

Ruang Terbuka Hijau Lanskap Industri

**Rancang Bangun dan
Strategi Mitigasi Lingkungan**

**Maiser Syaputra
Saleh Amin
K.M. Yusuf Riza
Anajib Prabu Arras
Panji Hertadian**

PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

Ruang Terbuka Hijau Lanskap Industri

Rancang Bangun dan Strategi Mitigasi Lingkungan

**Maiser Syaputra
Saleh Amin
K.M. Yusuf Riza
Anajib Prabu Arras
Panji Hertadian**

PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

2025

RUANG TERBUKA HIJAU LANSKAP INDUSTRI

Rancang Bangun dan Strategi Mitigasi Lingkungan

Copyright 2025

Tim penulis:

Maiser Syaputra
Saleh Amin
K.M. Yusuf Riza
Anajib Prabu Arras
Panji Hertadian

Desain dan Tata Letak:

Saleh Amin

Penerbit : PT Pupuk Sriwidjaja Palembang
Jumlah Halaman : 108
ISBN : 978-602-72775-4-0

Sitasi:

Syaputra, M., Amin S., Riza K.M.Y., Arras A.P., Hertadian P. 2025.
Ruang Terbuka Hijau Lanskap Industri: Rancang Bangun dan Strategi Mitigasi Lingkungan. PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Palembang.





Isi Buku

Isi Buku	1
Pengantar	4
Sambutan Direktur Utama	5
Mengenai Ruang Terbuka Hijau	9
Jenis-Jenis Ruang Terbuka Hijau	11
Ruang Terbuka Hijau dalam Konteks Kawasan Industri	13
Kebijakan dan Regulasi Terkait Ruang Terbuka Hijau	14
Isu dan Solusi Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Industri	15
Merencanakan RTH Berdasarkan Fungsi	19
RTH Penyerap Air	20
RTH Penyerap Karbon	27
RTH Pereduksi Polutan	32
RTH Penjerab Debu	36
RTH Pengurang Kebisingan	40
RTH Fungsi Rekreasi (Sosial)	44
Memahami Kawasan RTH Berdasarkan Bentuknya	49
RTH Padu atau Kompak	50
RTH Berbentuk Jalur atau Linier	51

Ragam Penyakit Tumbuhan pada RTH Lanskap Industri	55
Penyakit Struktural dan Luka Fisik.	56
Pelapukan dan Infeksi Lanjut.	61
Gangguan Tajuk dan Daun	62
Risiko Potensial Akibat Penyakit pada Tumbuhan RTH Lanskap Industri	67
Keselamatan Pekerja.	68
Terganggunya Alur Produksi	68
Kerusakan Infrastruktur	69
Kerugian Ekonomi	69
Penilaian Kerusakan pada Tumbuhan RTH Kawasan Industri	71
Metode Penilaian Kesehatan Pohon	72
Prosedur Penilaian.	73
Menganalisis Hasil Penilaian Pohon	79
Contoh Hasil Penilaian Kesehatan Tumbuhan pada RTH Lanskap Industri	81
Perumusan Risiko Kerusakan pada Tumbuhan RTH Kawasan Industri	83
Perumusan Kategori Risiko Terkait Kondisi Pohon	84
Mitigasi dan Prosedur Pengurangan Risiko Kerusakan Pohon	87
Penggantian (Kode Warna Merah)	88
Perawatan (Kode Warna Oranye)	91
Pemantauan Rutin (Kode Warna Kuning)	93
Pemantauan Berkala (Kode Warna Biru).	94
Penutup	95
Daftar Pustaka	99



Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya buku berjudul “**Ruang Terbuka Hijau Lanskap Industri: Rancang Bangun dan Strategi Mitigasi Lingkungan**” ini dapat diselesaikan. Buku ini lahir dari keprihatinan sekaligus optimisme bahwa kawasan industri memiliki potensi besar untuk menjadi bagian dari solusi atas tantangan lingkungan, melalui perencanaan dan pengelolaan ruang terbuka hijau (RTH) yang cermat, fungsional, dan berkelanjutan.

Penulis berupaya menyajikan konsep, pendekatan, dan strategi praktis dalam merancang RTH yang tidak hanya memiliki nilai estetika dan sosial, tetapi juga mampu berfungsi sebagai penyangga ekologis dan sarana mitigasi risiko lingkungan. Rancangan RTH yang baik dapat meredam limpasan air hujan, menurunkan suhu mikroklimat, meningkatkan kualitas udara, sekaligus menjadi habitat penting bagi flora dan fauna lokal. Buku ini juga mengajak pembaca melihat lanskap industri dari sudut pandang baru: bukan sekadar kawasan produksi, tetapi juga ruang hidup yang terintegrasi dengan alam.

Penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan buku ini, khususnya kepada Pimpinan dan staf Departemen Lingkungan Hidup PT Pupuk Sriwidjaja Palembang, yang telah memberikan kepercayaan, data, serta kesempatan untuk mendalami praktik pengelolaan lingkungan di kawasan industri.

Penulis menyadari bahwa buku ini belum sempurna. Oleh karena itu, saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Harapan penulis, semoga buku ini menjadi langkah kecil yang berdampak besar menuju masa depan industri yang lebih hijau, adaptif, dan berkelanjutan.

Penulis

Sambutan Direktur Utama

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya buku **“Ruang Terbuka Hijau Lanskap Industri: Rancang Bangun dan Strategi Mitigasi Lingkungan”**. Buku ini merupakan bentuk nyata dari komitmen kami dalam mendorong terciptanya lanskap industri yang tidak hanya produktif secara ekonomi, tetapi juga adaptif terhadap tantangan lingkungan.

Sebagai perusahaan yang bergerak di sektor industri pupuk, kami memahami pentingnya keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) dalam kawasan industri, baik sebagai buffer ekologis maupun sebagai bagian dari strategi mitigasi risiko lingkungan. Kehadiran RTH yang dirancang dengan pendekatan berbasis alam (*nature-based solutions*) tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga memperkuat ketahanan operasional industri dalam menghadapi perubahan iklim dan tekanan lingkungan lainnya.

Melalui buku ini, kami ingin menyampaikan bahwa membangun kawasan industri yang ramah lingkungan bukanlah sebuah pilihan, melainkan kebutuhan yang mendesak. Buku ini menyajikan pendekatan teknis dan strategis dalam perencanaan RTH di kawasan industri, lengkap dengan prinsip desain, fungsi ekologis, serta langkah mitigasi risiko yang aplikatif dan berbasis ilmiah.

Kami menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada seluruh tim penulis, penyusun, dan pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga karya ini menjadi rujukan penting bagi para perencana, praktisi industri, akademisi, dan pembuat kebijakan dalam mengintegrasikan aspek lingkungan ke dalam tata kelola lanskap industri.

Mari kita jadikan buku ini sebagai pemicu semangat untuk terus menciptakan ruang industri yang hijau, tangguh, dan berkelanjutan.

Direktur Utama

PT Pupuk Sriwidjaja Palembang







1

Mengenai Ruang Terbuka Hijau

Di tengah pesatnya pembangunan industri, khususnya di kawasan perkotaan, keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sering kali menjadi oase. RTH bukan sekadar hamparan lahan berhutan, melainkan bagian penting dari sistem penyangga lingkungan yang memiliki fungsi ekologis, sosial, dan estetika. Dengan kata lain, RTH adalah paru-paru sekaligus ruang hidup bagi manusia dan makhluk lainnya.

“Secara sederhana, RTH diartikan sebagai area yang didominasi oleh vegetasi, baik yang dibentuk secara alami maupun hasil rancangan manusia, yang berfungsi untuk mendukung keseimbangan lingkungan.”



RTH bisa berupa taman, jalur hijau, hutan, atau sempadan sungai yang ditanami pohon-pohon pelindung. Di kawasan industri, RTH punya peran strategis, bukan hanya sebagai penyeimbang emisi dan suhu, tetapi juga sebagai area pelindung yang meredam polusi, kebisingan, mereduksi karbon, penjerap debu, dan meminimalkan risiko bencana seperti banjir.

Selain fungsi ekologis, RTH juga memegang peran sosial yang penting, yaitu menjadi ruang publik yang mendukung aktivitas rekreasi, olahraga, hingga interaksi sosial masyarakat di dalam dan di sekitar kawasan industri.

Di tengah padatnya aktivitas industri, kehadiran RTH memberi ruang jeda dan ketenangan yang bisa berdampak positif bagi kesehatan mental dan produktivitas manusia. Oleh karena itu, menjaga kualitas dan fungsi RTH merupakan bagian dari upaya menciptakan lingkungan hidup yang sehat, aman, dan berkelanjutan.

Jenis-Jenis Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat dibedakan berdasarkan fungsi dan status kepemilikannya. Secara umum berdasarkan Undang-Undang No. 26 tahun 2007, RTH dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu RTH publik dan RTH privat.

- ▶ RTH publik adalah ruang terbuka yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah, seperti taman kota, hutan kota, jalur hijau jalan, sempadan sungai, dan kawasan konservasi.
- ▶ RTH privat adalah ruang terbuka milik perorangan atau badan usaha, seperti taman di perkantoran, ruang hijau perumahan, hingga kawasan RTH di dalam area industri.

Berdasarkan Permen PU nomor 17/PRT/M/2009, RTH juga dibagi menjadi dua: fungsi ekologis dan fungsi sosial-ekonomi.

- ▶ Fungsi ekologis mencakup peran RTH dalam memperbaiki kualitas udara, menyerap karbon, menjaga suhu mikroklimat, serta sebagai habitat keanekaragaman hayati.
- ▶ Fungsi sosial-ekonomi mencakup peran RTH sebagai ruang interaksi sosial, rekreasi, edukasi, hingga peningkatan nilai estetika kawasan.

Contoh RTH yang berstatus privat yaitu RTH di dalam kawasan PT PURSI Palembang. Dalam kawasan ini, terdapat RTH yang diberi nama Kebun Tanaman Langka. Tujuan pembentukannya yaitu untuk display dan sarana edukasi jenis-jenis tanaman langka di Sumatera.



Ruang Terbuka Hijau dalam Konteks Kawasan Industri

Dalam kawasan industri, keberadaan RTH memiliki nilai strategis yang sering kali luput dari perhatian. Ketika aktivitas industri menghasilkan emisi seperti gas, debu, dan limbah lainnya, RTH hadir sebagai elemen peredam alami yang membantu menjaga kualitas lingkungan tetap aman dan layak. Vegetasi pada RTH mampu menyerap polutan udara seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, dan nitrogen oksida, sekaligus meregulasi suhu di sekitar area produksi atau di dalam kawasan industri.

Tak hanya itu, RTH juga berfungsi sebagai pelindung infrastruktur industri dari terpaan angin, debu, dan air limpasan, serta mengurangi risiko bencana seperti banjir akibat sistem drainase yang terganggu. Bagi para pekerja, keberadaan RTH memberi dampak psikologis yang positif, seperti menurunkan tingkat stres yang berdampak positif meningkatkan produktivitas kerja.

Kebijakan dan Regulasi Terkait Ruang Terbuka Hijau

Pentingnya RTH telah diatur dalam berbagai kebijakan dan regulasi, baik di tingkat nasional maupun daerah. Salah satu landasan hukum yang paling dikenal adalah Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, yang menyebutkan bahwa kota harus memiliki minimal 30% ruang terbuka, dengan pembagian 20% untuk RTH publik dan 10% untuk RTH privat. Selain itu, pemerintah juga mendorong perusahaan dan kawasan industri untuk menyediakan RTH sebagai bagian dari prinsip pembangunan berkelanjutan.

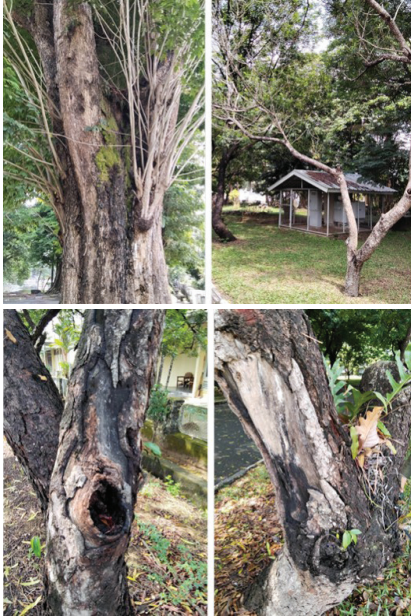
Dalam praktiknya, penyediaan dan pengelolaan RTH sering kali dihadapkan pada tantangan keterbatasan lahan dan prioritas ekonomi. Namun, semakin banyak perusahaan menyadari bahwa investasi pada RTH bukanlah sebuah beban, melainkan bagian dari strategi jangka panjang untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan berwawasan lingkungan.

“PT PUSRI Palembang telah mengalokasikan >30% dari kawasannya sebagai Ruang Terbuka Hijau.”

Isu dan Solusi Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Industri

Di tengah pesatnya pertumbuhan kawasan industri dan kawasan urban, RTH sering kali menjadi elemen yang terpinggirkan. Alih fungsi lahan untuk permukiman dan kegiatan ekonomi menyebabkan keberadaan RTH makin terdesak. Padahal, RTH dalam konteks kawasan industri dan urban memiliki peran vital sebagai penyeimbang antara aktivitas manusia dengan daya dukung lingkungan.

Permasalahan RTH di kawasan industri tak hanya soal kuantitas lahan hijau yang makin menyusut, tetapi juga menyangkut kualitas vegetasi di dalamnya. Banyak pohon dan tanaman di dalam RTH mengalami gangguan kesehatan, mulai dari kerusakan batang, tajuk, hingga infeksi penyakit dan gangguan struktural lainnya. Jika tidak ditangani, kondisi ini dapat meningkatkan risiko kerusakan yang berdampak serius, seperti tumbang pohon yang membahayakan jiwa, merusak fasilitas, atau mengganggu jalannya aktivitas produksi di kawasan industri.



Beberapa penyakit yang umum menyerang tanaman di dalam Ruang Terbuka Hijau

Untuk menjawab permasalahan RTH, dibutuhkan perencanaan yang matang dan terpadu. Langkah awal yang penting adalah mengenali permasalahan dan potensi kerusakan yang ada, baik secara fisik maupun biologis. Selanjutnya, untuk mendapatkan gambaran kondisi pohon secara menyeluruh, dibutuhkan penerapan teknik penilaian kesehatan pohon yang tepat. Dari hasil penilaian tersebut, barulah disusun strategi mitigasi risiko, yang dapat meliputi kegiatan pemangkasan, penguatan struktur, hingga peremajaan vegetasi. Dengan pendekatan yang terukur dan ilmiah, RTH dapat dikelola lebih optimal, bukan hanya sebagai penghias lanskap, tetapi sebagai sistem pendukung kehidupan urban yang sehat dan berkelanjutan.





2

Merencanakan RTH Berdasarkan Fungsi

Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam lanskap industri dapat dirancang untuk memenuhi berbagai fungsi lingkungan strategis seperti penyerapan air, penyerapan karbon, pereduksi polutan, penjerap debu, dan peredam kebisingan termasuk juga fungsi sosial (rekreasi). Masing-masing fungsi memerlukan pendekatan desain yang berbeda, baik dari segi jenis vegetasi, konfigurasi spasial, hingga prinsip pengelolaannya. Perencanaan RTH berbasis fungsi ini menuntut integrasi antara ilmu ekologi lanskap, rekayasa lingkungan, dan karakteristik fisik kawasan yang menjadi target. Pendekatan ini menjadi langkah penting dalam mengoptimalkan peran RTH sebagai solusi berbasis alam (*nature-based solution*) untuk meningkatkan ketahanan lingkungan industri terhadap berbagai tekanan ekologis dan perubahan lingkungan.

RTH Penyerap Air

Dalam konteks lanskap industri yang cenderung mengalami peningkatan luas lahan kedap air akibat dominasi infrastruktur seperti jalan, bangunan pabrik, dan area parkir, keberadaan RTH menjadi elemen penting dalam menjaga fungsi ekologis kawasan, khususnya dalam hal penyerapan air.

RTH memiliki kemampuan untuk meningkatkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah melalui permukaan tanah yang terbuka dan vegetasi yang menutupi permukaan tersebut. Permukaan vegetatif memungkinkan air meresap secara perlahan, menghindari terjadinya limpasan permukaan yang cepat dan dalam jumlah besar. Sebaliknya, permukaan kedap air seperti beton atau aspal menyebabkan air hujan mengalir cepat ke sistem drainase, yang dapat menimbulkan banjir, erosi, dan beban berlebih pada infrastruktur pengendalian banjir (Qian *et al.*, 2021).

Secara ilmiah, mekanisme penyerapan air di RTH berlangsung melalui tiga komponen utama, yaitu *infiltrasi*, *intersepsi*, dan *evapotranspirasi*. Kombinasi dari ketiga mekanisme ini menjadikan RTH sebagai sistem pengelolaan air hujan yang berkelanjutan.

- ▶ ***Infiltrasi*** merupakan proses masuknya air ke dalam tanah yang difasilitasi oleh struktur tanah yang gembur serta sistem perakaran tanaman yang menciptakan pori-pori alami.
- ▶ ***Intersepsi*** terjadi ketika tajuk tanaman menahan air hujan untuk sementara waktu pada permukaan daun, cabang, dan batang, sehingga mengurangi volume air yang langsung mencapai permukaan tanah. Proses ini memperlambat laju jatuhnya air dan memungkinkan peresapan yang lebih merata.
- ▶ ***Evapotranspirasi*** berperan dalam mengembalikan sebagian air ke atmosfer, membantu mengontrol kelembaban tanah dan menghindari kejenuhan air di daerah akar.

Keberadaan RTH yang dirancang dengan prinsip ***water-sensitive urban design*** dapat mengurangi limpasan air dibandingkan dengan kawasan tanpa vegetasi. Dalam lanskap industri, hal ini berimplikasi langsung terhadap **pengurangan biaya** pemeliharaan sistem drainase dan pengelolaan banjir, serta berkontribusi pada peningkatan ketahanan kawasan industri terhadap kejadian iklim ekstrim.

Karakteristik vegetasi dalam RTH juga mempengaruhi efektivitas penyerapan air (Li dan Bergen, 2018). Tanaman dengan perakaran yang dalam dan menyebar, lebih baik dalam menciptakan porositas tanah dan menahan air di dalam profil tanah. Selain itu, jenis tanah dan kemiringan lahan juga merupakan faktor penting yang menentukan laju infiltrasi. Dalam perencanaan RTH lanskap industri, integrasi antara spesifikasi vegetasi, kondisi edafik, dan desain topografi menjadi kunci memaksimalkan kapasitas resapan air.

Selain manfaat ekologis, penyerapan air oleh RTH juga berkontribusi pada pengurangan beban pencemaran air. Air hujan yang meresap melalui tanah dan vegetasi mengalami proses penyaringan alami, di mana kontaminan seperti logam berat, partikel tersuspensi, dan senyawa kimia lainnya dapat diserap oleh tanaman atau terperangkap di dalam profil tanah. Ini sangat penting di kawasan industri yang berpotensi menghasilkan limpasan permukaan yang terkontaminasi oleh limbah industri, tumpahan minyak, atau bahan kimia berbahaya lainnya. Dalam hal ini, RTH dapat berfungsi sebagai biofilter alami, meningkatkan kualitas air tanah dan mengurangi risiko pencemaran lingkungan.

Peran RTH dalam penyerapan air tidak hanya bersifat fungsional dalam mengelola siklus hidrologi lokal, tetapi juga strategis dalam mendukung keberlanjutan kawasan industri. Dalam jangka panjang, penerapan prinsip-prinsip perencanaan RTH yang berorientasi pada fungsi ekohidrologis dapat memperkuat ketahanan iklim kawasan industri, mengurangi risiko banjir, dan mendukung konservasi sumber daya air.

Prinsip dan Konsep Perancangan

Perancangan ruang terbuka hijau (RTH) yang efektif dalam mendukung penyerapan air tidak dapat dilepaskan dari pemahaman prinsip-prinsip dasar ekohidrologi dan teknik rekayasa lanskap berkelanjutan. RTH dalam lanskap industri harus dirancang sebagai sistem yang bekerja dengan proses alami tanah, air, dan vegetasi, serta memperkuat kapasitas kawasan dalam mengatur keseimbangan hidrologis.

Prinsip utamanya adalah mengurangi limpasan air hujan (*runoff*) dan meningkatkan laju infiltrasi serta retensi air di dalam tanah. Oleh karena itu, setiap elemen dalam perancangan RTH mulai dari pemilihan lokasi, konfigurasi ruang, jenis vegetasi, hingga konstruksi substrat tanah harus mendukung fungsi-fungsi hidrologis tersebut. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam konteks ini adalah prinsip *Low Impact Development* atau *Water Sensitive Urban Design*.

Low Impact Development atau *Water Sensitive Urban Design* menekankan pentingnya desain RTH yang terintegrasi untuk meminimalkan gangguan terhadap siklus hidrologi alami dan memaksimalkan fungsi ekosistem melalui integrasi vegetasi, tanah, dan sistem drainase alami.

Struktur dan Lapisan Tanah RTH Resapan

Fungsi resapan air dari RTH sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Tanah dengan struktur gembur, tekstur lempung berpasir, dan kandungan bahan organik yang tinggi cenderung memiliki kapasitas infiltrasi dan retensi air yang lebih besar. Oleh karena itu, dalam proses pembangunan RTH, perhatian besar harus diberikan terhadap pengolahan tanah untuk meningkatkan porositas dan permeabilitas. Penambahan kompos, biochar, dan material organik lain telah terbukti secara ilmiah meningkatkan aktivitas biologis tanah dan memperbaiki struktur tanah, yang pada gilirannya akan meningkatkan infiltrasi dan kemampuan menyimpan air.

Pada beberapa lokasi, terutama di kawasan industri yang tanahnya telah terkontaminasi berat oleh aktivitas alat berat, diperlukan rekayasa substrat tanah secara sistematis. Ini bisa dilakukan dengan membangun lapisan infiltrasi dari bahan berpori seperti batuan kerikil, lapisan pasir, dan tanah topsoil yang diperkaya bahan organik. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *engineered soils*, yaitu tanah yang secara khusus direkayasa untuk mendukung fungsi ekologis tertentu, termasuk resapan dan penyaringan air.

Desain Vegetasi dan Pola Penanaman

Jenis dan struktur vegetasi sangat menentukan efektivitas RTH dalam menyerap air. Vegetasi yang dipilih harus memiliki sistem perakaran yang dalam dan menyebar dan memiliki daya transpirasi tinggi untuk mempercepat pengembalian air ke atmosfer dan menghindari kejenuhan air tanah.

Desain pola penanaman juga harus mempertimbangkan zonasi berdasarkan kebutuhan air dan toleransi terhadap genangan. Penempatan vegetasi harus disesuaikan dengan topografi mikro untuk memanfaatkan aliran alami air hujan. Contohnya, pohon-pohon dengan toleransi tinggi terhadap air dapat ditempatkan di area tangkapan air (*catchment zones*), sementara semak dan tanaman penutup tanah dapat digunakan untuk memperkuat tepi zona resapan. Variasi vertikal dan horizontal dalam penanaman menciptakan *multi-strata vegetation*, yang terbukti efektif meningkatkan intersepsi dan retensi air di permukaan.

Integrasi Sistem Drainase Alami dan Buatan

RTH bukan sistem yang berdiri sendiri, melainkan harus menjadi bagian dari sistem manajemen air secara keseluruhan. Bioswale, misalnya, dapat dirancang untuk mengalirkan air hujan dari atap bangunan dan jalan-jalan industri ke area resapan alami, memungkinkan penyaringan dan penyimpanan air sebelum masuk ke saluran pembuangan atau sumur resapan. Dengan cara ini, fungsi ekologis RTH diperkuat oleh fungsi rekayasa hidrologi buatan.

Konsep *green-blue infrastructure* juga relevan diterapkan dalam lanskap industri, yakni menggabungkan elemen hijau (vegetasi) dan elemen biru (air seperti kolam retensi, saluran terbuka, dan rawa buatan) dalam satu sistem terpadu. Dalam banyak studi, kombinasi ini terbukti mampu meningkatkan kapasitas adaptasi kawasan terhadap perubahan iklim dan kejadian cuaca ekstrem. Hal ini penting di kawasan industri yang memiliki kerentanan tinggi terhadap gangguan iklim seperti banjir mendadak atau kekeringan lokal.

Pemeliharaan dan Monitoring

Efektivitas RTH dalam menyerap air sangat tergantung pada pemeliharaan jangka panjang. Vegetasi yang tidak dipelihara dapat mengalami kematian, menyebabkan tanah menjadi terbuka dan memicu erosi. Saluran infiltrasi dapat tersumbat oleh sedimen atau limbah industri, yang akan menurunkan kapasitas resapan. Oleh karena itu, perlu ada sistem monitoring periodik untuk mengevaluasi laju infiltrasi, kelembaban tanah, kesehatan vegetasi, dan keberfungsian struktur pendukung. Penggunaan teknologi seperti sensor kelembaban tanah dan penginderaan jauh dapat membantu pemantauan kondisi RTH secara lebih efisien dan presisi.

Pemilihan Jenis

Jenis tumbuhan yang cocok untuk merancang Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berfungsi optimal dalam penyerapan air, khususnya di lanskap industri dijelaskan sebagai berikut. Setiap tanaman dalam daftar ini dipilih berdasarkan karakteristik sistem perakaran, toleransi terhadap genangan, kemampuan intersepsi air hujan, dan nilai ekologis lainnya yang mendukung fungsi hidrologis:



Trembesi (*Samanea saman*)

Tajuk lebar dan rindang, akar menyebar luas dan dalam. Mampu menyerap CO² dalam jumlah besar dan meningkatkan infiltrasi air. Tahan terhadap kekeringan dan genangan sesaat.



Angsana (*Pterocarpus indicus*)

Memiliki sistem perakaran yang kuat dan mampu menstabilkan tanah, daun rimbun memberikan intersepsi tinggi terhadap air hujan. Cocok di daerah dengan drainase sedang hingga baik.



Ketapang (*Terminalia catappa*)

Akar dalam, kanopi lebar, mampu tumbuh baik di tanah berpasir dan toleran terhadap kekeringan. Daunnya lebar untuk menahan curahan hujan. Baik untuk kawasan yang kering atau semi-basah.



Salam (*Syzygium polyanthum*)

Pohon berdaun lebat dengan akar menyebar ke samping dan masuk ke dalam. Dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan dan resapan. Cocok di berbagai jenis tanah tropis.



Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*)

Semak nitrogen-fixing, akar menyebar cepat, membantu meningkatkan struktur tanah dan menstabilkan lereng. Cocok di lereng, lahan miring, dan tanah kritis.



Waru (*Hibiscus tiliaceus*)

Semak tinggi dengan akar kuat, dapat digunakan di daerah tergenang atau dekat perairan. Tinggi terhadap genangan air dan salinitas sedang.

Penjelasan istilah-istilah penting:

- » **Porositas tanah:** seberapa banyak ruang kosong atau celah di permukaan dan di dalam tanah.
- » **Profil tanah:** susunan lapisan-lapisan tanah mulai dari permukaan hingga ke lapisan dalam.
- » **Kondisi edafik:** kondisi tanah yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti tekstur, kelembapan, kandungan hara, dan pH.
- » **Partikel tersuspensi:** butiran halus, seperti debu atau lumpur, yang melayang di air atau udara.
- » **Biofilter alami:** sistem penyaring alami, seperti tanaman, tanah, atau mikroorganisme, yang membantu menyaring polutan.
- » **Siklus hidrologi:** proses alami perputaran air di bumi.
- » **Ekohidrologis:** hubungan antara air dan alam, seperti tumbuhan, serta bagaimana keduanya saling memengaruhi.
- » **Biochar:** arang hayati yang dibuat dari bahan organik seperti kayu, sekam padi, atau limbah pertanian yang dipanaskan tanpa oksigen (proses pirolisis).
- » **Topsoil:** Lapisan tanah paling atas, biasanya setebal 5-20 cm, tempat akar tumbuh dan banyak mengandung unsur hara dan mikroorganisme.
- » **Transpirasi:** Proses penguapan air dari daun tanaman ke udara melalui pori-pori (stomata). Berfungsi membantu mengatur suhu tanaman dan menggerakkan air serta nutrisi dari akar ke daun.
- » **Multi-strata vegetation:** Tumbuhan yang disusun bertingkat, seperti hutan alami, ada tanaman rendah, semak, pohon sedang, dan pohon tinggi dalam satu tempat.

RTH Penyerap Karbon

Fungsi penyerapan karbon sangat relevan di kawasan industri yang seringkali menjadi sumber emisi karbon akibat proses pembakaran bahan bakar fosil, produksi kimia, dan aktivitas pabrik. RTH yang dirancang dengan vegetasi berdaun lebat, pertumbuhan cepat, dan umur panjang dapat menyimpan karbon dalam jumlah signifikan selama dekade bahkan abad.

RTH juga berperan sebagai *buffer* ekologis yang membantu menstabilkan iklim mikro kawasan industri. Vegetasi RTH menurunkan suhu udara melalui evapotranspirasi, mengurangi kebutuhan pendingin bangunan dan konsumsi energi, serta memperlambat efek pemanasan global. Dengan mengintegrasikan strategi *green infrastructure*, RTH di lingkungan industri tidak hanya menjadi elemen estetika, tetapi juga bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim berbasis alam, yang secara global semakin diakui sebagai pendekatan efektif dan berkelanjutan.

Lingkungan industri cenderung menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO_2). Oleh karena itu, keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) memegang peranan penting sebagai penyerap karbon alami (*carbon sink*) (Du et al., 2025). RTH berfungsi sebagai sistem biologis yang mampu menangkap dan menyimpan karbon dari atmosfer melalui proses fotosintesis, dimana tumbuhan mengubah CO_2 menjadi biomassa organik dalam bentuk daun, batang, akar, dan jaringan lainnya. Semakin besar luasan dan biomassa vegetasi RTH, semakin besar kapasitasnya dalam menyerap karbon dan mengurangi konsentrasi CO_2 di udara.

Selain penyimpanan karbon dalam biomassa, karbon juga dapat diserap dan disimpan dalam tanah melalui proses sekuestrasi karbon tanah (*soil carbon sequestration*). Akar tanaman dan sisa-sisa organik vegetasi RTH yang terdekomposisi akan memperkaya kandungan karbon organik tanah, yang secara tidak langsung meningkatkan kesuburan tanah. Oleh karena itu, pengelolaan RTH tidak hanya mengurangi jejak karbon, tetapi juga memperkuat integritas ekosistem secara keseluruhan.

Prinsip dan Konsep Dasar Penyerapan Karbon

Pembangunan RTH untuk mendukung fungsi penyerapan karbon harus berlandaskan pada prinsip-prinsip ekologi karbon dan pendekatan ekosistem hijau sebagai solusi berbasis alam (*nature-based solutions*). Konsep ini memaksimalkan proses fotosintesis dan akumulasi biomassa sebagai cara untuk menangkap dan menyimpan karbon atmosfer. RTH yang dirancang berbasis prinsip tersebut menjadikannya sebagai infrastruktur ekologis aktif yang mampu menjalankan fungsi mitigasi terhadap perubahan iklim.

Prinsip utama pembangunan RTH *carbon-sink* meliputi:

1. Meningkatkan densitas vegetasi.
2. Memilih spesies tanaman dengan potensi biomassa tinggi.
3. Membangun struktur vegetasi vertikal yang kompleks (*multi-strata*).
4. Memastikan umur panjang vegetasi.
5. Mengelola karbon tanah melalui pengelolaan bahan organik dan aktivitas mikroba tanah.

Strategi Pemilihan dan Penataan Vegetasi

Salah satu aspek terpenting dalam membangun RTH penyerap karbon adalah pemilihan jenis vegetasi yang tepat. Tanaman dengan pertumbuhan cepat, tajuk lebar, dan umur panjang merupakan kandidat ideal karena mereka dapat menyimpan karbon dalam jumlah besar dalam waktu relatif singkat dan konsisten. Penting pula untuk mempertimbangkan tanaman bawah dan semak (perdu) dalam sistem vegetasi bertingkat (stratifikasi vertikal) (Wang et al., 2021), karena struktur ini menambah luas bidang penyerapan karbon dan memperkaya keanekaragaman habitat mikro yang mendukung peningkatan kesehatan ekosistem.

Pengaturan pola tanam juga penting. Penanaman dalam barisan rapat, pola mozaik, atau *cluster* harus mempertimbangkan intensitas cahaya, kebutuhan ruang tumbuh, dan arah angin agar efisiensi fotosintesis tetap maksimal. Selain itu, disarankan penggunaan tanaman endemik atau lokal karena tanaman jenis ini lebih tahan terhadap kondisi lingkungan setempat, memiliki siklus hidup yang stabil, dan memerlukan sedikit intervensi dalam hal perawatan, sehingga meningkatkan efisiensi karbon netto (bersih).

Rekayasa Lanskap dan Integrasi Sistem Karbon Tanah

Penyerapan karbon tidak hanya terjadi pada bagian atas tanah (biomassa atas), tetapi juga di bawah permukaan melalui penyimpanan karbon organik tanah (*soil organic carbon*). Untuk itu, pembangunan RTH harus melibatkan rekayasa tanah untuk memperkaya bahan organik. Penambahan biochar, misalnya, telah terbukti meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan karbon, sekaligus memperbaiki struktur dan porositas tanah. Selain itu, sistem akar yang dalam dan menyebar turut membantu proses karbonisasi bawah tanah dan memperkuat struktur agregat tanah.

Kehadiran mikoriza juga berkontribusi penting dalam mempercepat dekomposisi bahan organik dan mengubahnya menjadi bentuk karbon stabil di dalam tanah. Oleh karena itu, dalam desain dan implementasi RTH, penting untuk menghindari penggunaan pestisida kimia yang mematikan biota tanah dan justru menurunkan kapasitas tanah sebagai penyimpan karbon. Penerapan prinsip-prinsip agroekologi dan *regenerative landscaping* sangat relevan dalam konteks ini.

Pemetaan Zona dan Integrasi Tata Ruang

Dalam lanskap industri, pembangunan RTH harus mengikuti pendekatan spasial yang terencana dan terukur. Zona dengan tingkat emisi tinggi, seperti sekitar cerobong pabrik, area transportasi logistik, atau ruang produksi terbuka, harus menjadi prioritas penanaman vegetasi berkanopi besar sebagai penangkap karbon dan filter udara. Sementara itu, lahan-lahan marginal, bekas lahan terkontaminasi, atau buffer zone dapat difungsikan sebagai carbon reservoir melalui teknik rehabilitasi berbasis vegetasi dan rekayasa tanah.

Konektivitas antara zona RTH juga perlu diperhatikan. RTH yang saling terisolasi akan kurang efektif dalam menjalankan fungsi ekosistem dibandingkan sistem yang terhubung melalui koridor hijau. Sistem ini tidak hanya mendukung pergerakan fauna dan pertukaran genetik tumbuhan, tetapi juga membentuk jaringan lanskap karbon yang memperluas area penyerapan CO² dalam satu kesatuan ekoregion industri.

Pemantauan dan Evaluasi

Langkah penting yang sering dilupakan dalam pengembangan RTH adalah monitoring dan verifikasi penyerapan karbon secara berkala. Metode pengukuran seperti *allometric biomass estimation* dan *remote sensing* dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan biomassa dan estimasi simpanan karbon di kawasan RTH. Data ini tidak hanya penting untuk evaluasi kinerja lingkungan industri, tetapi juga sebagai basis pelaporan emisi dan sertifikasi karbon, termasuk kemungkinan untuk mengikuti skema perdagangan karbon sukarela atau nasional.

Pemantauan ini juga menjadi landasan dalam menentukan netto emisi karbon kawasan industri, di mana kontribusi RTH dapat dikalkulasi dan dibandingkan dengan total emisi operasional industri. Dengan pendekatan ini, RTH bukan sekadar elemen hijau, tetapi menjadi komponen aktif dalam perhitungan dan manajemen jejak karbon.

Pemilihan Jenis

Jenis tumbuhan yang cocok digunakan dalam merancang Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk fungsi penyerapan karbon, terutama dalam lanskap industri, berdasarkan potensi akumulasi biomassa, usia yang panjang, struktur kanopi, dan daya adaptasi terhadap lingkungan industri diantaranya:



Trembesi (*Samanea saman*)

Tajuk sangat lebar, daun majemuk, dan cepat tumbuh. Akar menyebar luas, toleran terhadap kekeringan, cocok sebagai tulang punggung RTH carbon-sink.



Mahoni (*Swietenia macrophylla*)

Pohon kayu keras, tinggi dapat mencapai 30-40 m, daun kecil dengan biomassa tinggi, nilai karbonisasi kayu besar, umur panjang, cocok untuk lahan kering dan semi-lembab.



Angsana (*Pterocarpus indicus*)

Cepat tumbuh, memiliki batang tegak besar dan tajuk sedang, daun lebat, tinggi 20–35 m. Tahan polusi, sangat baik untuk penyerap CO² dan peredam panas di kawasan industri.



Jati (*Tectona grandis*)

Pohon kayu keras dengan umur panjang (>80 tahun), tinggi 30 m. Kayu berkepadatan tinggi kandungan karbon tinggi, cocok untuk rehabilitasi kawasan industri kering.



Beringin (*Ficus benamina*)

Tajuk lebar, berakar gantung, tinggi hingga 15 m. Adaptif, menyerap polutan, dan aktif dalam fotosintesis sepanjang tahun.



Cemara laut (*Casuarina equisetifolia*)

Jarum mirip pinus, mampu tumbuh di lahan pasir dan miskin hara. Cepat tumbuh, toleran salinitas dan polusi, berfungsi baik untuk penyerapan karbon dan pelindung pantai industri.

Penjelasan istilah-istilah penting

- » **Iklim Mikro:** Kondisi iklim lokal dalam area kecil, bisa berbeda dari iklim wilayah sekitarnya karena pengaruh tutupan vegetasi, bangunan, atau topografi.
- » **Evapotranspirasi:** Gabungan dari dua proses yaitu evaporasi (penguapan air dari tanah dan permukaan) dan transpirasi (pengeluaran uap air dari tumbuhan melalui stomata daun).
- » **Soil Carbon Sequestration:** Proses penyimpanan karbon organik dalam tanah melalui sisa tanaman, akar, dan mikroorganisme.
- » **Dekomposisi:** Penguraian bahan organik seperti daun, ranting, atau organisme mati oleh mikroba dan organisme tanah menjadi unsur-unsur yang lebih sederhana dan bermanfaat bagi tanah.
- » **Nature-based Solutions:** Pendekatan konservasi dan pengelolaan lingkungan yang menggunakan proses dan elemen alami untuk mengatasi masalah lingkungan dan perubahan iklim.
- » **Stratifikasi Vertikal:** Susunan lapisan vegetasi secara vertikal, seperti lantai hutan (understory), lapisan semak, kanopi pohon, hingga lapisan emergen.

RTH Pereduksi Polutan

Konsep dasar pembangunan RTH pereduksi polutan adalah pemanfaatan kemampuan alami tanaman dalam menyerap (absorpsi) polutan melalui stomata. Secara ekologis, vegetasi RTH, baik pohon besar, perdu, hingga semak dan tumbuhan penutup tanah dapat menyerap dan menetralkan polutan udara melalui stomata daun yang mampu menyerap gas-gas berbahaya, sehingga mengurangi konsentrasi gas tersebut di udara sekitar kawasan industri.

RTH dengan struktur vegetasi bertingkat (*multi-strata*) mampu menciptakan zona penyaringan vertikal yang menangkap polutan secara bertahap dari lapisan udara atas hingga permukaan tanah. Ini sangat penting di area yang berdekatan dengan sumber emisi tinggi seperti cerobong asap, jalur distribusi logistik, dan unit pembakaran limbah.

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peran strategis sebagai agen pereduksi berbagai jenis polutan (Kumar et al., 2024), menjadikannya salah satu komponen penting dalam tata kelola lanskap yang berkelanjutan. RTH bekerja secara aktif maupun pasif dalam mengurangi konsentrasi polutan melalui serangkaian mekanisme biofisik seperti kemampuan absorpsi pada tumbuhan. Polutan yang umum dihasilkan oleh aktivitas industri seperti NO_x, SO₂, CO yang terakumulasi di udara.

Pembangunan RTH untuk Reduksi Polutan

Perencanaan dan pembangunan RTH di kawasan industri yang ditujukan untuk mereduksi polutan harus berlandaskan pada prinsip ekologi fungsional dan pengelolaan lanskap berlapis (*multi-strata*) yang memaksimalkan interaksi antara vegetasi dan atmosfer. Tujuan utamanya bukan sekadar menghadirkan elemen hijau, tetapi menciptakan sistem biologis aktif yang mampu menyaring, menyerap, dan menetralkan senyawa polutan udara melalui proses biologis dan fisik tanaman.

Konsep vegetasi bertingkat (*multi-strata*) menjadi pendekatan strategis dalam pembangunan RTH pereduksi polutan. Sistem ini mencakup penggunaan pohon tinggi sebagai kanopi atas, semak dan perdu sebagai lapisan tengah, serta tanaman penutup tanah atau rumput pada lapisan bawah. Tiap lapisan memiliki fungsi ekologis spesifik dalam menangkap polutan dari berbagai ketinggian, menciptakan zona penyangkangan vertikal dari atas ke bawah. Pohon tinggi (≥ 15 m) bertugas menangkap gas dan partikulat dari ketinggian sumber polusi seperti cerobong asap. Semak dan perdu menyaring polutan pada ketinggian manusia dan kendaraan operasional industri sedangkan tanaman penutup tanah berperan dalam menangkap debu yang mendekati permukaan tanah dan mencegah remobilisasi partikulat oleh angin.

Penanaman sebaiknya memperhatikan arah angin dominan dan jarak terhadap sumber emisi. RTH dapat difungsikan sebagai *buffer zone* atau *green barrier*, ditempatkan di antara sumber polusi (misalnya unit pembakaran, jalur kendaraan berat, cerobong) dan zona aktivitas manusia, seperti area administrasi, kantor, dan parkir.

Desain dan Konfigurasi Spasial

Secara spasial, desain RTH untuk pengendalian polutan udara harus mempertimbangkan konfigurasi vegetasi dan pola pengaturan barisan tanaman yang efektif untuk menangkap polusi (Kumar et al., 2025). Pola tanam zigzag, barisan berlapis-lapis, serta sistem tanaman massa (*mass planting*) terbukti lebih baik dalam menghambat laju aliran udara tercemar dibanding pola tunggal atau tanaman terpisah.





Penggunaan pagar hidup dan vegetasi penghalang dengan tinggi dan kepadatan bervariasi juga penting dalam mengalihkan atau memperlambat pergerakan angin pembawa polutan, sehingga memberi lebih banyak waktu bagi polutan untuk tertangkap oleh vegetasi. Dalam lanskap industri besar, pengaturan RTH dapat dibagi dalam beberapa zona fungsi yaitu zona penyangga intensif (*intensive green buffer*) di sekitar titik emisi tinggi, zona intervensi vegetatif ringan di area terbuka, serta koridor ekologis yang menghubungkan *patch* vegetasi untuk mendukung sirkulasi udara bersih.

Pemeliharaan Tanaman

RTH sebagai sistem biologis aktif memerlukan pemeliharaan berkelanjutan agar tetap optimal dalam menyaring polusi. Ini meliputi pemangkasan berkala untuk mengoptimalkan pertumbuhan daun muda (yang lebih aktif secara fisiologis), pengendalian hama yang tidak merusak fungsi ekologis, serta manajemen tanah agar tidak terjadi akumulasi toksin pada media tumbuh. Penambahan mikroorganisme tanah (seperti mikoriza dan bakteri pelarut logam berat) juga menjadi pendekatan bioaugmentasi dalam meningkatkan kapasitas penyerapan polutan dari akar.

Pemilihan Jenis

Daftar jenis tumbuhan yang cocok digunakan dalam rancang bangun ruang terbuka hijau (RTH) untuk pereduksi polutan, khususnya di kawasan industri yang diketahui memiliki kemampuan biofilter tinggi terhadap berbagai jenis polutan udara antara lain:

-  Beringin (*Ficus benjamina*)
 Daun lebat, mengkilap, dan agak tebal; efektif menyerap polutan; toleran terhadap pencemaran udara berat. Memiliki sistem akar yang luas dan tajuk rapat yang mampu menangkap partikel debu dengan efisien.
-  Pule (*Alstonia scholaris*)
 Daun lebar, bertekstur kasar; tahan terhadap polusi udara dan panas. Mampu menyerap sulfur dioksida dan berperan juga dalam mengurangi kebisingan.
-  Ketapang (*Terminalia catappa*)
 Daun besar dan lebar, mudah gugur; dapat mengikat debu dan menyerap gas polutan. Membantu mereduksi panas dan menangkap partikel dari udara permukaan.
-  Kembang sepatu (*Hibiscus rosasinensis*)
 Daun lebar dan kasar, bunga besar mencolok. Efektif menangkap polutan pada lapisan strata bawah (≤ 2 m).

Penjelasan istilah-istilah penting:

- » **Polutan:** Zat atau bahan berbahaya yang mencemari udara, air, atau tanah dan dapat merusak kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.
- » **Stomata:** Pori-pori kecil di permukaan daun yang berfungsi untuk pertukaran gas (seperti oksigen dan karbon dioksida) dan penguapan air dari tumbuhan.
- » **Kanopi:** Bagian atas dari pohon atau kumpulan tajuk pohon yang membentuk lapisan penutup seperti payung di atas tanah.
- » **Buffer Zone atau Green Barrier:** Area penyangga berupa tanaman atau vegetasi yang ditanam untuk melindungi suatu wilayah dari dampak negatif aktivitas di sekitarnya.
- » **Sistem Tanaman Massa (*mass planting*):** Penanaman satu jenis tumbuhan dalam jumlah besar di suatu area untuk menciptakan tampilan visual yang kuat dan mempermudah pemeliharaan.
- » **Patch Vegetasi:** Area kecil atau petak vegetasi yang berbeda dari lingkungan sekitarnya. Misalnya, sepetak semak belukar di tengah padang rumput.
- » **Toksin:** Zat beracun yang bisa dihasilkan oleh polusi, mikroorganisme, atau tumbuhan tertentu dan berbahaya bagi makhluk hidup.
- » **Mikoriza:** Jamur baik yang hidup di akar tumbuhan dan membantu penyerapan air dan nutrisi dari tanah, serta meningkatkan daya tahan tanaman.

RTH Penjerab Debu

Dalam konteks lanskap industri yang sering kali diwarnai oleh tingginya emisi partikulat halus dan debu, Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting sebagai penjerap debu alami yang sangat efektif (Wroblewska dan Jeong, 2021). Aktivitas industri seperti pembakaran bahan bakar, pengolahan material mentah, hingga mobilitas kendaraan berat, umumnya menghasilkan partikulat yang dapat menimbulkan dampak serius bagi kesehatan manusia dan ekosistem. RTH bertindak sebagai penghalang biologis yang mampu menjebak, mengendapkan, dan mengurangi konsentrasi partikel ini di udara melalui permukaan vegetasi, khususnya daun (Kończak, et al., 2021).

Proses penjerapan debu oleh vegetasi terjadi melalui mekanisme fisik di mana partikel padat yang melayang bebas di udara akan menempel pada permukaan daun yang kasar, berbulu, atau berminyak. Spesies tanaman tertentu memiliki morfologi daun yang sangat adaptif untuk fungsi ini, seperti permukaan daun bertekstur kasar, kutikula tebal, serta orientasi daun yang memungkinkan pengendapan debu secara efisien. Selain itu, vegetasi dengan struktur tajuk rapat dan padat secara signifikan meningkatkan lebar permukaan tangkapan debu yang berhubungan dengan kemampuan suatu area vegetasi untuk menjebak partikel. Semakin besar lebar permukaan vegetasi, semakin besar pula kapasitas penjerapan debu dari atmosfer.

Vegetasi juga berkontribusi dalam menstabilkan kembali partikel yang telah mengendap, mencegah remobilisasi debu oleh hembusan angin atau aktivitas permukaan tanah. Hal ini menjadikan RTH sebagai bagian dari sistem pengendalian polusi berbasis ekosistem yang bersifat pasif, berkelanjutan, dan rendah biaya operasional. Oleh karena itu, pembangunan RTH dengan fokus pada fungsi penjerapan debu sangat direkomendasikan sebagai strategi mitigasi pencemaran di kawasan industri, sekaligus sebagai komponen penting dalam pemulihan kualitas udara dan penciptaan lanskap kerja yang sehat dan produktif.

Pembangunan RTH untuk fungsi penjerap debu

Prinsip dasar pembangunan RTH sebagai penjerap debu atau partikel halus adalah menciptakan sistem vegetasi yang secara morfologis, fisiologis, dan struktural mampu menangkap, mengendapkan, serta menstabilkan partikel udara yang berasal dari aktivitas industri. Untuk mencapai efektivitas maksimal, rancangan RTH tidak sekadar menanam tanaman secara acak, melainkan harus mengikuti prinsip-prinsip ekologi lanskap, efisiensi biofisik, dan adaptasi lingkungan setempat.

Salah satu konsep utama yang harus diterapkan adalah stratifikasi vegetasi atau penataan tanaman dalam beberapa lapisan vertikal, yaitu kanopi atas (pohon tinggi), kanopi tengah (perdu atau pohon kecil), dan lapisan dasar (semak, rumput, dan penutup tanah). Konsep ini memungkinkan peningkatan total luas permukaan daun yang merupakan indikator kemampuan suatu RTH untuk menjebak debu dan partikulat. Prinsip lain adalah pemilihan jenis vegetasi dengan karakteristik daun yang sesuai. Tanaman dengan permukaan daun kasar, berbulu, berlilin, atau berminyak sangat efektif dalam menjebak partikel-partikel halus.

Penataan spasial RTH juga krusial. RTH hendaknya dirancang dengan memperhatikan arah dominan angin dan pola pergerakan udara di kawasan industri. Misalnya, pembangunan *green barrier* di sisi luar atau di antara area sumber emisi dan kawasan sensitif (seperti perumahan atau kantor) dapat berfungsi sebagai penghalang alami yang memperlambat laju angin dan memaksa debu mengendap pada vegetasi sebelum mencapai area yang dilindungi. Penanaman barisan pohon secara berjajar dengan pola zigzag atau berlapis-lapis lebih efektif dalam menjebak polutan daripada satu baris pohon tunggal.

Prinsip desain mikroklimat juga perlu diterapkan. Vegetasi yang ditanam harus menciptakan zona penurunan suhu mikro yang membantu menstabilkan partikel di udara dan menurunkan kecepatan angin, dua faktor yang sangat mempengaruhi kemampuan udara membawa dan menyebarkan polutan partikulat. Dalam hal ini, pohon dengan tajuk lebat, batang bercabang rendah, dan pertumbuhan padat sangat membantu menciptakan penghalang fisik dan termal terhadap distribusi partikel.

Pemeliharaan RTH untuk fungsi penjerap debu

Di samping struktur dan spesies vegetasi, perhatian juga perlu diberikan pada pengelolaan pasca-tanam, termasuk pemangkasan, pembersihan daun secara berkala, dan pemeliharaan lapisan bawah vegetasi. Debu yang tertahan pada daun secara berlebihan dapat menghambat fotosintesis dan merusak kesehatan tanaman, sehingga manajemen vegetasi secara rutin juga menjadi bagian integral dalam menjaga efektivitas fungsi penjerap partikel.

Dalam kerangka yang lebih besar, pembangunan RTH untuk penjerapan debu harus dipadukan dengan pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based approach*) yang tidak hanya mempertimbangkan manfaat ekologis, tetapi juga aspek sosial dan estetika. Misalnya, RTH dapat dirancang sebagai taman industri atau koridor hijau yang juga menyediakan ruang rekreasi dan penyejuk visual bagi pekerja pabrik, sekaligus memperkuat citra keberlanjutan industri.

Secara keseluruhan, pembangunan RTH untuk fungsi penjerapan debu bukan hanya soal penghijauan, tetapi merupakan intervensi strategis berbasis ilmu pengetahuan, yang memadukan botani terapan, rekayasa ekosistem, ilmu tanah dan udara, serta perencanaan lanskap industri. Dengan menerapkan prinsip-prinsip tersebut secara komprehensif, RTH dapat menjadi instrumen vital dalam menurunkan beban polusi partikulat udara dan meningkatkan kualitas lingkungan di kawasan industri.

Pemilihan Jenis

Daftar jenis tumbuhan yang direkomendasikan untuk digunakan dalam perancangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berfungsi sebagai penjerap debu dan partikel halus di lingkungan industri berdasarkan karakteristik morfologi tanaman yang mendukung efektivitas penjerapan debu, seperti permukaan daun kasar, berbulu, berlilin, dan kepadatan tajuk adalah sebagai berikut:



Mimba (*Azadirachta indica*)

Daun majemuk, kasar, tajuk terbuka. Daunnya sangat efektif menangkap debu dan tahan kekeringan, cocok untuk lingkungan industri tropis kering.



Flamboyan (*Delonix regia*)

Daun majemuk dan sangat banyak, tajuk lebar. Menjebak debu dengan efisiensi tinggi di kanopi atas. Visual menarik, menciptakan teduhan luas.



Ketapang (*Terminalia catappa*)

Daun lebar, bertingkat, struktur kaku. Menangkap debu kasar dan menciptakan zona redaman angin. Cocok untuk buffer zone kawasan industri.



Mahoni (*Swietenia macrophylla*)

Daun majemuk besar, permukaan kasar, tajuk tinggi. Menangkap debu dan polutan dalam area dengan lalu lintas tinggi.



Pulai (*Alstonia scholaris*)

Daun lebar, berlapis dalam pola roset, batang lurus tinggi. Menyaring debu vertikal dari ketinggian menengah hingga tinggi. Jenis tumbuhan adaptif.



Angsana (*Pterocarpus indicus*)

Daun majemuk, tajuk membulat dan lebar. Efektif dalam menjebak debu dan juga meredam suara. Berbunga indah, ideal untuk RTH estetis.

RTH Pengurang Kebisingan

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki fungsi penting sebagai pengurang kebisingan (*noise buffer*) di kawasan industri yang kerap kali menjadi sumber polusi suara akibat aktivitas mesin berat, kendaraan operasional, serta proses manufaktur. Vegetasi dalam RTH, terutama pohon dan semak, berperan sebagai penghalang fisik sekaligus penyerap energi akustik yang merambat melalui udara. Tanaman mampu memecah, menyerap, dan memantulkan gelombang suara sehingga mengurangi intensitas kebisingan yang mencapai area di sekitarnya. Karakteristik daun, batang, dan kanopi yang rapat menjadi elemen penting dalam meredam frekuensi suara.

Pohon berdaun lebat dengan tajuk besar dan semak yang tumbuh rapat membentuk penghalang yang dapat meredam suara hingga jarak tertentu. Selain itu, keberadaan lapisan tanah, rumput, dan dedaunan kering pada permukaan tanah juga membantu menyerap getaran suara dibandingkan dengan permukaan keras seperti aspal atau beton. Dengan fungsi ini, RTH tidak hanya meningkatkan kenyamanan akustik bagi pekerja dan masyarakat sekitar, tetapi juga berkontribusi dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih sehat secara psikologis dan fisiologis.

Pemanfaatan RTH sebagai peredam kebisingan juga mendukung pendekatan *green infrastructure* yang bersifat pasif, berkelanjutan, dan ekonomis dibandingkan dengan solusi teknis seperti dinding penghalang suara dari beton. Keberadaan vegetasi juga menambah nilai estetika dan ekosistem penunjang lain seperti pengendalian suhu mikro, penyaringan udara, dan habitat keanekaragaman hayati. Dengan demikian, integrasi desain lanskap RTH sebagai zona penyangga akustik di kawasan industri merupakan strategi multifungsi yang efektif dalam mengurangi dampak negatif kebisingan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Prinsip Dasar Reduksi Kebisingan melalui Vegetasi

Prinsip kerja vegetasi dalam mengurangi kebisingan didasarkan pada interaksi fisik dan biologis antara gelombang suara dan elemen tanaman. Vegetasi bekerja sebagai penghalang akustik alami melalui tiga mekanisme utama, yaitu absorpsi suara, refleksi dan pembiasan gelombang suara, serta intersepsi dan disintegrasi energi suara oleh massa vegetasi. Daun, cabang, batang, dan lapisan tanah berperan sebagai permukaan penyerap dan pemecah gelombang suara. Dalam prinsip akustik lingkungan, vegetasi berfungsi seperti bantalan suara alami yang menyerap sebagian energi suara dan menyebarkan sisanya ke berbagai arah, sehingga mengurangi tekanan akustik yang dirasakan oleh penerima di sisi lainnya.

Secara teoritis, efisiensi RTH dalam meredam kebisingan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jarak sumber ke penerima, lebar dan kepadatan vegetasi, serta karakteristik struktural tanaman. Selain itu, vegetasi juga mengurangi efek refleksi suara dari permukaan keras (*hard surfaces*) dan membantu menciptakan zona transisi yang memperkecil efek pantulan suara di kawasan industri. Menurut Cohen et al., (2014) taman kota dapat mengurangi kebisingan hingga ~5 dB.

Membangun RTH Pereduksi Kebisingan

Perencanaan RTH untuk pengurangan kebisingan perlu memperhatikan prinsip *buffer zoning*, yaitu menciptakan sabuk vegetatif antara sumber kebisingan dan zona sensitif seperti perumahan, perkantoran, atau fasilitas umum. Tumbuhan disusun dengan prinsip berlapis, yaitu lapisan perdu di bagian bawah untuk mereduksi kebisingan dekat tanah, pohon berkanopi padat di bagian atas untuk menangkap suara yang merambat pada ketinggian, dan tanaman pagar vegetatif di sisi luar untuk menyerap suara pantul. Prinsip ini sering disebut sebagai *green acoustic barrier*, yang secara ekologis dan visual lebih adaptif dibanding dinding beton.

Efektivitas vegetasi sebagai penyerap kebisingan sangat dipengaruhi oleh morfologi tanaman. Tanaman dengan daun kecil, kasar, atau berbulu lebih efisien dalam menyerap suara dibanding daun lebar yang licin. Semak yang tumbuh rapat mampu meredam suara yang merambat di dekat permukaan tanah. Sementara pohon dengan tajuk padat dan cabang menyebar horizontal bekerja baik sebagai penghalang akustik vertikal. Selain itu, tanaman *evergreen* (hijau sepanjang tahun) dipilih agar fungsinya berlangsung konsisten sepanjang musim.

Fungsi peredam kebisingan akan optimal jika RTH dirancang dengan mempertimbangkan kondisi topografi. Lahan bergelombang atau dibuat tanggul vegetatif (berupa gundukan tanah ditanami vegetasi) dapat memperbesar efisiensi penghalang suara karena terjadi efek elevasi akustik. Infrastruktur pendukung seperti jalur inspeksi harus tetap tersedia untuk memastikan vegetasi tumbuh optimal tanpa mengganggu fungsi RTH sebagai zona buffer.

Pemilihan Jenis

Daftar jenis tumbuhan untuk perancangan RTH peredam kebisingan di kawasan industri antara lain:



Beringin (*Ficus benjamina*)

Daun kecil dan padat, tajuk membulat dan rimbun, toleran terhadap pencemaran. Tajuk tebal mampu memblokir suara secara menyeluruh. Sangat baik ditanam secara berderet.



Johar (*Cassia siamea*)

Tajuk cukup lebat, daun majemuk kecil, pohon cepat tumbuh, toleran terhadap polusi udara dan tanah marginal. Tajuk berlapis dan daun kecil menyerap suara dan meredam gelombang dari kendaraan dan peralatan industri.



Juwet (*Syzygium cumini*)

Daun mengkilap dan tebal, tajuk padat, hijau sepanjang tahun. Daya redam suara baik berkat permukaan daun yang padat dan pohon yang tahan terhadap tekanan lingkungan industri.



Mimba (*Azadirachta indica*)

Daun kecil, rimbun, tahan kering dan pencemaran, berfungsi juga sebagai pohon obat. Efektif untuk industri kering atau semi-arid; daun kecil menangkap suara dan debu sekaligus.

Penjelasan Istilah-istilah Penting:

- » **Absorpsi Suara:** Proses penyerapan gelombang suara oleh suatu permukaan atau material sehingga tidak dipantulkan kembali ke lingkungan. Contoh: daun dan tanah menyerap suara kendaraan.
- » **Refleksi Gelombang Suara:** Pemantulan suara saat mengenai permukaan keras.
- » **Pembiasan Gelombang Suara:** Perubahan arah suara saat melewati medium berbeda. Ini memengaruhi sebaran dan intensitas suara.
- » **Intersepsi Energi Suara:** Penghentian langsung gelombang suara oleh objek (seperti dedaunan).
- » **Disintegrasi Energi Suara:** Pelemahan suara akibat gangguan struktur, seperti melalui vegetasi rapat.
- » **Massa Vegetasi:** Kerapatan dan volume tumbuhan dalam suatu area yang dapat memengaruhi penyerapan, intersepsi, dan reduksi suara serta polusi lainnya.
- » **Green Acoustic Barrier:** Penghalang suara alami berupa vegetasi (pohon, semak) yang dirancang untuk mengurangi kebisingan dari sumber tertentu secara ekologis.
- » **Tanaman Evergreen:** Tanaman yang tidak menggugurkan daunnya sepanjang tahun, sehingga efektif sebagai peredam suara dan peneduh sepanjang musim.
- » **Buffer Zoning:** Zona perantara antara dua area dengan fungsi berbeda (misalnya kawasan industri dan permukiman) yang biasanya diisi dengan vegetasi untuk mengurangi dampak negatif seperti kebisingan atau polusi.
- » **Sempadan Utilitas:** Area yang disediakan di sekitar jaringan infrastruktur (seperti kabel listrik, saluran air) untuk pemeliharaan dan perlindungan, umumnya tidak dibangun secara permanen.
- » **Desain Modular:** Konsep desain yang menggunakan satuan atau modul standar yang dapat disusun ulang atau diperluas secara fleksibel, memudahkan pembangunan dan pemeliharaan.

RTH Fungsi Rekreasi (Sosial)

Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam perspektif sosial juga memainkan peran yang tak kalah penting sebagai ruang rekreasi dan pemulihan psikologis bagi pekerja dan masyarakat yang berinteraksi dengan kawasan industri. Dalam lingkungan industri yang cenderung padat, bising, dan memiliki tingkat stres kerja yang tinggi, RTH dengan fungsi rekreatif menjadi elemen vital dalam mendukung produktivitas kerja, kualitas hidup secara umum, termasuk kesehatan mental (Wang et al., 2019).

Secara teoritis, fungsi rekreasi dari RTH berkaitan erat dengan konsep *restorative environment*, yaitu lingkungan alami atau semi-alami yang memiliki kapasitas untuk memulihkan kelelahan kognitif dan tekanan psikologis. Teori ini banyak dijelaskan dalam kajian *environmental psychology*, yang menyatakan bahwa kontak langsung dengan elemen-elemen alami seperti vegetasi, cahaya matahari, suara burung, dan aroma tanah dapat merangsang proses pemulihan emosi dan menurunkan hormon stres. Dalam konteks kawasan industri, pekerja yang memiliki akses terhadap RTH rekreatif dapat mengalami peningkatan konsentrasi, motivasi kerja, dan kebugaran fisik, sehingga mendukung efisiensi operasional secara tidak langsung.

Fungsi rekreasi dari RTH juga memiliki dimensi sosial yang berkontribusi pada pembentukan kohesi komunitas. Interaksi antar pekerja lintas departemen, pertemuan informal, bahkan kegiatan perusahaan berbasis alam (seperti senam pagi, *employee gathering*, atau *program Corporate Social Responsibility* bertema hijau) sering kali terjadi secara alami di RTH yang nyaman dan layak fungsi. Dalam konteks ini, RTH berperan sebagai “ruang bersama” yang memperkuat jaringan sosial di dalam organisasi sekaligus menumbuhkan rasa memiliki terhadap lingkungan kerja. Kehadiran RTH juga dapat memperbaiki persepsi masyarakat luar terhadap kawasan industri, terutama jika RTH dirancang semi terbuka dan ramah publik.

Membangun RTH Rekreasi







Dari segi perencanaan lanskap, fungsi rekreasi dari RTH harus dipertimbangkan secara sistematis dalam desain spasialnya. Jalur pedestrian yang rindang, taman dengan zona tenang, ruang duduk ergonomis, taman tematik (seperti taman aroma, taman bunga, atau taman edukasi), hingga kolam reflektif merupakan elemen-elemen desain yang dapat mendorong aktivitas rekreasi pasif. Sementara itu, area yang memungkinkan kegiatan rekreasi aktif seperti jalur jogging, ruang yoga, atau lapangan kecil multifungsi juga dapat disediakan tergantung luas dan karakter kawasan. Prinsip desain universal juga penting diterapkan agar RTH dapat diakses oleh seluruh lapisan pengguna, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik.

Dari sisi kebijakan, penyediaan RTH rekreatif di kawasan industri juga berkorelasi positif dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dan tanggung jawab sosial perusahaan. Dalam dokumen-dokumen standar *green industry* atau kawasan industri hijau, aspek kesejahteraan pekerja dan pengelolaan lanskap menjadi salah satu indikator penting. Artinya, investasi dalam RTH yang memenuhi fungsi rekreasi tidak hanya memberikan keuntungan sosial, tetapi juga memperkuat posisi perusahaan dalam rantai nilai berkelanjutan dan memperluas peluang insentif regulasi atau reputasi.

Tantangan utama dalam penerapan fungsi rekreasi RTH di kawasan industri adalah keterbatasan ruang, polusi lingkungan yang masih tinggi, serta pemahaman manajemen yang belum menjadikan ruang hijau sebagai aset strategis. Oleh karena itu, pendekatan desain kreatif dan integratif sangat diperlukan. Penggunaan vegetasi tahan polusi, desain *modular*, dan pemanfaatan ruang sisa (seperti lahan *buffer*, atap gedung, atau sempadan utilitas) dapat menjadi strategi untuk tetap menghadirkan fungsi rekreasi meskipun dalam keterbatasan. Partisipasi pekerja dalam merancang dan memelihara RTH juga bisa menjadi bagian dari *employee engagement* sekaligus strategi pemeliharaan berkelanjutan.

Pemilihan Jenis

Berikut jenis pohon yang cocok untuk merancang RTH fungsi rekreasi lingkungan industri dengan pertimbangan estetika, keamanan, serta kemampuan menciptakan kenyamanan iklim mikro dan kesan alami:

-  Trembesi (*Albizia saman*)
 Tajuk lebar menyerupai payung, memberikan keteduhan sangat luas. Cocok untuk area duduk, taman terbuka, dan jalur pedestrian. Akarnya kuat dan dalam, namun perlu ruang besar. Peneduh yang sangat baik, mampu menyerap karbon tinggi, cocok untuk menciptakan nuansa rindang dan tenang.
-  Tabebuia (*Tabebuia rosea*)
 Berbunga mencolok dengan warna kuning, merah muda, atau ungu, menyerupai bunga sakura, memberi efek visual musiman. Menarik secara estetika, memberikan suasana rekreasi yang indah dan fotogenik, cocok untuk taman tematik.
-  Ketapang Kencana (*Terminalia mantaly*)
 Tajuk berlapis horizontal, memberikan bayangan yang unik dan estetik. Daun kecil rimbun dan tidak mudah rontok. Elegan, cocok untuk ruang duduk semi terbuka dan jalur rekreatif, serta tidak mengganggu struktur bawah tanah.
-  Bungur (*Lagerstroemia speciosa*)
 Berbunga mencolok dengan warna ungu atau merah muda. Tajuk bulat hingga membulat melebar, tinggi sedang. Elemen visual yang kuat untuk taman estetika, cocok untuk zona transisi dari area kerja ke area rekreasi.
-  Glodokan Tiang (*Polyalthia longifolia*)
 Bentuk tegak dan ramping, cocok untuk penanaman barisan. Tidak banyak daun rontok, rapi dan mudah dirawat. Cocok untuk menyusun lorong visual rekreatif, sebagai pembatas alami atau framing jalan masuk taman.
-  Kersen (*Muntingia calabura*)
 Tajuk rendah, daun rimbun, menghasilkan buah kecil yang disukai burung. Pertumbuhan cepat dan adaptif. Cocok untuk taman rekreasi keluarga atau ruang hijau aktif, menyediakan interaksi alam seperti mengundang satwa.





3

Memahami Kawasan RTH Berdasarkan Bentuknya

Dalam lanskap industri yang kompleks, di mana tekanan antropogenik dan kondisi lingkungan cenderung ekstrem, desain bentuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) bukan sekadar pertimbangan estetika, melainkan strategi fungsional yang krusial. Pemilihan bentuk padu (kompak) atau linier (koridor) akan berpengaruh langsung pada efektivitas RTH dalam mitigasi risiko, peningkatan biodiversitas, dan penyediaan layanan ekosistem. Masing-masing memiliki karakteristik, prinsip desain, dan fungsi ekologis yang berbeda, sehingga perlu dipertimbangkan secara strategis. Pendekatan optimal adalah mengintegrasikan keduanya dalam sistem jaringan hijau yang saling melengkapi, RTH padu sebagai inti konservasi yang mendukung keanekaragaman hayati, dan RTH *linier* sebagai koridor ekologis yang memperkuat konektivitas habitat, mendukung aliran air, menyaring polutan, serta menyediakan jalur pergerakan satwa. Kombinasi ini menciptakan lanskap industri yang lebih resilien, multifungsi, dan berkelanjutan.

RTH Padu atau Kompak

RTH berbentuk padu atau kompak merujuk pada area hijau yang relatif besar dan terintegrasi dalam satu kesatuan, menyerupai blok atau pulau hijau di tengah perkotaan atau industri. Bentuk ini menawarkan keunggulan signifikan dalam mendukung biodiversitas dan stabilitas ekosistem. Salah satu prinsip ekologi lanskap yang relevan di sini adalah teori pulau biogeografi, yang menyatakan bahwa ukuran dan isolasi suatu habitat mempengaruhi jumlah spesies yang dapat didukungnya. Dalam konteks ini, RTH padu yang lebih luas cenderung memiliki efek tepi (*edge effect*) yang lebih rendah dibandingkan dengan RTH *linier*. Efek tepi mengacu pada perubahan kondisi lingkungan dan komposisi spesies di perbatasan antara dua ekosistem (misalnya, antara area hijau dan area terbangun). Di RTH padu, proporsi area inti (*core area*) yang tidak terpengaruh oleh gangguan tepi menjadi lebih besar, menyediakan habitat yang lebih stabil dan aman bagi biodiversitas yang membutuhkan kondisi interior yang spesifik dan terlindungi.

Dari sisi fungsional, RTH padu sangat efektif sebagai penyerap polutan udara dan kebisingan. *Massa* vegetasi yang besar dapat secara signifikan mengurangi penyebaran partikulat dan gas berbahaya, serta meredam gelombang suara yang berasal dari operasional industri. Kapasitas retensi air hujan juga meningkat secara substansial pada RTH padu karena luasan permukaan yang lebih besar untuk infiltrasi dan evapotranspirasi, berkontribusi pada mitigasi banjir dan pengelolaan air permukaan. Selain itu, RTH padu dapat berfungsi sebagai area konservasi eksitu yang vital untuk spesies lokal dalam lanskap industri. Dalam konteks sosial, area padu lebih mampu menyediakan ruang rekreasi dan relaksasi, serta menawarkan pengalaman alam yang lebih mendalam.

Namun, tantangan dalam perancangan RTH padu di lanskap industri terletak pada ketersediaan lahan. Area industri seringkali memiliki keterbatasan lahan, dan mengalokasikan area yang luas untuk RTH padu mungkin membutuhkan kompromi besar dengan kebutuhan ekspansi atau operasional. Manajemen dan perawatan juga bisa menjadi lebih kompleks karena luasan yang besar, membutuhkan sumber daya dan perencanaan yang matang.

RTH Berbentuk Jalur atau Linier

Ruang Terbuka Hijau (RTH) jalur atau *linier* adalah area hijau yang memanjang, biasanya mengikuti fitur alami atau buatan seperti sungai, jalan, atau batas properti. Meski luasnya lebih kecil dari RTH padu, bentuk ini unggul dalam konektivitas ekologis, karena dapat menghubungkan fragmen habitat, memfasilitasi pergerakan satwa, aliran gen, dan mencegah fragmentasi populasi, fungsi yang sangat vital di lanskap industri yang terfragmentasi.

Secara fungsional, RTH dengan bentuk *linier* sangat efektif sebagai penyangga atau filter (*buffer*). Mereka dapat dirancang sebagai sabuk hijau yang membatasi penyebaran polutan dari industri ke area sensitif di sekitarnya, seperti permukiman atau badan air. Selain itu, RTH ini juga dapat berfungsi sebagai pengendali erosi dan stabilitas tanah di sepanjang tepi sungai atau kemiringan lahan. Dalam mitigasi kebisingan, RTH *linier* yang padat atau lebat juga bisa efektif sebagai penghalang visual dan akustik pada jalur tertentu, seperti di sepanjang jalan atau rel kereta api. Secara sosial, RTH *linier* sering dimanfaatkan sebagai jalur pejalan kaki atau sepeda, yang terhubung ke jaringan RTH yang lebih luas. Hal ini meningkatkan mobilitas serta memberi akses interaksi bagi pekerja dengan lingkungan hijau.

Namun, tantangan utama RTH *linier* adalah kerentanannya terhadap efek tepi karena sebagian besar areanya terpapar gangguan seperti, cahaya buatan, polusi, atau spesies invasif. Ini tentunya dapat mengurangi kualitas habitat dari RTH tersebut. Selain itu, pemeliharaan rutin menjadi krusial untuk menjaga integritas fungsional koridor, terutama jika berfungsi sebagai penyangga atau jalur penghubung.

Penjelasan Istilah-istilah Penting:

- » **Biodiversitas:** Keanekaragaman hayati, mencakup seluruh variasi kehidupan di bumi, termasuk variasi genetik, spesies, dan ekosistem, yang penting untuk keseimbangan alam dan kelangsungan hidup manusia.
- » **Ekologi Lanskap:** Cabang ekologi yang mempelajari pola dan proses ekologis dalam skala lanskap, termasuk interaksi antara area alami dan buatan, serta dampaknya terhadap spesies dan ekosistem.
- » **Efek Tepi (*Edge Effect*):** Perubahan kondisi lingkungan dan komposisi spesies yang terjadi di batas antara dua habitat berbeda (misalnya hutan dan lahan terbuka), yang sering meningkatkan keanekaragaman spesies tetapi juga bisa menimbulkan tekanan ekologis.
- » **Area Inti (*Core Area*):** Bagian dalam dari suatu habitat atau kawasan lindung yang minim gangguan manusia dan memiliki kondisi ideal bagi spesies yang sensitif terhadap gangguan tepi.
- » **Konektivitas Ekologis:** Tingkat keterhubungan antar habitat yang memungkinkan pergerakan spesies, aliran genetik, dan proses ekologi lintas-lanskap, penting untuk menjaga populasi liar yang sehat dan adaptif.





4

Ragam Penyakit Tumbuhan pada RTH Lanskap Industri

Keberadaan vegetasi di RTH lanskap industri bukan tanpa tantangan mengingat tingginya tingkat gangguan dan polusi, seperti paparan logam berat, gas beracun, debu industri, serta perubahan mikroklimat akibat pembangunan yang intensif. Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada kelangsungan hidup tanaman, tetapi juga menurunkan efektivitas fungsi ekologis RTH itu sendiri. Risiko seperti penurunan keragaman jenis tanaman, gangguan pertumbuhan dan reproduksi, hingga akumulasi zat berbahaya dalam jaringan tumbuhan dapat menimbulkan dampak lanjutan pada fauna yang bergantung padanya serta kesehatan manusia di sekitar kawasan tersebut. Oleh karena itu, penting untuk memahami secara mendalam dinamika permasalahan ini agar pengelolaan RTH di kawasan industri dapat dilakukan secara adaptif, berkelanjutan, dan berbasis bukti ilmiah.

Penyakit Struktural dan Luka Fisik

Penyakit ini mencakup gangguan fisik pada batang, akar, atau percabangan yang biasanya disebabkan oleh tekanan mekanis, pertumbuhan tidak seimbang, atau cedera akibat aktivitas manusia. Penyakit ini meliputi kanker, *gall*, luka terbuka, dan *resinosis/gummosis*, batang pecah, akar/batang pecah, brum atau percabangan berlebihan.

Kanker

Penyakit ini merupakan kerusakan jaringan pada batang atau cabang pohon, biasanya akibat infeksi jamur atau bakteri. Ditandai dengan cekungan, retakan memanjang, atau jaringan mati yang tampak kering dan terkelupas. Kanker dapat mengganggu aliran nutrisi dan menyebabkan kematian jaringan secara bertahap.



Gall

Gall adalah benjolan abnormal yang tumbuh di daun, batang, atau akar akibat reaksi tumbuhan terhadap serangan serangga, tungau, bakteri, atau jamur. Meski umumnya tidak mematikan, gall dapat mengganggu fungsi fisiologis tumbuhan dan menurunkan penampilmannya.



Resinosis/Gummosis

Resinosis atau *Gummosis* adalah kondisi di mana pohon mengeluarkan cairan lengket berupa resin atau getah dari kulit, batang, atau cabangnya, sebagai respons alami terhadap luka fisik, serangan hama seperti serangga penggerek, atau infeksi penyakit oleh jamur dan bakteri, yang merupakan mekanisme pertahanan pohon untuk mencegah masuknya patogen lebih lanjut.



Batang Pecah

Penyebab umum termasuk beban berat, serangan hama, pembusukan jaringan, atau benturan keras. Kondisi ini sangat berbahaya, karena mengganggu fungsi transportasi air dan nutrisi, serta bisa menyebabkan kematian pohon secara cepat.



***Brum* atau Percabangan Berlebihan**

Brum adalah percabangan yang berlebihan atau ranting yang tumbuh bergerombol. Kehadiran *brum* dapat menambah beban pada pohon dan berpotensi menjadi patah dan jatuh karena percabangan tersebut tumbuh tidak kokoh terutama pada kondisi angin atau hujan. *Brum* juga bisa menjadi sarang bagi hama atau penyakit yang dapat menyebar ke cabang-cabang lainnya. *Brum* dapat terjadi karena pemangkasan yang tidak sesuai, seperti pemotongan cabang yang terlalu dekat dengan batang atau pemotongan yang tidak rapi.



Luka Terbuka

Luka terbuka pada pohon adalah kerusakan fisik pada kulit batang, cabang, atau akar pohon yang mengakibatkan hilangnya jaringan pelindung dan terbukanya bagian dalam kayu. Luka ini bisa berasal dari berbagai penyebab, termasuk faktor alami atau aktivitas manusia, dan dapat berdampak pada kesehatan serta struktur pohon. Luka terbuka adalah pintu masuk utama bagi patogen seperti jamur, bakteri, dan virus, yang dapat menyebabkan infeksi dan pembusukan jaringan. Pembusukan ini bisa menyebar ke bagian lain dari pohon, melemahkan keseluruhan struktur. Pohon memiliki mekanisme alami untuk menutup luka dengan membentuk jaringan kayu baru yang menutupi area luka. Namun, luka besar atau dalam cukup sulit untuk pulih, dan membuatnya rentan terhadap kerusakan lanjutan.



Pelapukan dan Infeksi Lanjut

Penyakit ini mencakup gejala yang menunjukkan bahwa pohon sudah mengalami kerusakan internal serius, terutama pada jaringan kayu bagian dalam. Jika dibiarkan, kondisi ini akan memperlemah struktur pohon secara signifikan dan meningkatkan risiko tumbang. Deteksi dini terhadap tanda-tanda ini penting untuk pengambilan tindakan mitigasi, seperti pemangkasan berat atau bahkan penebangan pohon yang berisiko.

Konk

Konk adalah area luka pada batang atau cabang pohon yang mengalami nekrosis atau kematian jaringan, biasanya berbentuk cekungan, lubang atau bekas luka yang berwarna gelap. *Konk* dapat disebabkan oleh infeksi jamur, bakteri, atau kerusakan fisik yang tidak pulih dengan baik, sehingga jaringan di area tersebut mati. Keberadaan *konk* dapat mempengaruhi kekuatan batang pohon, *konk* juga dapat mengarah kepada pelapukan. Kondisi ini bisa mengganggu aliran air dan nutrisi dari akar ke cabang-cabang atas pohon, sehingga bagian pohon yang terletak di atas area *konk* atau pelapukan mungkin tidak mendapatkan pasokan yang memadai. Ketika aliran nutrisi terhambat, daun yang berada di atas area *konk* atau pelapukan bisa menjadi kurang sehat atau bahkan mati, mengurangi luas daun yang digunakan untuk fotosintesis. Hal ini berpotensi menghambat pertumbuhan dan energi yang diperoleh pohon.



Gangguan Tajuk dan Daun

Penyakit ini mencakup berbagai gangguan yang terjadi pada bagian atas tanaman, khususnya tajuk, cabang, daun, tunas, dan kuncup. Tajuk yang sehat sangat penting bagi proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Gangguan pada bagian ini, baik akibat tekanan lingkungan, serangan parasit, maupun kerusakan fisik, dapat menurunkan vitalitas tanaman, mengganggu keseimbangan pertumbuhan, serta meningkatkan kerentanan terhadap penyakit lain. Dalam konteks RTH industri, kondisi ini sering diperparah oleh polusi, cahaya berlebih, atau gangguan mekanis dari aktivitas manusia.

Liana

Liana adalah tumbuhan merambat berkayu yang memanfaatkan pohon sebagai penopang untuk mencapai cahaya matahari. Meskipun tidak mengambil nutrisi langsung dari pohon inangnya, liana dapat menutupi tajuk dan membebani cabang serta batang. Dampaknya termasuk berkurangnya fotosintesis karena kanopi tertutup, peningkatan risiko patahnya cabang saat angin kencang, dan kelemahan struktural secara keseluruhan. Kehadiran liana menjadi indikator bahwa pohon berada di lingkungan kompetitif dan memerlukan intervensi untuk menjaga kestabilan serta kesehatannya.



Benalu

Benalu adalah tumbuhan parasit yang menempel dan menembus jaringan pohon untuk mengambil air dan nutrisi. Gangguan ini sering ditemukan pada batang, dahan atau cabang kecil, dan menyebabkan pertumbuhan abnormal, pucat, atau mati pada bagian yang terinfeksi. Dampaknya termasuk penurunan kesehatan umum pohon, lemahnya cabang yang terinfeksi, serta peningkatan kerentanan terhadap penyakit dan kekeringan. Kehadiran benalu menunjukkan adanya tekanan ekologis dan perlunya pemangkasan selektif atau pengendalian manual.



Hilangnya Ujung Dominan

Hilangnya ujung dominan biasanya terjadi akibat pemangkasan yang salah, kerusakan fisik, atau gangguan pertumbuhan. Ujung dominan berperan penting dalam mengarahkan pertumbuhan vertikal pohon. Kehilangan bagian ini menyebabkan pertumbuhan lateral yang tidak seimbang dan sering kali menghasilkan percabangan ganda yang lemah. Kondisi ini dapat memicu struktur pohon yang rentan terhadap keretakan atau patah, serta menurunkan nilai estetika dan stabilitas jangka panjang.



Cabang Patah atau Mati

Cabang patah atau mati adalah gejala umum dari stres, infeksi, atau kerusakan mekanis. Cabang mati dapat menjadi jalan masuk bagi jamur pembusuk atau patogen lain, sedangkan cabang patah bisa membahayakan orang dan infrastruktur di sekitarnya. Keberadaan kondisi ini menunjukkan bahwa pohon berada dalam kondisi menurun atau pernah mengalami tekanan tinggi, dan perlu dievaluasi lebih lanjut untuk tindakan pemangkasan atau perawatan intensif.



Epifit

Epifit adalah tumbuhan yang hidup menempel pada tumbuhan lain (biasanya pohon) sebagai penopang, namun tidak bersifat parasit, artinya mereka tidak mengambil nutrisi langsung dari inangnya melainkan mendapatkan air dan nutrisi dari udara, hujan, atau serasah yang terkumpul di sekitarnya. Namun, jika pertumbuhan epifit berlebihan atau terlalu lebat, mereka dapat menjadi beban fisik yang signifikan bagi pohon inang, menyebabkan peningkatan berat yang rentan terhadap patah cabang, mengurangi penetrasi cahaya matahari ke daun inang, serta meningkatkan retensi kelembaban yang dapat mendorong pertumbuhan lumut atau patogen lain pada kulit pohon, berpotensi melemahkan atau bahkan membahayakan kesehatan pohon inang dalam jangka panjang.



5

Risiko Potensial Akibat Penyakit pada Tumbuhan RTH Lanskap Industri

Penyakit pada tumbuhan RTH tidak hanya berdampak pada individu tanaman yang terinfeksi, tetapi juga dapat menimbulkan konsekuensi ekologis, estetika, hingga operasional dalam lanskap industri. Kerusakan tajuk, defoliiasi, dan kematian pohon akibat penyakit dapat mengurangi efektivitas RTH dalam menyediakan layanan ekosistem seperti peneduhan, penyangkutan polutan, peredam kebisingan, dan habitat satwa. Secara visual, keberadaan tanaman sakit juga menurunkan citra kawasan dan kenyamanan lingkungan kerja. Lebih jauh lagi, pohon dengan struktur lemah akibat infeksi berisiko tumbang, yang tidak hanya membahayakan keselamatan pekerja dan fasilitas, tetapi juga menambah beban biaya untuk perawatan dan penebangan. Dalam skala lanskap, wabah penyakit yang tidak tertangani dapat menyebar antar tanaman dan menyebabkan kerusakan sistemik, melemahkan ketahanan ekologi RTH dan mengurangi kontribusinya terhadap mitigasi risiko lingkungan industri secara keseluruhan.

Keselamatan Pekerja

Salah satu risiko paling nyata dan serius dari pohon-pohon sakit atau rusak di kawasan industri adalah ancaman terhadap keselamatan jiwa para pekerja. Pohon dengan cabang mati, batang lapuk, atau akar rusak berpotensi tumbang secara tiba-tiba, terutama saat terjadi angin kencang, hujan deras, atau setelah getaran akibat aktivitas industri berat. Cabang yang patah atau pohon yang ambruk dapat menimpa pekerja yang sedang melintas, bekerja di area sekitar, atau beristirahat di bawah naungan pohon.

Tak hanya itu, keberadaan sarang serangga seperti rayap atau lebah pada pohon yang tidak dirawat juga berpotensi membahayakan manusia. Serangan lebah atau koloni rayap yang mengganggu struktur kayu dapat mempercepat proses pelapukan pohon tanpa disadari. Di banyak kasus, pohon terlihat sehat dari luar, namun sebenarnya rapuh di dalam. Jika tidak diawasi dan diperiksa secara berkala, hal ini dapat menyebabkan insiden fatal yang sebenarnya dapat dicegah.

Terganggunya Alur Produksi

Tanaman yang tumbang atau cabangnya patah dapat mengganggu alur logistik dan produksi di kawasan industri. Misalnya, bila pohon tumbang menghalangi jalur kendaraan angkut barang, *forklift*, atau truk logistik, maka alur distribusi barang dapat tertunda. Hal ini berpotensi menyebabkan keterlambatan pengiriman bahan baku atau hasil produksi, yang kemudian berdampak sistemik terhadap efisiensi produksi.

Lebih jauh, pemangkasan darurat atau pembersihan pohon yang tumbang seringkali membutuhkan waktu, tenaga, dan peralatan tambahan. Dalam situasi tertentu, kegiatan produksi harus dihentikan sementara untuk memastikan area aman. Risiko ini semakin besar bila RTH tidak dikelola dengan baik dan tidak ada protokol pengawasan kondisi pohon secara berkala. Maka dari itu, pohon yang tidak sehat bukan hanya urusan estetika atau lingkungan, melainkan juga isu operasional industri.

Kerusakan Infrastruktur

Akar pohon yang tumbuh tanpa pengendalian dapat merusak pondasi bangunan, saluran air, kabel bawah tanah, dan permukaan jalan. Akar yang besar dan kuat dapat menekan atau memecah saluran pipa air, kabel listrik, dan infrastruktur bawah tanah lainnya. Sementara batang atau cabang yang tumbang bisa merusak pagar, atap gudang, kendaraan perusahaan, atau mesin yang berada di ruang terbuka.

Pohon dengan kondisi struktural lemah, seperti yang terinfeksi kanker batang, mengalami lapuk lanjut, atau *resinosis*, lebih rentan tumbang dan menimbulkan kerusakan. Di banyak kawasan industri, pohon ditanam terlalu dekat dengan infrastruktur karena keterbatasan ruang. Tanpa perencanaan dan pengelolaan yang tepat, pohon-pohon tersebut bisa menjadi sumber risiko kerusakan fisik yang mahal untuk diperbaiki.

Kerugian Ekonomi

Gabungan dari berbagai risiko di atas secara langsung maupun tidak langsung akan menyebabkan kerugian ekonomi, baik jangka pendek maupun panjang. Biaya yang harus dikeluarkan untuk perawatan darurat, penggantian infrastruktur yang rusak, pembayaran kompensasi jika terjadi kecelakaan kerja, atau potensi kerugian akibat keterlambatan produksi semuanya dapat menumpuk dan membebani anggaran operasional perusahaan.

Selain itu, citra perusahaan juga bisa terpengaruh jika terdapat insiden yang menyita perhatian publik, terutama jika diketahui bahwa hal itu terjadi akibat kelalaian dalam pengelolaan RTH. Dalam konteks yang lebih luas, perusahaan yang tidak menerapkan prinsip kehati-hatian dalam pengelolaan vegetasi di area industrinya bisa dianggap abai terhadap aspek keselamatan kerja dan keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan RTH yang buruk dapat menjadi akar dari kerugian finansial dan reputasi yang serius.



6

Penilaian Kerusakan pada Tumbuhan RTH Kawasan Industri

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian-bagian sebelumnya, RTH di kawasan industri memiliki peran vital dalam mendukung keseimbangan ekologi dan menciptakan lingkungan kerja yang sehat serta berkelanjutan. Namun, keberadaan vegetasi yang tidak dikelola dengan baik, khususnya pohon-pohon berukuran besar, dapat menimbulkan berbagai permasalahan, mulai dari gangguan struktural hingga risiko terhadap keselamatan manusia dan infrastruktur. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang sistematis dan terukur untuk menilai kondisi kesehatan tumbuhan dan mengidentifikasi potensi risiko yang mungkin ditimbulkan. Bab ini membahas teknik penilaian dan mitigasi risiko kerusakan tumbuhan pada RTH kawasan industri, dengan studi kasus di lingkungan PT Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang.

Metode Penilaian Kesehatan Pohon

Untuk mengetahui kondisi kesehatan pohon di lapangan, metode umum yang digunakan yaitu *Visual Tree Assessment* (VTA) dan pendekatan *Forest Health Monitoring* (FHM). Metode VTA merupakan pendekatan visual non-destruktif yang dikembangkan oleh Claus Mattheck (1991), menekankan pada pengamatan bentuk luar pohon (seperti batang, akar, dan tajuk) untuk mendeteksi potensi kegagalan struktur. VTA sangat berguna dalam menilai risiko pohon tumbang dan memprioritaskan tindakan pengelolaan.

Sementara itu, FHM adalah pendekatan kuantitatif yang dikembangkan oleh *USDA Forest Service* pada tahun 1993, dan telah banyak diterapkan di kawasan hutan subtropis Amerika Utara dan Eropa sejak pertengahan 1990-an. Pendekatan ini dirancang untuk memantau “kesehatan” hutan secara menyeluruh melalui serangkaian indikator, termasuk kerusakan pada batang, kondisi tajuk, serta kualitas tapak tempat pohon tumbuh (Safe'i, 2004).

Menariknya, Indonesia menjadi salah satu negara tropis pertama yang mengadopsi pendekatan ini. Seiring waktu, metode FHM telah mengalami adaptasi agar sesuai dengan karakteristik ekosistem hutan tropis, seperti yang dijelaskan oleh Pratiwi dan Safe'i (2018). Selain untuk mendeteksi kerusakan yang berpotensi mengganggu kelangsungan hidup pohon, metode ini juga berguna dalam menyusun strategi rehabilitasi, membangun basis data kesehatan pohon, serta memantau perubahan kondisi hutan atau ruang hijau secara berkelanjutan (Bennet & Tkacz, 2014).

Prosedur Penilaian

Penilaian kesehatan pohon dalam ruang terbuka hijau (RTH) kawasan industri dilakukan melalui observasi lapangan berbasis pendekatan sistematis, guna memperoleh gambaran utuh dan terukur tentang kondisi vegetasi yang ada. Tahap pertama dalam prosedur ini adalah penentuan titik-titik pengamatan atau *sampling point*, yang dilakukan menggunakan metode random sampling dan, dalam beberapa kasus, dapat juga digabungkan dengan pendekatan purposive sampling untuk lokasi yang memiliki karakteristik atau kerentanan tertentu.

Pada studi kasus di lingkungan PT Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang, titik-titik sampling dipilih secara acak pada berbagai jenis RTH yang tersebar di area industri, meliputi RTH pada Area Jalan Utama, Area Perkantoran dan Fasilitas Umum, Area Perumahan Karyawan, dan *Green Barrier*. Pemilihan kawasan ini harus diusahakan dengan dasar dan pertimbangan tertentu yang dikaitkan dengan materi pada BAB sebelumnya. Misal, pada studi di PT PUSRI, pertimbangan yang digunakan dijelaskan Tabel 6.1. Selanjutnya, penentuan lokasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti QGIS atau ArcGIS, yang memungkinkan penyebaran titik pengamatan secara merata serta representatif terhadap kondisi biofisik kawasan. Hal ini penting untuk meminimalkan bias dan memastikan cakupan analisis yang luas terhadap berbagai jenis vegetasi dan kondisi tapak.

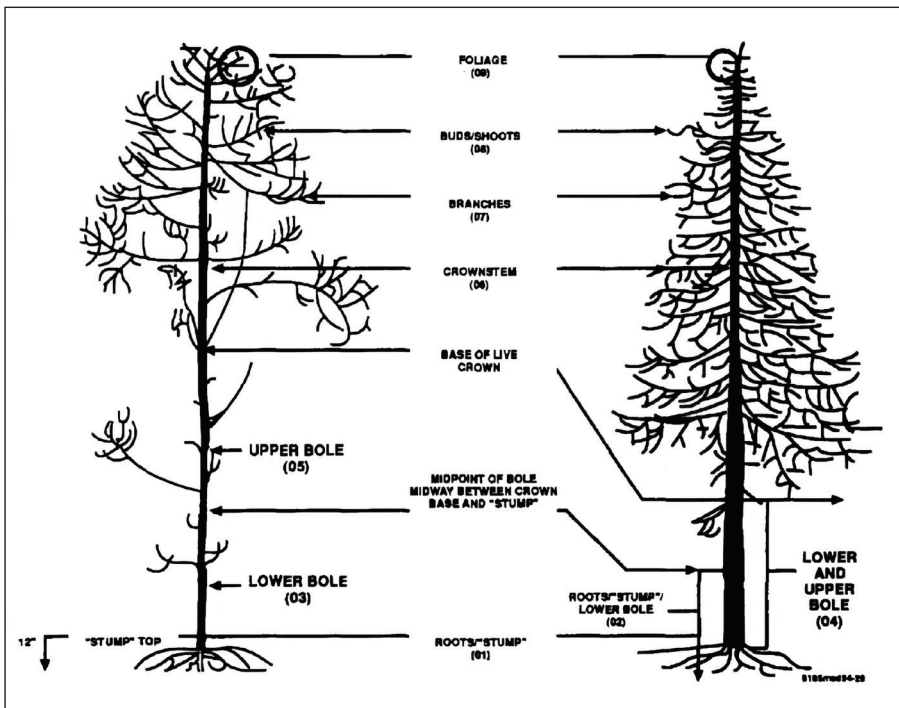
Tabel 6.1. Pertimbangan-pertimbangan Pemilihan Lokasi Penilaian

Lokasi Penilaian	Faktor Risiko	Penjelasan
Area Jalan Utama	Keselamatan jiwa	Pohon yang rubuh atau cabang yang patah di jalan utama dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan mengakibatkan kematian apabila menimpa pengguna jalan.
	Kerugian ekonomi	Pohon yang rubuh atau cabang yang patah juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi apabila menimpa kendaraan yang melintas.
	Terganggunya jalur logistik perusahaan	Pohon yang rubuh atau cabang yang patah dapat menghambat pengangkutan logistik perusahaan sehingga aktivitas produksi perusahaan akan terganggu.
Area Perkantoran dan Fasilitas Umum	Keselamatan karyawan	Area perkantoran dan fasilitas umum merupakan daerah yang cukup sibuk, terdapat banyak taman-taman dan pekarangan terbuka yang biasa digunakan oleh pekerja untuk beristirahat, berekreasi atau sekedar melintas.
	Kerugian ekonomi dan kerusakan infrastruktur	Taman-taman di sekitar area perkantoran dan fasilitas umum terkadang berdampak dengan kawasan parkir dan sarana prasarana umum, sehingga terdapat ancaman bahaya terhadap kendaraan maupun sarana umum yang berada di dekat lokasi tersebut.

Lokasi Penilaian	Faktor Risiko	Penjelasan
Area Perumahan Karyawan	Keselamatan jiwa	Pohon yang rubuh atau cabang yang patah di halaman atau pekarangan rumah dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan mengakibatkan kematian apabila menimpa penghuni rumah.
	Kerusakan rumah	Pohon yang berada di halaman rumah juga berpotensi menimbulkan bahaya apabila pohon tersebut rebah atau cabangnya patah menimpa rumah-rumah yang ada.
	Penyebaran hama dan penyakit tanaman	Pohon yang sakit atau rusak dapat menjadi tempat berkembangnya hama atau penyakit yang dapat menyebar dari pohon ke lingkungan di sekitarnya, termasuk ke dalam rumah sehingga menimbulkan gangguan seperti hadirnya ulat, serangga, semut, dan hama lainnya.
Green Barrier	Penurunan fungsi <i>green barrier</i>	Pohon yang terserang penyakit, rusak, atau tumbuh tidak ideal/ tidak mampu memberikan fungsi yang optimal sebagai tumbuhan pereduksi polutan, debu, kebisingan dari aktivitas pabrik.
	Gangguan ekosistem	<i>Green barrier</i> memiliki peran penting sebagai kantung keanekaragaman hayati. Jika pohon-pohon di area ini rusak, peranannya sebagai penyedia habitat dan rumah bagi keanekaragaman hayati menjadi tidak optimal.

Setelah titik pengamatan ditetapkan, tahapan berikutnya adalah pengumpulan data lapangan, yang dilakukan berdasarkan metode Forest Health Monitoring (FHM). Dalam praktiknya, penilaian ini mencakup tiga indikator utama, yaitu:

1. Lokasi kerusakan (L)
2. Tipe kerusakan (T)
3. Tingkat keparahan kerusakan (K)



Gambar 6.1. Kode lokasi kerusakan pada pohon.

Sumber: Tallent-Halsell (1994)

Indikator pertama, yaitu lokasi kerusakan, ditentukan dengan cara mengamati bagian pohon yang terdampak, seperti akar, batang, cabang, atau daun. Setiap lokasi kerusakan kemudian dikodekan berdasarkan klasifikasi yang mengacu pada referensi standar (Putra, 2004; Sagita, 2015) (lihat Gambar 6.1 dan Tabel 6.2).

Tabel 6.2. Kode dan Deskripsi Lokasi Kerusakan Pohon

Kode	Deskripsi
L0	Sehat (tidak ada kerusakan)
L1	Akar (terbuka) dan tunggak (dengan tinggi 30 cm di atas permukaan tanah)
L2	Kerusakan pada akar dan batang bagian bawah
L3	Kerusakan pada batang bagian bawah ($\frac{1}{2}$ bagian bawah dari batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
L4	Batang bagian bawah dan bagian atas
L5	Batang bagian atas ($\frac{1}{2}$ bagian atas antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
L6	Batang tajuk (batang utama di dalam daerah tajuk hidup, di atas dasar tajuk hidup)
L7	Kerusakan pada Cabang ($>2,54$ cm pada titik percabangan terhadap batang utama atau batang tajuk di dalam daerah tajuk hidup)
L8	Kerusakan pada kuncup dan tunas (pertumbuhan tahun-tahun terakhir)
L9	Daun

Selanjutnya, tipe kerusakan diidentifikasi berdasarkan gejala yang diamati, seperti yang dijelaskan pada Tabel 6.3. Penilaian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang berpotensi mengganggu kelangsungan hidup pohon dalam jangka panjang. Tipe kerusakan yang umum dicatat mencakup luka struktural, infeksi jamur, kanker batang, serangan hama, dan stres fisiologis. Adapun tingkat keparahan kerusakan dinilai dalam skala persentase 0–100%. Skor ini mencerminkan tingkat kerusakan visual dan potensial dampaknya terhadap kondisi fisiologis dan struktural pohon. Untuk setiap pohon, maksimum tiga jenis kerusakan dicatat. Bila terdapat lebih dari satu kerusakan di lokasi yang sama, maka kerusakan paling parah yang dijadikan acuan pencatatan (Pertiwi et al., 2019).

Tabel 6.3. Kode dan Deskripsi Tipe Kerusakan

Kode	Tipe Kerusakan dan Deskripsinya
T1	Kanker, <i>gall</i> yaitu pembengkakan (<i>gall</i>) pada akar, batang, atau cabang.
T2	<i>Konk</i> , Tubuh buah (badan buah), dan indikator lain tentang lapuk lanjut. Penyakit ini berupa adanya lubang (rongga) pada tubuh buah pada batang utama, batang tajuk, atau titik percabangan.
T3	Luka terbuka yaitu bagian kulit atau bagian dalam kayu yang mengelupas.
T4	<i>Resinosis</i> yaitu keluar cairan berupa resin atau <i>Gummosis</i> yaitu berupa gum pada cabang/batang.
T5	Batang pecah.
T6	Sarang rayap yang berupa terdapat sarang rayap
T7	Liana pada batang.
T11	Batang atau akar patah kurang dari 3 feet (0,91 m) dari batang
T12	<i>Brum</i> pada akar atau batang yaitu percabangan yang berlebihan dan ranting bergerombol padat.
T13	Akar patah atau mati > 0,91 m mulai dari batang.
T14	Kutu lilin yaitu hasil sekresi berwarna putih pada sela-sela <i>nodus</i> daun.
T20	Liana pada daun/tajuk atau benalu.
T21	Hilangnya ujung dominan, mati ujung yaitu kematian dari ujung batang tajuk.
T22	Cabang patah atau mati.
T23	<i>Brum</i> pada cabang yaitu percabangan berlebihan pada bagian cabang.
T24	Daun, kuncup atau tunas rusak.
T25	Daun berubah warna yaitu bercak-bercak coklat karat, ungu, hitam, kelabu, putih pada daun.
T31	Lain - Lain

Menganalisis Hasil Penilaian Pohon

Setelah dilakukan pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan, data yang diperoleh mencakup jenis atau tipe kerusakan, lokasi kerusakan, serta tingkat keparahan kerusakan pada setiap individu pohon. Setiap indikator ini kemudian diklasifikasikan dan diberi bobot nilai mengikuti Sagita (2015), agar dapat dihitung tingkat kerusakan total pada setiap pohon secara objektif dan terstandarisasi.

Ketiga komponen yang diukur tersebut kemudian diberi nilai numerik sesuai dengan tabel penilaian. Contohnya, kerusakan tipe T1 memiliki bobot nilai 1,9, sedangkan lokasi L3 bernilai 1,8, dan keparahan sebesar 30–39% mendapat nilai 1,3. Selengkapnya, bobot nilai masing-masing kategori ditampilkan dalam Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Kode dan Nilai Tipe Kerusakan, Lokasi Kerusakan, dan Tingkat Keparahan Kerusakan.

Kode Tipe Kerusakan	Nilai T	Kode Lokasi	Nilai L	Keparahan (%)	Nilai K
T1	1.9	L0	0	0-9	1
T2	1.7	L1	2	10-19	1.1
T3, T4	1.5	L2	2	20-29	1.2
T5	2	L3	1.8	30-39	1.3
T6, T7	1.5	L4	1.8	40-49	1.4
T11	2	L5	1.6	50-59	1.5
T12	1.6	L6	1.2	60-69	1.6
T13, T20	1.5	L7	1	70-79	1.7
T21	1.3	L8	1	80-89	1.8
T14, T22, T23, T24, T25, T31	1	L9	1	≥ 90	1.9

Untuk mengintegrasikan ketiga komponen tersebut ke dalam satuan nilai yang merepresentasikan kondisi kesehatan pohon secara keseluruhan, maka digunakan suatu indikator berupa Indeks Kerusakan Pohon (*Tree Damage Level Index*/TDLI). Indeks ini dihitung berdasarkan kombinasi dari jenis, lokasi, dan tingkat keparahan kerusakan yang ditemukan, dan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$IK = \text{Nilai T} \times \text{Nilai L} \times \text{Nilai K} \dots \dots \dots (1, 2, 3)$$

$$TDLI = IK1 + IK2 + IK3$$

Perhitungan dilakukan untuk tiga jenis kerusakan yang paling dominan atau paling mempengaruhi kondisi pohon. Hasil dari ketiga indeks kerusakan (IK1, IK2, dan IK3) dijumlahkan untuk memperoleh total skor TDLI.

Selanjutnya, skor TDLI yang telah dihitung digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kerusakan atau kesehatan pohon ke dalam empat kategori, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 6.5:

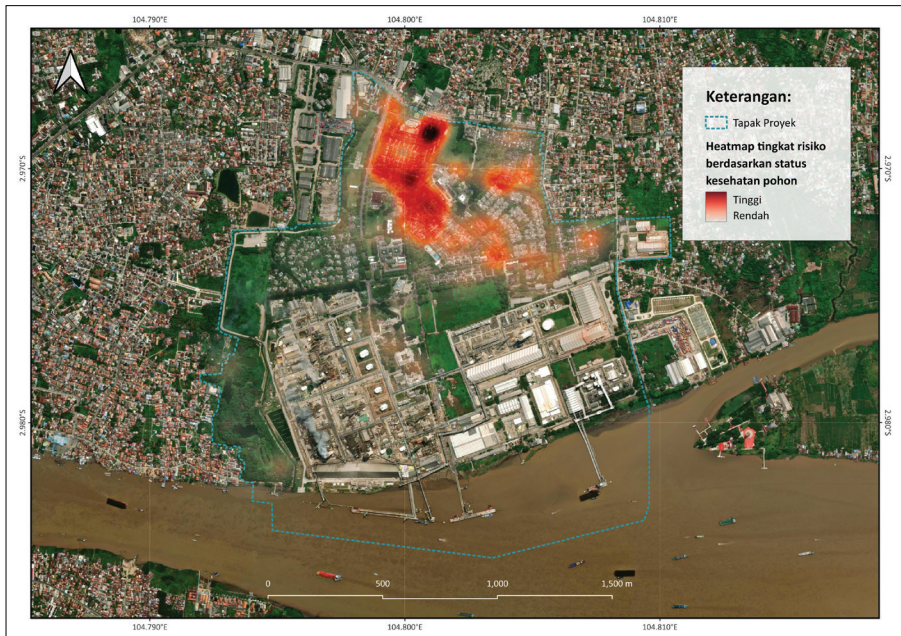
Tabel 6.5. Kelas kerusakan pohon berdasarkan TDLI

Skor TDLI	Kelas/Kategori
≤ 5	Sehat
6-10	Ringan
11-15	Sedang
≥ 16	Berat

Dengan pendekatan kuantitatif ini, hasil penilaian dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen pohon, baik dalam konteks konservasi, perencanaan lansekap, maupun mitigasi risiko pohon tumbang di area publik atau kawasan industri.

Contoh Hasil Penilaian Kesehatan Tumbuhan pada RTH Lanskap Industri

Studi kasus dari kawasan PT Pusri menjadi contoh bagaimana tahapan-tahapan pada bagian sebelumnya diterapkan di lapangan. Hasil akhir berupa status kesehatan pohon kemudian dianalisis menggunakan *software* GIS, seperti QGIS atau ArcGIS, untuk memvisualisasikan sebaran spasial tingkat risiko secara lebih komprehensif. Visualisasi ini memudahkan interpretasi hasil dan komunikasi data kepada para pemangku kepentingan. Analisis ini menggunakan metode *Kernel Density Estimation* (KDE) untuk memetakan kepadatan risiko berdasarkan lokasi pohon-pohon yang telah dinilai. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang jelas terhadap area dengan konsentrasi pohon berisiko tinggi maupun rendah. Peta hasil analisis menjadi alat penting dalam mendukung pengambilan keputusan mitigasi, khususnya dalam upaya perlindungan terhadap keselamatan jiwa pekerja dan masyarakat yang kerap memanfaatkan kawasan tersebut.



Gambar 6.2. Peta Sebaran Tingkat Risiko Kerusakan Pohon

Penjelasan Istilah-istilah Penting:

- » **Sistem Informasi Geografis (SIG):** Sistem berbasis komputer untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menampilkan data spasial atau geografis.
- » **QGIS:** Aplikasi open-source SIG yang digunakan untuk memvisualisasikan, mengedit, menganalisis, dan memetakan data spasial.
- » **Kernel Density Estimation:** Metode statistik yang digunakan untuk memperkirakan kepadatan suatu kejadian (misalnya persebaran pohon sakit) dalam ruang, menghasilkan peta panas (heatmap) untuk identifikasi konsentrasi atau hotspot.
- » **Mitigasi Risiko:** Upaya sistematis untuk mengurangi dampak negatif dari potensi bahaya.
- » **Visual Tree Assessment (VTA):** Metode inspeksi visual pohon untuk menilai kondisi kesehatan, stabilitas struktur, dan potensi bahaya berdasarkan tanda-tanda luar seperti retakan, cabang mati, atau pembusukan.
- » **Forest Health Monitoring:** Proses pemantauan kondisi hutan secara berkala untuk menilai kesehatan ekosistem, mencakup faktor seperti keanekaragaman hayati, gangguan biologis, dan kerusakan fisik pada vegetasi.
- » **Indeks Kerusakan Pohon:** Skor atau nilai yang diberikan berdasarkan tingkat kerusakan visual dan struktural pohon, digunakan untuk mengevaluasi kondisi pohon secara kuantitatif dalam suatu kawasan.
- » **Matriks risiko:** Alat bantu visual berupa tabel yang digunakan untuk menilai dan memprioritaskan risiko berdasarkan variabel tertentu dan sering digunakan dalam manajemen pohon dan ekosistem.
- » **Random Sampling:** Teknik pengambilan sampel secara acak dari populasi atau area studi, digunakan untuk menghindari bias dan menghasilkan data yang representatif secara statistik.

7

Perumusan Risiko Kerusakan pada Tumbuhan RTH Kawasan Industri

Langkah mitigasi merupakan tahapan krusial setelah dilakukan identifikasi dan pemetaan risiko. Setiap pohon yang memiliki tingkat kerusakan dan risiko tertentu memerlukan pendekatan penanganan yang spesifik, sesuai dengan urgensi dan tingkat bahayanya. Mitigasi tidak hanya berfokus pada pengurangan risiko secara langsung, tetapi juga mencakup upaya perawatan, perbaikan, dan pengelolaan jangka panjang. Strategi yang disusun harus mempertimbangkan karakteristik kawasan, intensitas aktivitas manusia, dan fungsi ekologis RTH agar tetap aman, sehat, dan berkelanjutan.

Perumusan Kategori Risiko Terkait Kondisi Pohon

Aplikasi metode *Visual Tree Assessment* (VTA) dan *Forest Health Monitoring* (FHM) yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya menghasilkan data dasar berupa daftar kondisi pohon di berbagai kawasan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Data ini mencakup informasi mengenai tingkat kerusakan dan potensi kegagalan struktur pohon yang dinilai melalui pendekatan terstandar.

Namun, informasi kondisi pohon saja belum cukup untuk merumuskan strategi mitigasi yang tepat. Dalam konteks pengelolaan pohon di kawasan RTH yang beragam, perlu adanya pendekatan yang mempertimbangkan faktor risiko secara lebih komprehensif. Oleh karena itu, data kondisi pohon tersebut kemudian diolah lebih lanjut dengan menggunakan matriks risiko yang menyandingkan antara tingkat kerusakan pohon dengan tingkat sensitivitas lokasi.

Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa setiap rekomendasi penanganan atau mitigasi dilakukan secara proporsional dan kontekstual, mengingat tiap kawasan RTH memiliki karakteristik dan tingkat risiko yang berbeda-beda. Sebagai contoh, pohon dengan kerusakan sedang yang berada di dekat jalur pedestrian atau bangunan publik tentu memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi dibanding pohon dengan kerusakan serupa yang berada di area tertutup atau minim aktivitas manusia.

Dalam sistem ini, setiap kawasan RTH diberikan bobot tingkat risiko berdasarkan fungsinya terhadap keselamatan dan aktivitas publik. Bobot risiko ini disusun sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.6, dan menjadi dasar dalam menentukan klasifikasi risiko pohon secara keseluruhan. Hasil akhir dari perhitungan ini menjadi acuan dalam menyusun prioritas penanganan, seperti pemangkasan, perawatan intensif, atau penggantian pohon.

Dengan pendekatan berbasis matriks ini, keputusan manajemen dapat lebih akurat dan efektif dalam mencegah potensi bahaya akibat pohon tumbang maupun kerusakan struktural lainnya.

Tabel 7.1. Matriks Analisis Risiko

Lokasi	Bobot	Tingkat Kesehatan Pohon			
		1	2	3	4
		Sehat	Ringan	Sedang	Berat
Jalan utama	4	4	8	12	16
Area kantor/taman/fasilitas umum	3	3	6	9	12
Perumahan	2	2	4	6	8
Hutan/ <i>Green Barrier</i>	1	1	2	3	4

Setelah mendapatkan nilai tingkat risiko berdasarkan matriks risiko pada Tabel 7.1, langkah selanjutnya adalah menggunakannya sebagai dasar untuk penarikan kesimpulan jenis upaya mitigasi risiko kerusakan pohon. Dalam kasus penilaian kesehatan pohon di PT Pusri, klasifikasi upaya mitigasi dibagi ke dalam lima kategori, yaitu: Penggantian, Perawatan, Pemantauan Rutin, Pemantauan Berkala, dan Tidak Dipantau. Kategori ini ditentukan berdasarkan kombinasi antara tingkat keparahan kondisi pohon dan tingkat kerentanan lokasi pohon terhadap dampak kerusakan, seperti lokasi yang dekat dengan fasilitas operasional atau zona aktivitas tinggi.

Jenis upaya mitigasi:

Penggantian	Perawatan	Pemantauan Rutin	Pemantauan Berkala	Tidak Dipantau
-------------	-----------	------------------	--------------------	----------------

Pendekatan ini memungkinkan adanya alokasi sumber daya yang lebih tepat sasaran dan efisien. Misalnya, pohon dengan kondisi struktural sangat buruk dan berada di lokasi strategis akan dimasukkan dalam kategori penggantian sebagai upaya mitigasi prioritas tinggi. Sementara itu, pohon dengan kondisi sedang dan berada di area dengan aktivitas manusia yang rendah mungkin hanya memerlukan pemantauan berkala. Dengan metode ini, setiap keputusan mitigasi menjadi lebih terukur dan berbasis risiko, sehingga mendukung tercapainya lanskap industri yang lebih aman dan berkelanjutan.



8

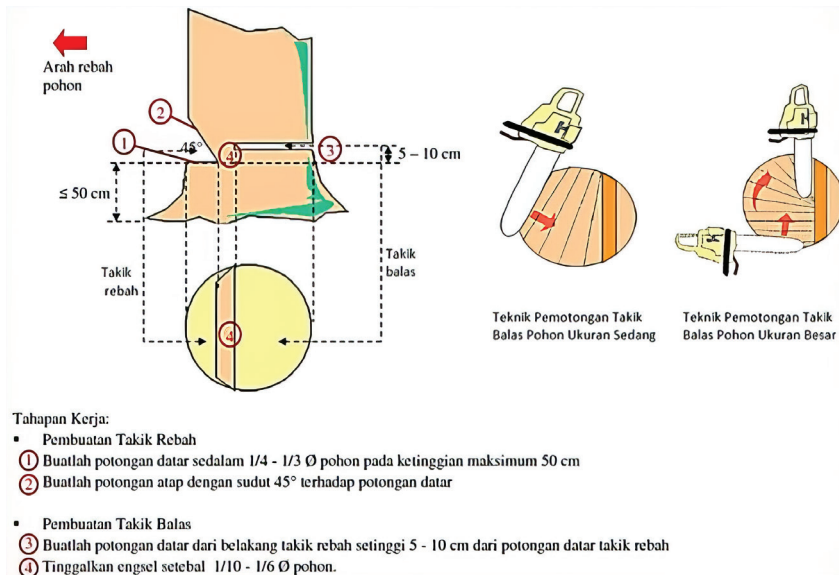
Mitigasi dan Prosedur Pengurangan Risiko Kerusakan Pohon

Setelah tingkat risiko kerusakan pohon berhasil diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan strategi mitigasi yang sesuai serta menyusun prosedur pengurangan risiko yang efektif. Setiap kategori mitigasi yang dihasilkan dari tahapan sebelumnya, seperti penggantian, perawatan, atau pemantauan, memerlukan prosedur penanganan yang spesifik dan terukur. Hal ini penting agar setiap tindakan mitigasi dapat dilaksanakan secara tepat sasaran, efisien, dan tidak menimbulkan risiko baru terhadap keselamatan, lingkungan, maupun keberlanjutan lanskap yang ada.

Penggantian (Kode Warna Merah)

► Penebangan (Sumber: KLHK, 2023)

1. Penebangan dilaksanakan oleh operator chainsaw terlatih.
2. Dilarang melakukan penebangan pohon pada saat hujan dan angin kencang.
3. Operator wajib menggunakan alat pelindung diri (APD) yang memadai seperti topi pelindung kepala (helmet), sepatu lapangan dan sarung tangan untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja.
4. Sebelum melaksanakan penebangan, operator wajib:
 - ✓ Memeriksa pohon yang akan ditebang untuk memastikan pohon dalam kondisi yang layak untuk ditebang.
 - ✓ Melakukan pembersihan pohon yang akan ditebang dari gangguan liana agar pada saat rebahnya pohon tidak menarik pohon lain di sekitarnya.
 - ✓ Melakukan pembersihan area arah rebah dari hal-hal yang dapat menimbulkan bahaya.
5. Penentuan arah rebah dengan mempertimbangkan kondisi pohon yang akan ditebang dan kondisi areal di sekitarnya.
6. Penebangan pohon dilakukan sebagai berikut:
 - ✓ Menggunakan teknik penebangan yang sesuai kondisi masing-masing pohon dan mengikuti arah rebah yang telah ditentukan.
 - ✓ Dalam hal pada areal tanah yang miring, arah rebah diusahakan menyerong ke samping lereng atau sejajar kontur.
 - ✓ Pembuatan takik rebah serendah mungkin dari permukaan tanah dengan tinggi takik rebah < 50 cm dari permukaan tanah.
 - ✓ Pohon yang sudah ditebang diberi tanda silang pada gambar lokasi pohon di peta rencana pemanenan kayu yang berarti pohon tersebut sudah ditebang. Gambar 17 mengilustrasikan cara penebangan pohon.



Gambar 8.1. Rekomendasi Cara Penebangan Pohon

► Penanaman Pohon Pengganti

(Sumber: BKPP Sulsel, 2014)

1. Lubang tanam dibuat dengan cara menggali tanah sampai kedalaman tertentu. Lubang tanam tidak perlu terlalu dalam cukup 10 cm atau sesuai dengan besarnya polybag bibit.
2. Jarak tanam dapat bervariasi tergantung pada ketersediaan lahan: bisa 3 x 3 m, 4 x 5 m, 5 x 5 m, 3 x 4 m atau 3 x 5 m.
3. Membuka polybag bibit dengan hati-hati, jangan sampai tanah media retak atau pecah pada saat memasukkannya ke lubang tanam. Bila ada keretakan tekan kembali polybag agar tanah kembali bersatu.
4. Perhatikan akar-akar utama atau cabang akar agar ditanam vertikal, supaya akar tunjang tanaman tumbuh kokoh dan kuat ke dalam tanah.
5. Setelah bibit masuk ke lubang dalam posisi tegak lurus, masukkan tanah topsoil atau pupuk organik ke sekeliling lubang, tekan secara perlahan sampai padat. Kemudian disiram air secukupnya.
6. Bila bibit tumbuh miring, perlu dibuat tiang pembantu tempat

mengikat bibit. Tali pengikat tidak boleh tali plastik, dipakai serat batang pisang atau bahan lain yang cepat purus atau lapuk.

7. Waktu pemberian pupuk dilakukan pada permulaan musim hujan, sehingga pemberian pupuk hanya dua atau tiga kali dalam setahun. Pupuk ditabur di sekeliling pohon (tidak bersinggungan dengan batang). Pemberian pupuk NPK boleh dengan menabur di sekeliling pohon, boleh dengan menugal tanah di sekeliling pohon. Setelah pupuk ditaburkan, ditutupi dengan tanah setebal 2 cm. Bila hari tidak hujan, maka sesudah dipupuk perlu disiram air secukupnya.
8. Dosis pupuk berubah atau bertambah sesuai umur tanaman. Waktu tanam NPK 20 gram, organik 5 kg. Pada umur 2 bulan - 1 tahun NPK 300 gr, organik 10 kg, diberikan setiap 2 bulan @ NPK 20 gr dan organik 5 kg. Pada umur 1 tahun NPK 7,5 kg dan organik 25 kg, diberikan setiap 2-3 bulan @ NPK 0.25 - 0.5 kg, organik 5 kg.
9. Bila bibit mati atau tanaman kurang baik tumbuhnya, maka sebaiknya dilakukan penyulaman agar diperoleh hasil yang maksimal.
10. Pengendalian gulma, bertujuan mencegah gangguan pertumbuhan dan mencegah persaingan unsur hara dalam tanah. Pengendalian gulma tanaman disarankan tidak menggunakan herbisida (racun rumput).
11. Serangan hama dan penyakit dapat memperlambat pertumbuhan tanaman bahkan dapat mematikannya. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan hingga tanaman mencapai umur 4-5 tahun. Pelaksanaannya sesuai dengan kebutuhan dan gejala yang ditunjukkan oleh tanaman. Jenis pestisida atau insektisida harus bersifat sistemik. Dosis dan cara pemberian disesuaikan dengan petunjuk pada label kemasan.
12. Tanaman perlu dipangkas supaya pertumbuhannya baik dan terbentuk pohon dengan postur ideal. Pemangkasan cabang dilakukan pada umur 1-4 tahun dengan memotong cabang-cabang bawah, ditinggalkan 4-10 cabang atau sesuai dengan umurnya. Pada umur 3-4 tahun pucuk tanaman dipangkas supaya pohon tidak terlalu tinggi.

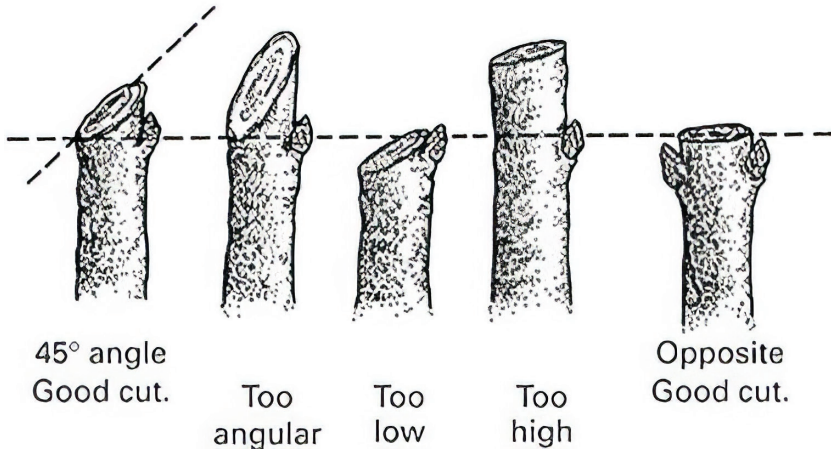
Perawatan (Kode Warna Oranye)

► Pemangkasan (Sumber: Putra et al, 2017)

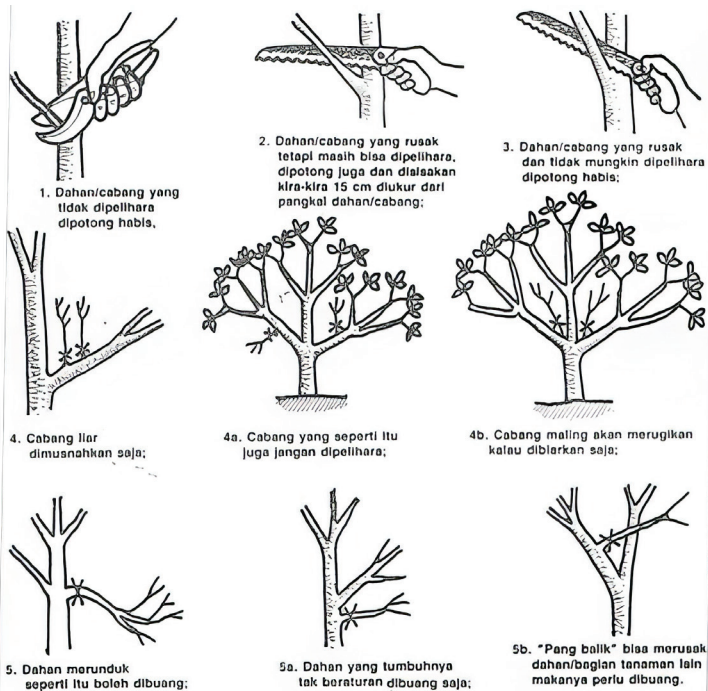
1. Pemangkasan merupakan usaha membuang bagian tertentu dari tanaman agar bagian yang tersisa memiliki bentuk atau kondisi yang lebih baik. Tujuan pemangkasan adalah menjaga kesehatan tanaman (membuang cabang berlebih atau yang terserang hama penyakit) selain itu pemangkasan juga berfungsi untuk mempertahankan bentuk alami tanaman, menjaga ukuran dan bentuk arsitektur serta menjaga keamanan lingkungan.
2. Memangkas pohon sebaiknya dilakukan pada saat pohon kurang aktif, yaitu pada akhir musim kemarau atau pada awal musim hujan.
3. Memangkas ranting dilakukan setelah tumbuhan berbunga.
4. Untuk cabang kecil < 2.5 cm, pemangkasan dilakukan sekali potong dengan gunting pangkas, atau trimmer. Untuk cabang besar > 2.5 cm, dilakukan pemotongan bertahap agar cabang yang dipotong tidak sempal atau merusak batang. Pada cabang besar yang telah dipotong, luka dioles dengan wound dressing (penutup luka) dengan cat plingkut yang diberi fungisida.
5. Pemangkasan batang utama untuk mengurangi tinggi dan volume tajuk dilakukan pada ketinggian 6-7 m.

► Penambalan (Sumber: Putra et al, 2017)

1. Pohon tua atau keropos masih dapat dipertahankan dengan cara penyemenan, dan dapat pula diperkuat dengan penopangan.
2. Pohon yang akan ditambal dibersihkan agar bebas dari air yang terperangkap. Jaringan pohon mati di sekitar area yang akan ditambal dibersihkan.
3. Untuk pohon yang berlubang besar, dilakukan ekskavasi lubang dan pembersihan lubang menyeluruh.
4. Bahan pengisi tambalan dapat berupa semen.



Gambar 8.2. Teknik pemangkasan yang disarankan.
(Sumber: Lush-gardens.com dalam Putra et al, 2017)



Gambar 8.3. Saran bagian-bagian yang dipangkas
(Sumber: Octalda.blogspot.co.id dalam Putra et al, 2017)

Pemantauan Rutin (Kode Warna Kuning)

► Prosedur Pemantauan Rutin

1. Pemantauan rutin dilaksanakan 2 (dua) kali dalam setahun, yaitu menjelang masuk musim penghujan dan setelah musim hujan berakhir.
2. Pemantauan menjelang masuk musim penghujan membantu mendeteksi tanda-tanda penyakit, kerusakan, atau infeksi hama yang bisa memperburuk kondisi pohon saat hujan lebat, angin kencang, atau tanah yang jenuh air. Memastikan bahwa struktur pohon kuat untuk menahan tekanan tambahan dari air hujan dan angin. Ini penting untuk mencegah tumbangnya pohon yang dapat membahayakan keselamatan manusia dan merusak infrastruktur.
3. Pemantauan setelah akhir musim hujan adalah menilai perubahan pada pohon setelah musim hujan berlalu. Pemantauan ini bertujuan untuk melihat dan menilai kemungkinan adanya perkembangan kerusakan struktural seperti dahan yang patah, batang yang retak, atau akar yang rusak dari catatan kerusakan sebelumnya.

Pemantauan Berkala (Kode Warna Biru)

► Prosedur Pemantauan Berkala

1. Pemantauan berkala dilaksanakan 1 (satu) kali dalam setahun, yaitu menjelang masuk musim penghujan.
2. Pemantauan menjelang masuk musim penghujan membantu mendeteksi tanda-tanda penyakit, kerusakan, atau infeksi hama yang bisa memperburuk kondisi pohon saat hujan lebat, angin kencang, atau tanah yang jenuh air. Memastikan bahwa struktur pohon kuat untuk menahan tekanan tambahan dari air hujan dan angin. Ini penting untuk mencegah tumbangnya pohon yang dapat membahayakan keselamatan manusia dan merusak infrastruktur.
3. Pemantauan ini bertujuan untuk melihat dan menilai kemungkinan adanya perkembangan kerusakan struktural seperti dahan yang patah, batang yang retak, atau akar yang rusak dari catatan sebelumnya.

9

Penutup

Buku ini telah menguraikan secara menyeluruh pentingnya perencanaan dan pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lanskap industri, bukan hanya sebagai elemen estetika, melainkan sebagai infrastruktur hijau yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologis, sosial, dan strategis kawasan. RTH di kawasan industri dapat menjadi solusi terhadap isu-isu krusial seperti degradasi ekosistem, perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, hingga ancaman terhadap kesehatan manusia.

RTH harus dirancang secara sadar dan berbasis fungsi. Perencanaan tidak cukup hanya dengan pendekatan visual atau simbolis, tetapi perlu dibangun dari pemahaman ilmiah mengenai proses ekologi, karakteristik lanskap industri, serta kebutuhan manusia di dalamnya. RTH bukan sekadar taman di sela bangunan, melainkan ruang hidup yang memberikan manfaat nyata bagi lingkungan dan masyarakat.

Tantangan memang ada: keterbatasan lahan, orientasi ekonomi jangka pendek, hingga minimnya pemahaman teknis di kalangan pengelola. Namun justru karena tantangan-tantangan inilah buku ini hadir, sebagai panduan berpikir, jembatan antara sains dan praktik, serta dorongan untuk mengarusutamakan ruang hijau dalam agenda pembangunan industri. Harapannya, buku ini dapat menjadi referensi tidak hanya bagi akademisi dan praktisi, tetapi juga bagi pengambil kebijakan dan generasi muda yang tertarik pada isu perencanaan lanskap berkelanjutan.

RTH juga harus dipahami sebagai bagian dari keadilan ekologis. Ia adalah ruang hidup yang inklusif, sehat, dan layak, bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan merancang RTH secara bijak, kita tidak hanya menciptakan lingkungan yang lebih hijau, tetapi juga lebih manusiawi dan bermakna.

Akhir kata, semoga buku ini menjadi pemantik bagi kita semua untuk terus menanam, merancang, dan bergerak, bukan sekadar demi keindahan, tetapi demi kehidupan.





Daftar Pustaka

- Bannet, D. D., & Tkack. B. M. (2014). Forest health monitoring in the United States: a program overview. *Australian Forestry*, 71(3):223-228.
- BKPP Sulsel - Badan Koordinasi Penyuluhan Prov Sulsel. (2014). *Budidaya Tanaman Gaharu*. Makassar: Sekretariat Badan Koordinasi Penyuluhan Prov Sulsel.
- Chi, D., Degerickx, J., Yu, K., & Somers, B. (2020). Urban Tree Health Classification Across Tree Species by Combining Airborne Laser Scanning and Imaging Spectroscopy. *Remote Sensing*, 12(15). doi:10.3390/rs12152435.
- Cohen, P., Potchter, O., Potchter, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental Pollution*, 195: 3-83.
- Du, C., Ge, S., Song, P., Jombach, S., Fekete, A., & Valánszki, I. (2025). Optimizing Urban Green Spaces for Vegetation-Based Carbon Sequestration: The Role of Landscape Spatial Structure in Zhengzhou Parks, China. *Forests*, 16(4), 679.
- KLHK - Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2023). *Manual Teknik Pembalakan Berdampak Rendah (Reduced Impact Logging)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, T., Deska, M. (2021). Assessment of the ability of roadside vegetation to remove particulate matter from the urban air. *Environmental Pollution*, 268: 115465.
- Kumar P., Corada K., Debele S. E., et al., (2024). Air pollution abatement from Green-Blue-Grey infrastructure. *The Innovation Geoscience* 2(4): 100100.

- Kumar, A., Mukherjee, M., Goswami, A., Saxena, N., Rahul, A. (2025). Multiscale Analysis of Green Infrastructure Impacts on PM2.5 and PM10 Pollution in Delhi, India. *Geographica Pannonica*, 29(2): 149-171.
- Li, L., & Bergen, J. M. (2018). Green infrastructure for sustainable urban water management: Practices of five forerunner cities. *Cities*, 74: 126-133.
- Linhares, C. S. F., Gonçalves, R., Martins, L. M., & Knapic, S. (2021). Structural Stability of Urban Trees Using Visual and Instrumental Techniques: A Review. *Forests*, 12(12). doi:10.3390/f12121752.
- Menteri Pekerjaan Umum RI. (2009). Peraturan Menteri PU nomor 17/PRT/M/2009 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota.
- Nuhamara, S. T, & Kasno. (2001). Present Status of Forest Vitality. Technical Report No 6 dalam Forest Health Monitoring to Monitor the Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest Volume II. Japan: ITTO dan Bogor: SEAMEO-BIOTROP.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2008. Pedoman Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum RI.
- Pertiwi, D., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Indriyanto. (2019). Identification of tree damage condition using the forest health monitoring method at Tahura WAR Lampung Province. *Perennial*, 1(1):1-7.
- Pratiwi, L, & Safe'i, R. (2018). Teak tree vitality assessment with forest health monitoring at KPH Balapulang. *Ecogreen*. 4(1):9-15.
- Presiden Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang RI Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- Putra, E.I. (2004). Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan alam produksi [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Putra, P.T., Syahadat, R.M., Radnawati, D., Nurisyah, S. (2017). Buku Panduan Pengelolaan Taman Kota Depok. Jakarta: Ikatan Arsitektur Lansekap Indonesia (IALI).

- Qian, L., Feng, W., Yang, Y., Zhengce, H., Mantao, L., Yuntao, G. (2021). Comprehensive Performance Evaluation of LID Practices for the Sponge City Construction: A Case Study in Guangxi, China. *Journal of Environmental Management*, 231:10-20.
- Safe'i, R. (2004). Penilaian areal hutan bekas terbakar berdasarkan metode fire severity dan forest health monitoring [thesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sagita, Y. (2015). Penilaian kesehatan hutan kota di Kabupaten Garut [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tallent-Halsell, N. G. (1994). *Forest Health Monitoring 1994 Field Methods Guide*. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency.
- Wang, R., Helbich, M., Yao, Y., Zhang, J., Liu, P., Yuan, Y., Liu, Y. (2019). Urban greenery and mental wellbeing in adults: Cross-sectional mediation analyses on multiple pathways across different greenery measures. *Environmental Research*, 176: 108535.
- Wang, Y., Chang, Q., Li, X. (2021). Promoting sustainable carbon sequestration of plants in urban greenspace by planting design: A case study in parks of Beijing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64: 127291.
- Wroblewska, K., & Jeong, B. R. (2021). Effectiveness of plants and green infrastructure utilization in ambient particulate matter removal. *Environ Sci Eur*, 33:110.



**Pohon yang sehat adalah fondasi
dari ekosistem yang kuat.
Memastikan kesehatannya adalah
langkah awal menuju keberlanjutan.**

ISBN 978-602-72775-4-0



9

786027

277540