkatnya kebutuhan lahan untuk pembangunan fisik, yang sering kali mengorbankan ruang terbuka hijau. Dalam konteks ini, infrastruktur hijau hadir sebagai solusi untuk menciptakan keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dan pelestarian lingkungan.

Penerapan infrastruktur hijau telah menjadi tren global yang diadopsi oleh banyak negara. Berbagai studi menunjukkan bahwa implementasi infrastruktur hijau dilakukan dengan menyesuaikan kondisi geografis, sosial, dan kebijakan masing-masing negara. Contoh penerapan tersebut dapat dilihat di negara-negara seperti Amerika Serikat, Inggris, beberapa negara di Uni Eropa, dan Singapura. Studi kasus dari negara-negara tersebut menunjukkan bahwa infrastruktur hijau tidak hanya mencakup penanaman vegetasi atau pengadaan ruang hijau, tetapi juga integrasi teknologi dan kebijakan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan di kawasan perkotaan.

Implementasi infrastruktur hijau membutuhkan landasan hukum yang kuat agar dapat berjalan secara efektif. Pengalaman dari berbagai negara menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan infrastruktur hijau sering kali diawali dengan pembentukan kerangka peraturan yang jelas dan mendukung. Dalam konteks ini, peraturan perundang-undangan disusun secara kronologis untuk menciptakan

dasar hukum yang kokoh, sehingga memfasilitasi pengintegrasian infrastruktur hijau ke dalam perencanaan tata ruang. Dengan kata lain, proses implementasi infrastruktur hijau tidak hanya memerlukan inovasi teknis, tetapi juga dukungan regulasi yang berkelanjutan.

Infrastruktur hijau telah terbukti memiliki manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan, seperti mengurangi efek urban heat island, meningkatkan kualitas udara, menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati, dan memperbaiki estetika kawasan. Selain itu, infrastruktur hijau juga mampu mengurangi risiko bencana lingkungan, seperti banjir akibat berkurangnya area resapan air. Oleh karena itu, integrasi infrastruktur hijau ke dalam perencanaan tata ruang menjadi langkah strategis dalam menciptakan kota yang lebih berkelanjutan dan layak huni (Primanda Kiky Widyaputra, 2020).

Infrastruktur hijau merupakan pendekatan strategis dalam menjaga keberlanjutan lingkungan melalui pengelolaan ruang terbuka hijau dan pelestarian proses-proses alami yang terjadi di alam. Penerapan infrastruktur hijau diarahkan untuk mendukung pengembangan komunitas yang berkelanjutan (*community development*), dengan meningkatkan kualitas lingkungan dan menjaga keberadaan ruang terbuka hijau. Dengan demikian, konsep ini tidak hanya bertujuan untuk melestarikan ekosistem, tetapi juga untuk menciptakan lingkungan yang lebih layak huni dan ramah

terhadap aktivitas manusia (EPA, 2013 dalam Setiyono & Sidiq, 2018).

Infrastruktur hijau merupakan jaringan ruang terbuka hijau dan kawasan alami yang saling terhubung untuk menjaga fungsi ekosistem, kualitas udara, dan air, serta memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Benedict & McMahon, 2006 dalam Setiyono & Sidiq, 2018). Salah satu penerapan infrastruktur hijau yang semakin relevan di tengah laju urbanisasi adalah *green wall* atau dinding hijau, yang berfungsi sebagai elemen strategis dalam menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih sehat, estetis, dan berkelanjutan.

Green wall merupakan konsep inovatif yang mengintegrasikan vegetasi hidup pada dinding bangunan, baik dalam skala kecil maupun besar, dengan tujuan menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif aktivitas manusia terhadap lingkungan. Pendekatan ini mendukung efisiensi penggunaan lahan dengan memanfaatkan permukaan vertikal sebagai ruang hijau, sekaligus mempertahankan proses ekosistem alami seperti penyerapan karbon dioksida, penyaringan polutan udara, dan pengelolaan air hujan.

Dalam konteks infrastruktur hijau, *green wall* memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan yang padat penduduk dan bangunan. Konsep ini

mendukung pelaksanaan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang mensyaratkan proporsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) minimal 30% di setiap kota. Dinding hijau dapat menjadi solusi untuk memperluas RTH dengan memanfaatkan ruang yang terbatas di kota, termasuk pada bangunan komersial, perkantoran, dan perumahan vertikal.

Selain sebagai paru-paru kota, *green wall* juga membantu menjaga keberlanjutan siklus sumber daya air. Dinding hijau dapat berfungsi sebagai sistem pengelolaan air alami yang menyerap air hujan dan mengurangi limpasan permukaan, sehingga mencegah banjir dan menjaga ketersediaan air tanah. Teknologi ini juga mendukung pengendalian suhu iklim perkotaan dengan mengurangi efek *urban heat island* melalui proses evapotranspirasi.

Keberadaan *green wall* tidak hanya memberikan manfaat ekologis tetapi juga mendukung kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat. Dengan menciptakan lingkungan yang lebih nyaman, estetis, dan sehat, dinding hijau meningkatkan nilai properti, menciptakan ruang rekreasi, serta mendorong kesadaran masyarakat untuk berkontribusi dalam menjaga kelestarian lingkungan. *Green wall* juga mendukung pengurangan polusi udara dan kebisingan, yang menjadi tantangan utama di kawasan perkotaan.

Untuk memastikan implementasi *green wall* yang efektif, keterlibatan berbagai pihak sangat penting. Pemerintah, perencana, pengembang, dan masyarakat perlu berkolaborasi dalam mengintegrasikan konsep dinding hijau ke dalam kebijakan pembangunan berkelanjutan. Pendekatan ini dapat diterapkan melalui perencanaan kawasan perkotaan berbasis ekosistem, seperti pengelolaan air hujan yang terintegrasi dengan sistem *green wall*, sehingga menciptakan kota yang mandiri dalam pemanfaatan sumber daya lingkungan.

Dengan memberikan ruang kembali kepada ekosistem melalui *green wall*, infrastruktur hijau secara keseluruhan dapat memastikan keberlanjutan sumber daya alam, meningkatkan kualitas udara dan air, serta menyediakan lingkungan yang mendukung kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas masyarakat. *Green wall* tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga kontribusi penting untuk mitigasi perubahan iklim dan adaptasi terhadap tantangan lingkungan perkotaan di masa depan (Setiyono & Sidiq, 2018).

Green wall, atau dinding hijau, adalah salah satu metode penghijauan yang menggunakan vegetasi untuk meningkatkan kualitas udara di lingkungan binaan. Tanaman pada *green wall* mampu menyerap karbon dioksida dan polutan lainnya serta melepaskan oksigen melalui proses fotosintesis. Selain itu, *green*

wall juga berfungsi sebagai elemen dekoratif yang memberikan manfaat psikologis dan kesehatan bagi penghuni ruangan (Anisa Prihandini et al., 2022). Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *green wall* dalam ruangan mampu meningkatkan kualitas oksigen sekaligus menciptakan lingkungan yang lebih sehat. Hal ini terjadi karena tanaman yang ditanam pada *green wall* melakukan proses fotosintesis, yaitu menyerap karbon dioksida (CO_2) dan menghasilkan oksigen (O_2) sebagai produk akhirnya. Oksigen merupakan elemen vital bagi kesehatan manusia karena mendukung fungsi dasar tubuh, termasuk pernapasan, metabolisme energi, dan regenerasi sel. Ketersediaan oksigen yang berkualitas di lingkungan, khususnya dalam ruang tertutup, tidak hanya membantu meningkatkan kenyamanan pernapasan tetapi juga dapat mengurangi risiko gangguan kesehatan seperti kelelahan, sakit kepala, dan stres akibat buruknya kualitas udara dalam ruangan. Dengan kata lain, *green wall* tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetis, tetapi juga sebagai solusi alami untuk memperbaiki kondisi udara, mendukung keseimbangan ekosistem mikro, dan meningkatkan kesejahteraan manusia secara keseluruhan.

2.1.12 Oksigen dan Perannya Dalam Kesehatan Manusia

Oksigen adalah elemen mendasar yang diperlukan manusia untuk bertahan hidup. Setiap harinya, manusia mengoksidasi sekitar 3.000 kalori dari makanan yang dikonsumsi, memanfaatkan 600 liter

oksigen, dan menghasilkan 480 liter karbon dioksida (Nia Rosliana Sinambela, 2020). Oksigen sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam menjalankan proses respirasi seluler. Proses ini berperan penting dalam menghasilkan energi yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan fungsi-fungsi biologis. Udara normal mengandung sekitar 20,9% oksigen, namun kondisi ruang tertutup dengan sirkulasi udara yang buruk dapat menyebabkan kadar oksigen menurun hingga di bawah standar minimum 19,5% (Ida Ayu Made Sri Arjani, 2011). Penurunan kadar oksigen tersebut dapat memicu berbagai gangguan kesehatan, seperti pusing, sesak napas, kelelahan, dan bahkan dapat berdampak lebih serius jika berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

Pemenuhan kebutuhan oksigen di lingkungan, terutama di ruang tertutup, sangat bergantung pada sirkulasi udara yang baik dan adanya mekanisme alami atau buatan untuk menjaga kadar oksigen tetap optimal. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan tanaman dalam ruangan. Tanaman berperan sebagai "pabrik alami" yang mampu menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. Selain itu, keberadaan tanaman juga dapat meningkatkan kelembapan udara, menyerap polutan, serta menciptakan suasana yang lebih nyaman dan sehat.

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa tanaman dalam ruangan tidak hanya memberikan manfaat estetika tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan kualitas udara secara signifikan. Hal ini menjadi alasan utama mengapa penggunaan tanaman sebagai bagian dari desain interior, seperti konsep *green wall*, semakin populer di era modern. Selain berfungsi untuk mempercantik ruangan, konsep ini juga mendukung terciptanya lingkungan yang sehat dengan meningkatkan kadar oksigen dan mengurangi risiko gangguan kesehatan yang disebabkan oleh udara berkualitas rendah.

Dengan memahami peran oksigen sebagai elemen vital bagi kesehatan manusia, penting bagi setiap individu dan institusi untuk memperhatikan kualitas udara di setiap lingkungan, baik di rumah, tempat kerja, maupun ruang publik. Penerapan solusi berbasis alam, seperti integrasi tanaman dalam ruangan, dapat menjadi langkah strategis untuk memastikan ketersediaan oksigen yang cukup, sekaligus mendukung kesehatan dan produktivitas manusia secara keseluruhan.

2.1.13 Manfaat *Green wall* Untuk Kualitas Udara

Teknologi Vertical Garden, atau yang juga dikenal sebagai *Green wall*, merupakan salah satu solusi desain untuk konsep bangunan ramah lingkungan (*green building*). Teknologi ini muncul sebagai jawaban atas keterbatasan lahan di kawasan perkotaan

yang dapat dimanfaatkan sebagai taman. *Green wall* memberikan dampak positif bagi lingkungan, seperti membantu mengurangi polusi udara, meningkatkan kualitas udara, serta menurunkan suhu dalam ruangan secara langsung. Hal ini juga berkontribusi pada pengurangan efek Urban Heat Island (UHI).

Menurut Blanc (2008), teknologi Vertical Garden memungkinkan terciptanya kembali sistem kehidupan yang menyerupai kondisi alami. Dengan pendekatan ini, unsur alam dapat diintegrasikan kembali ke ruang-ruang yang sebelumnya kehilangan keberadaan alam. Berkat kemajuan dalam ilmu botani, *Green wall* mampu menampilkan lanskap yang terlihat alami meskipun dibuat oleh manusia (Young & Kosasih, 2019)

Sementara itu, Green Building adalah konsep bangunan yang sejak awal perencanaan, konstruksi, hingga tahap operasional dan pemeliharaan berfokus pada upaya melindungi, menghemat, serta mengurangi penggunaan sumber daya alam. Tujuan utamanya adalah menjaga kualitas udara di dalam ruangan, memastikan kesehatan pengguna bangunan, dan berpegang pada prinsip pembangunan berkelanjutan (Green Building Council Indonesia, 2010 dalam Young & Kosasih, 2019).

Tanaman yang diterapkan dalam konsep *green wall* tidak hanya berfungsi sebagai penyaring udara yang efektif, tetapi juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan kadar oksigen di dalam

ruangan. Menurut (Efri Roziaty, 2016), tanaman hias yang digunakan dalam *green wall* dapat menyerap polutan udara seperti karbon dioksida, formaldehid, serta senyawa berbahaya lainnya yang dapat mencemari kualitas udara. Proses fotosintesis yang terjadi pada tanaman ini menghasilkan oksigen yang dapat memperbaiki kualitas udara di dalam ruangan, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sehat bagi penghuni.

Selain manfaatnya dalam meningkatkan kualitas udara, *green wall* juga memberikan kontribusi terhadap kenyamanan termal di dalam ruangan. Tanaman yang ada pada *green wall* dapat membantu mengurangi suhu ruangan melalui proses transpirasi, yang menghasilkan kelembapan dan mendinginkan udara di sekitar tanaman. Dengan demikian, *green wall* berperan sebagai sistem pendingin alami yang efektif, mengurangi kebutuhan akan pendingin ruangan listrik yang dapat meningkatkan konsumsi energi.

Lebih jauh lagi, keberadaan *green wall* dapat menciptakan suasana yang lebih nyaman dan menenangkan bagi penghuni. Tanaman memberikan sentuhan alam yang mampu mengurangi tingkat stres, meningkatkan konsentrasi, dan memberikan efek positif bagi kesehatan mental. Oleh karena itu, penerapan *green wall* tidak hanya memberikan manfaat ekologis dan termal, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan

psikologis penghuni, menjadikannya sebagai elemen penting dalam menciptakan lingkungan yang sehat, efisien, dan nyaman.

2.1.14 Terpal Plastik

Berdasarkan kajian dalam bidang pengemasan hortikultura, penggunaan plastik film seperti polietilen dapat memengaruhi komposisi udara di ruang tertutup dengan menurunkan kadar oksigen dan meningkatkan akumulasi karbon dioksida. Kondisi ini dapat memperlambat laju respirasi, namun apabila kadar oksigen turun terlalu rendah, dapat memicu terjadinya respirasi anaerobi .(Ni Wayan Sedani, Pande Ketut Diah Kencana, 2016).

Dalam konteks ruang tertutup berukuran kecil, seperti ruangan penelitian berukuran 2 m³ yang dilapisi terpal plastik tanpa sistem ventilasi, kemungkinan besar akan terjadi penurunan kadar oksigen secara signifikan seiring waktu. Penurunan ini sangat dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan material plastik yang digunakan. Oleh karena itu, karakteristik bahan penutup ruangan menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan dan pelaksanaan penelitian terkait kualitas udara

2.2 Kerangka Teori

2.2.1 Kualitas Udara dalam Ruangan (Indoor Air Quality)

Kualitas udara dalam ruangan merupakan indikator penting dalam menjaga kesehatan manusia dan mendukung kenyamanan lingkungan tempat tinggal atau bekerja. Udara yang berkualitas baik

harus mengandung proporsi gas ideal, bebas dari polutan, serta memiliki sirkulasi yang memadai. Dalam ruang tertutup seperti perkantoran, sekolah, atau rumah tinggal, akumulasi polutan seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), formaldehida, debu, dan senyawa organik volatil (VOC) kerap terjadi akibat aktivitas manusia, ventilasi yang buruk, serta penggunaan bahan bangunan yang melepaskan zat berbahaya.

Menurut WHO, kualitas udara dalam ruangan yang buruk menjadi penyebab berbagai penyakit pernapasan dan bahkan kematian dini, khususnya pada kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita penyakit kronis. Oleh karena itu, diperlukan intervensi ekologis untuk memperbaiki kualitas udara secara alami, salah satunya melalui penggunaan vegetasi dalam ruangan.

2.2.2 Oksigen (Peran Vital dalam Kesehatan dan Lingkungan)

Oksigen (O_2) merupakan unsur gas esensial dalam kehidupan. Perannya sangat krusial dalam proses respirasi seluler proses biokimia yang menghasilkan energi untuk seluruh aktivitas tubuh manusia. Udara normal mengandung oksigen sekitar 20,9%, dan apabila kadarnya menurun hingga di bawah 19,5% (batas minimum menurut NIOSH), individu dapat mengalami berbagai gangguan seperti sesak napas, penurunan konsentrasi, sakit kepala, hingga kehilangan kesadaran dalam jangka panjang.

Penurunan kadar oksigen di ruang tertutup seringkali tidak disadari, terutama pada ruangan dengan ventilasi buruk atau penggunaan AC sentral yang minim sirkulasi udara segar. Oleh karena itu, perlu dicari solusi untuk mempertahankan kadar oksigen yang optimal demi menjamin kenyamanan dan kesehatan penghuni.

2.2.3 Tanaman sebagai Penghasil Oksigen dan Penyaring Polutan

Tanaman berperan penting sebagai agen biologis yang dapat memperbaiki kualitas udara melalui proses fotosintesis, yakni konversi karbon dioksida (CO_2) dan air menjadi oksigen (O_2) dan glukosa dengan bantuan cahaya matahari. Dalam konteks ruang tertutup, jenis tanaman tertentu seperti *Sansevieria trifasciata* (lidah mertua), *Spathiphyllum* (peace lily), dan *Chlorophytum comosum* (spider plant) terbukti secara ilmiah mampu menyerap polutan kimiawi seperti formaldehid, benzena, dan xylene.

Khususnya *Sansevieria*, memiliki keunikan dalam melakukan fotosintesis CAM (Crassulacean Acid Metabolism) yang memungkinkan tanaman ini menyerap CO_2 dan menghasilkan O_2 bahkan di malam hari. Tanaman-tanaman ini tidak hanya menghasilkan oksigen, tetapi juga bertindak sebagai penyaring alami udara dengan menyerap polutan melalui daun dan akar, dibantu oleh mikroorganisme yang hidup di media tanam.

2.2.4 Green wall: Konsep, Fungsi, dan Komponen

Green wall, atau dinding hijau, adalah sistem penghijauan vertikal yang dirancang untuk memungkinkan tanaman tumbuh pada permukaan dinding bangunan. *Green wall* terdiri dari media tanam, sistem irigasi otomatis, dan modul tanam yang memungkinkan akar tanaman berkembang secara vertikal. Sistem ini dapat dipasang di dalam maupun luar ruangan.

Fungsi utama *green wall* tidak hanya estetika, tetapi juga ekologi dan kesehatan. Tanaman pada *green wall* mampu mengurangi suhu ruangan (melalui evapotranspirasi), menyerap polusi udara, meningkatkan kelembapan, dan menghasilkan oksigen. Selain itu, *green wall* berperan dalam mengurangi efek pulau panas perkotaan (*urban heat island*) dan mendukung konservasi keanekaragaman hayati.

Di dalam ruangan, *green wall* berfungsi sebagai sistem alami yang dapat menyeimbangkan komposisi udara. Tanaman yang digunakan dalam *green wall* dipilih berdasarkan kemampuan adaptasi, fotosintesis, dan kemampuan menyerap polutan. *Green wall* menjadi alternatif strategis untuk ruang sempit yang tidak memungkinkan kehadiran taman horizontal atau pot tanaman konvensional.

2.2.5 *Green wall* sebagai Infrastruktur Hijau

Green wall merupakan bagian dari konsep infrastruktur hijau, yakni jaringan ruang terbuka hijau dan elemen alami yang didesain

untuk mendukung fungsi ekologis dalam lingkungan binaan. Dalam perspektif tata kota berkelanjutan, infrastruktur hijau tidak hanya mencakup taman kota atau hutan kota, tetapi juga elemen vertikal seperti *green wall* yang mampu memaksimalkan ruang terbatas di kawasan urban.

Sebagai infrastruktur hijau, *green wall* berkontribusi terhadap pencapaian target Ruang Terbuka Hijau (RTH) 30% sebagaimana tercantum dalam UU No. 26 Tahun 2007. Selain itu, *green wall* membantu menyerap air hujan, memperbaiki drainase mikro, menurunkan suhu lokal, serta menyediakan habitat mikro bagi serangga dan burung kecil.

Implementasi *green wall* juga mendukung prinsip *green building* yang menekankan efisiensi energi, kualitas udara dalam ruangan, dan kenyamanan penghuni. Dengan demikian, *green wall* bukan hanya solusi arsitektural, tetapi juga merupakan intervensi strategis dalam perencanaan kota ramah lingkungan.

2.2.6 Korelasi *Green wall* dan Peningkatan Kualitas Oksigen

Green wall terbukti secara empiris mampu meningkatkan kadar oksigen di ruang tertutup, terutama bila dipadukan dengan tanaman yang memiliki kapasitas fotosintesis tinggi. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan *Sansevieria* sebagai elemen *green wall* dapat memaksimalkan proses pelepasan oksigen, baik siang maupun malam hari. Hal ini menjadikan *green wall* sebagai solusi

ekologis dalam menjaga kualitas udara, khususnya kadar oksigen, yang sering menurun pada ruangan tertutup dengan ventilasi terbatas.

Selain peningkatan kadar oksigen, *green wall* juga membantu menurunkan kadar polutan udara dan memperbaiki kelembapan udara, yang secara kumulatif berdampak positif pada kesehatan penghuni ruangan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa ruang yang dilengkapi dengan tanaman dinding hijau mengalami penurunan keluhan terkait gangguan pernapasan, iritasi mata, dan sakit kepala.

2.2.7 Landasan Teori Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada integrasi antara prinsip fisiologi tanaman, kesehatan lingkungan, dan rekayasa ekologi bangunan. Teori fotosintesis sebagai dasar produksi oksigen oleh tanaman, teori kualitas udara dalam ruangan dari perspektif kesehatan masyarakat, serta konsep infrastruktur hijau menjadi pilar utama dalam menyusun argumentasi ilmiah mengenai peran *green wall* dalam meningkatkan kualitas oksigen.

Dengan menguji secara langsung perbedaan kadar oksigen sebelum dan sesudah pemasangan *green wall*, penelitian ini bertujuan memberikan bukti empiris bahwa intervensi berbasis alam dapat digunakan sebagai metode efektif untuk memperbaiki lingkungan mikro dalam ruang tertutup.