

# KONTRIBUSI RUANG TERBUKA HIJAU KOTA DALAM MENUNJANG KESEHATAN MASYARAKAT KOTA<sup>1</sup>

**Rachmad Hermawan**

Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata,  
Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University  
E-mail: [rachmadhe@apps.ipb.ac.id](mailto:rachmadhe@apps.ipb.ac.id)

## **ABSTRACT**

The consequences of the city as a center of economic activity are increasing air pollutants, rising air temperatures, and social problems. These can cause public health problems in the urban community, both physically and mentally. The urban green open space (UGOS) are dominated by trees that have both physical and physiological capabilities in controlling air pollutants so it can reduce the negative impact on the health of the city community. The effectiveness of UGOS in controlling air pollution depends on the tree species selected, the tree composition of UGOS, the distribution of the UGOS, the area of each UGOS unit, and the total area of UGOS in a city. One of the efforts to overcome health problems is to carry out healing activities. The type of UGOS that has the potential for healing is urban forest. The conditions, situations, and environmental services of the urban forest can be developed for healing forest activities. The healing forest sites must first be identified and delineated in accordance with criteria of SNI 9006:2021.

*Key words: air pollutant, health, healing forest, urban green open space*

## **PENDAHULUAN**

Sesuai dengan salah satu azas ilmu lingkungan, kota dapat dipandang sebagai suatu ekosistem yang kuat dalam konteks ekonomi (Soeriatmaja 1997). Kota akan menjadi daya tarik bagi masyarakat yang berada di wilayah sekitarnya. Mereka berbondong-bondong untuk mencari nafkah ke kota yang menyebabkan meningkatnya arus urbanisasi. Pada tahun 2015, penduduk perkotaan diperkirakan 54% dari populasi dunia, kemudian pada tahun 2030 akan meningkat sampai 60% (UN 2018). Peningkatan arus urbanisasi memberikan dampak pada meningkatnya kebutuhan lahan untuk tempat tinggal, permasalahan sosial, tidak terkecuali meningkatnya pencemaran udara yang disebabkan aktivitas transportasi, industri, perkantoran, maupun rumah tangga (domestik). Di Jakarta, polusi terbesar berasal dari emisi kendaraan bermotor yang dapat mencapai 57%. dengan rata-rata konsentrasi tahunan partikel halus (PM<sub>2,5</sub>) lebih tinggi 4-5 kali dari ambang aman menurut (VS-ITB [tahun tidak diketahui]).

Peningkatan pencemaran udara, padatnya lalu-lintas, beban kerja yang tinggi, tidak sedikit menyebabkan gangguan kesehatan kepada masyarakat, baik gangguan kesehatan fisik maupun mental. Partikel halus (PM<sub>2,5</sub>) menyebabkan risiko terbesar bagi kesehatan,

<sup>1</sup>Hasil pemikiran yang tidak dipublikasikan

seperti memperparah penyakit jantung, paru kronis, diabetes, dan kanker, juga mempengaruhi kesehatan anak dengan hasil kelahiran yang tidak sempurna, memperlambat pertumbuhan paru-paru, hingga menyebabkan pneumonia dan stunting (VS-ITB [tahun tidak diketahui]; Flies *et al.* 2019) Rata-rata orang Indonesia diperkirakan dapat kehilangan 2,5 tahun dari usia harapan hidupnya karena tingginya konsentrasi partikel halus (PM2.5) yang melebihi ambang aman menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), terutama di Depok, Bandung, dan Jakarta (Lee dan Greenstone 2021). Paparan polusi udara juga dapat menyebabkan depresi klinis (Kim *et al.* 2020; Bakolis *et al.* 2020).

Sebuah kota tidak hanya berisi komponen bangunan fisik, juga harus dilengkapi dengan Ruang Terbuka Hijau Kota (RTHK). Pemerintah mengharuskan RTHK mempunyai luas minimal 30% dari wilayah kota yang terdiri dari 20% berada di lahan publik dan 10 % berada di lahan privat. RTHK ini berfungsi menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan sistem iklim, maupun sistem ekologis lain, sehingga dapat menyediakan udara bersih untuk masyarakat kota, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota (UU 2007). RTHK juga dapat memberikan manfaat sosial budaya, fisik, *engineering*, dan ekonomi (Grey dan Deneke 1978; PP 2002).

Pohon secara individu maupun agregat dapat mengendalikan pencemaran udara melalui *barrier* fisik maupun proses fisiologi (Grey dan Deneke 1978; PP 2002; Dahlan 2014). Tulisan ini menyajikan kemampuan RTHK dalam menurunkan pencemaran udara sehingga dapat mengendalikan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat kota melalui pemilihan jenis pohon dan penataan RTHK yang tepat. Selain itu tapak RTHK dapat dimanfaatkan untuk healing.

## JENIS PENCEMARAN UDARA DI WILAYAH PERKOTAAN

### 1. Jenis dan Sumber Pencemaran Udara Primer

#### a. Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna yang terjadi pada suhu tinggi. Gas ini sangat reaktif dan mempunyai ciri tidak berwarna, berbau, dan berasa. Apabila gas ini terdapat pada sekitar manusia dapat mengikat Hb (hemoglobin) menjadi karboksihemoglobin. Gas CO mempunyai kemampuan mengikat Hb, 200 kali lebih kuat dibandingkan gas O<sub>2</sub>. Kondisi ini menyebabkan orang lemas karena kekurangan oksigen, bahkan dapat sampai menyebabkan kematian (Fardiaz 1995). Manusia terpapar CO dengan konsentrasi 1300 ppm selama setengah jam dapat menyebabkan kematian. Sering kejadian orang meninggal akibat menghirup asap knalpot dalam garasi tertutup (Sastrawijaya 2000).

#### b. Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>)

Sulfur oksida yang banyak di udara adalah SO<sub>2</sub> (sulfur dioksida) dan SO<sub>3</sub> (Sulfur trioksida). SO<sub>2</sub> memiliki bau menyengat dan tidak terbakar di udara, sedang SO<sub>3</sub> tidak reaktif. Sumber utama SO<sub>x</sub> adalah pembakaran bahan bakar seperti minyak bumi, batu

bara, gas alam, kayu (Fardiaz 1995), peleburan logam, letusan gunung api (Sastrawijaya 2000).

Paparan SO<sub>x</sub> dapat menyebabkan iritasi sistem pernafasan, terjadi iritasi tenggorokan pada konsentrasi 5 ppm atau lebih. Iritasi dapat terjadi pada individu yang sensitif pada konsentrasi 1-2 ppm (Fardiaz 1995)

#### c. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen oksida merupakan gas yang terdapat di atmosfer dengan jumlah yang terbanyak adalah gas NO (nitrik oksida) dan NO<sub>2</sub> (nitrogen dioksida). NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan NO<sub>2</sub> memiliki warna coklat kemerahan dan berbau tajam seperti asam nitrat. Sumber utama NO<sub>x</sub> adalah pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, seperti minyak bumi, dan pembakaran sampah. Gas NO terjadi karena pembakaran pada suhu tinggi (Fardiaz 1995; Sastrawijaya 2000).

Gas NO dan NO<sub>2</sub> berbahaya bagi kesehatan manusia. Gas NO<sub>2</sub> empat kali lebih berbahaya dibandingkan dengan gas NO (Fardiaz 1995). NO mempunyai sifat seperti CO yaitu dapat menghambat reaksi oksigen dengan darah. NO mudah bereaksi dengan O<sub>2</sub> membentuk NO<sub>2</sub>. Apabila NO<sub>2</sub> bertemu dengan uap air di udara atau dalam tubuh manusia akan membentuk HNO<sub>3</sub> yang bersifat merusak. NO<sub>2</sub> terasa pedih jika mengenai mata, hidung, saluran, napas, dan jantung (Sastrawijaya 2000).

#### d. Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan komponen organik yang mengandung unsur karbon dan hidrogen. Hidrogen berasal dari sumber-sumber alami, terutama metana, yang berupa proses-proses biologi. Selain itu juga dapat berasal dari aktivitas geothermal, seperti sumber gas alam dan minyak bumi, api alam. Proses dekomposisi, perombakan bahan organik menjadi anorganik, memiliki proporsi terbesar. Hidrokarbon yang berasal dari aktivitas manusia adalah pembakaran gas, minyak, arang, kayu, proses-proses industri, pembakaran sampah, kebakaran hutan dan lahan, evaporasi pelarut organik (Purnomohadi 1995; Fardiaz 1995; Sastrawijaya 2000).

Hidrokarbon berperan dalam pembentukan oksidan fotokimia. Oksidan fotokimia merupakan komponen kimia atmosfer yang diproduksi oleh proses fotokimia, yaitu proses kimia yang membutuhkan bantuan sinar matahari, yang akan mengoksidasi komponen-komponen yang tidak segera dapat dioksidasi oleh gas oksigen (Fardiaz 1995).

#### e. Partikulat

Partikulat merupakan partikel-partikel kecil yang terpisah, terdiri dari campuran partikel padat dan cair yang tersuspensi di atmosfer (gas) (Soedomo 2001). Istilah lain dari partikulat adalah *particulate matter* (PM), aerosol atau partikel-partikel kecil. Partikel-partikel ini dapat tersusun dari berbagai unsur yaitu nitrogen dan sulfur, logam berat (Pb, Zn, Cu, Mn, Cr) dan kation-kation dasar Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> yang berada di atmosfer (Fowler 2002). Partikulat mempunyai waktu tinggal antara beberapa detik sampai beberapa bulan

(Tjasyono 2004) sehingga merupakan pencemaran udara yang paling *prevalens*, kentara, dan biasanya paling berbahaya (Soedomo 2001).

Partikel-partikel mempunyai ukuran yang bervariasi dari 0,005 – 500 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Partikel dengan ukuran kurang dari 2,5 mikrometer disebut partikel halus, sedangkan yang lebih dari 2,5 mikrometer disebut partikel kasar. Partikel halus dengan diameter kurang dari 1 mikrometer mempunyai pergerakan menyerupai gas sehingga dapat diterbangkan sampai jarak 1000 km atau lebih dari sumbernya. Partikel dengan ukuran lebih besar yang tidak dapat disuspensikan, karena pengaruh gravitasi cenderung mengendap sehingga dapat menyebabkan terjadinya wilayah-wilayah yang mempunyai deposit partikel tinggi. Partikel dengan diameter aerodinamik 2,5  $\mu\text{m}$  atau lebih kecil ( $\text{PM}_{2,5}$ ) mempunyai ancaman paling besar terhadap kesehatan manusia, karena dengan massa yang sama partikel ini lebih banyak menyerap senyawa toksik dan karsinogenik dibandingkan partikel dengan ukuran lebih besar, selain itu juga lebih mudah masuk ke bagian lebih dalam dari paru-paru (Beckett *et al.* 1998).

Aktivitas kendaraan bermotor memberikan kontribusi 30-42 % partikel ambien, debu jalan 25-27 % dan aerosol laut 18-23 % (Beckett *et al.* 1998). Partikulat yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor berupa tembaga, seng, timbal, dan nikel. Seng berasal dari ban kendaraan bermotor. Tembaga dan nikel berasal dari ausnya bagian-bagian kendaraan bermotor. Kalsium berasal dari resuspensi debu yang terdapat di permukaan tanah dan jalan yang terbawa oleh kendaraan bermotor (Lagerweff *et al.* 1973 diacu dalam Taihuttu 2001). Pelumas kendaraan bermotor mengandung logam Zn, Cd, Ba, Co dan Mo (Astrauskiene dan Spakauskas 2011).

## **2. Jenis dan Sumber Pencemaran Udara Sekunder**

### **a. Ozon ( $\text{O}_3$ )**

Ozon merupakan gas berwarna kebiru-biruan dengan bau menyengat. Keberadaannya di atmosfer mulai dari permukaan bumi sampai ketinggian paling tidak 100 km. Ozon mempunyai efek yang positif maupun negatif tergantung konsentrasi dan jarak dari permukaan bumi. Ozon yang berada pada jarak 10-15 km dari permukaan bumi disebut ozon troposfer dengan volume sekitar 10% dari ozon atmosfer. Ozon yang berada pada ketinggian lebih dari 15 km disebut ozon stratosfer dengan volume sekitar 90% atau lebih dari ozon atmosfer. Ozon troposfer mempunyai dampak negatif terhadap kehidupan di muka bumi (Wijetieke dan Karunaratne 1995).

Ozon troposfer merupakan polutan sekunder yang dibentuk di atmosfer melalui serangkaian reaksi kimia yang kompleks apabila ada prekursor, hidrogen dan nitrogen oksida bergabung dalam keadaan terdapat sinar matahari. Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan dalam oksidan fotokimia (Wijetieke dan Karunaratne 1995; Heim dan Glas 2011).

## b. Hujan Asam

Hujan asam merupakan hujan dengan pH airnya kurang dari 5,6. Secara alami tidak ada hujan yang pH-nya benar-benar netral, karena di alam sudah ada gas-gas seperti SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>3</sub>) dan NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Aktivitas manusia, seperti transportasi, industri dapat meningkatkan konsentrasi gas-gas tersebut. SO<sub>x</sub> dilepas sebagai hasil oksida sulfur selama proses pembakaran bahan bakar fosil. Demikian juga halnya dengan NO<sub>x</sub> yang disebabkan reaksi antara O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada suhu pembakaran yang tinggi. Sebagai konsekuensinya SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> diemisikan secara bersama-sama sehingga meningkatkan konsentrasi gas di atmosfer (Dahlan 2007).

Sulfur oksida dan nitrogen oksida yang diikuti transformasi kimia (hidrolisis) menjadi asam sulfat dan asam nitrat menyebabkan terjadinya hujan asam (Urban *et al.* 1988; Freer-Smith dan Wellburn 1989). Innes (1987) menjelaskan kation utama dalam hujan asam adalah H<sup>+</sup> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dan sedikit Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, dan Mg<sup>+</sup>, sedangkan anion utama adalah SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan Cl<sup>-</sup>.

## JENIS PENYAKIT YANG SERING DITEMUI WILAYAH PERKOTAAN

### 1. Penyakit Fisik

Penyakit fisik yang sering ditemui di wilayah perkotaan akibat pencemaran udara seperti berikut (Campa dan Castanas 2008; Joshi *et al.* 2020):

- a. Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>): polutan berasal dari proses pembakaran (pemanasan, pembangkit listrik, dan kendaraan bermotor, dapat menyebabkan bronchitis, mengurangi fungsi paru-paru.
- b. *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>): polutan berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, industri, pembakaran bahan bakar rumah tangga, resuspensi debu jalan, dapat menyebabkan penyakit jantung dan pernafasan, kanker paru-paru, infeksi saluran pernafasan bawah akut.
- c. Karbon Monoksida (CO): polutan terjadi karena pembakaran tidak sempurna pada kendaraan bermotor, dapat menyebabkan kekurangan oksigen dalam darah mengakibatkan sakit kepala, mual, dan pusing; dapat menyebabkan kematian.
- d. Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>): pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur untuk pemanasan, energi, dan kendaraan bermotor; dapat memengaruhi sistem pernafasan dan fungsi paru-paru; dapat menyebabkan batuk, lendir, sekresi, asma, dan bronkitis kronis.
- e. Partikulat (Timbal): berasal dari pembakaran bahan bakar bensin dan industri peleburan dan pengecatan; dapat memengaruhi perkembangan otak pada anak, pada dosis yang sangat tinggi dapat menyebabkan kerusakan organ dan otak.
- f. Ozon (O<sub>3</sub>): dibentuk karena reaksi antara NO<sub>x</sub> dengan *Volatile Organic Compound* (senyawa organik yang mudah menguap/VOC) dengan bantuan sinar matahari

(fototimia); dapat menyebabkan problem pernafasan, asma, dan mengurangi fungsi paru-paru.

## 2. Penyakit Mental

Kondisi kota yang padat kendaraan bermotor, panas, sumpek, serta beban hidup dan pekerjaan yang berat dapat menyebabkan gangguan mental. Penyakit ini banyak dialami oleh masyarakat kota dibandingkan dengan masyarakat desa, seperti kecemasan, gangguan psikotik, suasana hati yang tidak nyaman, atau kecanduan. Gangguan kecemasan, termasuk gangguan stres pasca trauma/*post stress trauma disorder* (PSTD), kesusahan, kemarahan, dan *paranoia*, lebih banyak ditemukan di perkotaan dibandingkan perdesaan di beberapa negara Amerika Latin dan Asia (Gruebner *et al.* 2017).

*Post stress trauma disorder* (PSTD) meliputi depresi, kecemasan, gangguan bipolar, gangguan kepribadian, gangguan psikotik, dan gangguan terkait trauma, terutama gangguan stres pasca trauma. Gangguan stres pasca trauma diklasifikasikan dalam kelas baru traumatis. Istilah gangguan stres pasca trauma pertama kali diciptakan pada 1970-an untuk menggantikan sindrom pasca-Vietnam (Taheri *et al.* 2010).

### MEKANISME POHON DALAM MENGENDALIKAN PENCEMARAN UDARA

Yang *et al.* (2005) menjelaskan mekanisme pohon dalam mengurangi polutan udara melalui:

- 1) pengurangan langsung dari udara: pohon mengabsorpsi polutan gas seperti SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan ozon melalui stomata daun dan juga dapat melarutkan polutan dalam permukaan daun yang lembab, selain tajuk pohon dan batang dapat mengadsorpsi (intersepsi) partikulat dari udara (Joshi *et al.* 2020).
- 2) secara tidak langsung: pohon dapat menurunkan suhu udara dengan naungan langsung dan evapotranspirasi sehingga emisi polutan udara dari penggunaan mesin pendingin (AC) dapat dikurangi; selain itu, penurunan suhu udara dapat menghambat aktivitas reaksi kimia yang dapat menghasilkan polutan sekunder.

Partikel diabsorpsi oleh tajuk pohon melalui berbagai proses tumbukan. Partikel di udara akan mudah diadsorpsi oleh permukaan yang lembab, kasar dan bermuatan listrik. Selanjutnya dapat juga disuspensikan oleh tumbukan berikutnya. Penahanan partikel semakin kuat jika mempunyai massa relatif tinggi atau mengenai obyek yang mempunyai sifat lengket (*sticky*). Intersepsi langsung terjadi ketika partikel dideposisikan oleh aliran udara atau gaya gravitasi pada permukaan, tumbukan inersi terjadi ketika momentum partikel membawanya melalui aliran udara yang membelok mengelilingi permukaan. Partikel juga dijatuhkan sesuai arah angin pada obyek yang cocok, seperti daun atau batang, karena aksi turbulensi arus eddy (Beckett *et al.* 1998).

Yang *et al.* (2005) meakukan penelitian di pusat kota Beijing menunjukkan bahwa selama tahun 2002, 2,4 juta pohon dapat mengurangi PM<sub>10</sub> sebanyak 772 ton dan menyimpan karbon sebesar 0,2 juta ton. Pada tahun 2006, pohon-pohonan dari 86 kota yang berada di Canada dapat mengurangi polutan dari udara sebanyak 16.500 ton dengan nilai terhadap Kesehatan sebesar 227,2 juta dollar Canada. Dampak terhadap kesehatan mencegah terjadinya 30 kematian dan 22.000 gejala pernafasan akut (Nowak *et al.* 2018).

### **PEMILIHAN JENIS POHON DAN PENATAAN RTHK**

Sesiau dengan UU (2007), RTHK memiliki luas minimal 30% dari wilayah kota. RTHK yang tersusun oleh pohon-pohonan diharapkan dapat memberikan multi manfaat, termasuk dalam mengendalikan pencemaran udara. Pohon mempunyai fungsi sebagai barrier fisik yang dapat menghalangi penyebaran pencemar partikulat melalui proses adsorpsi (penjerapan) oleh tajuk pohon maupun cabang, ranting, daun. Selain itu, pohon mempunyai kemampuan dalam menyerap (absorpsi) berbagai jenis gas pencemar melalui stomata daun atau melarutkan gas-gas pada air yang menempel pada daun. Proses fisiologis lain seperti transpirasi dapat menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban udara.

Pohon secara individu kurang efektif dalam mengurangi pencemaran udara, sebaiknya ditanam secara bersamaan membentuk tegakan pohon. Sebaran dan luasan RTHK tergantung pada konsentrasi polutan udara di wilayah tersebut. Wilayah-wilayah yang berada di pinggir jalan, seringkali ditanam pohon-pohonan dalam satu jalur memanjang, karena tidak cukup ruang apabila ditanam dua jalur. Penanaman pohon dalam satu jalur, masih memungkinkan ada ruang antar tajuk pohon. Ruang tersebut, kalau memungkinkan dapat ditanam dengan vegetasi yang memiliki habitus herba atau perdu. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan peran vegetasi dalam mengendalikan pencemaran udara, mengurangi celah pencemar udara untuk lepas ke wilayah di belakangnya yang mungkin berupa permukiman maupun pertokoan. Area-area privat di belakang jalur hijau jalan, kalau masih memiliki ruang, maka dapat melakukan penanaman pohon maupun habitus lainnya. Apabila tidak memungkinkan, maka bisa dengan *vertical garden*.

Kawasan privat di perkotaan seperti kompleks perumahan, perkantoran, pergudangan, maupun industri dapat mengembangkan penanaman pohon dengan berbagai bentuk (Fahutan-IPB 1987). Jalur hijau dapat dibangun mengelilingi kawasan, bentuk kebun dan pekarangan untuk perumahan, taman untuk perkatoran, pergudangan, dan Kawasan industry. Kawasan industri sebaiknya membangun jalur hijau yang berfungsi sebagai penyangga terhadap lepasan pencemar udara yang dikeluarkan dari pabrik sehingga tidak mengganggu masyarakat yang ada di sekitarnya. Jumlah baris dan kerapatan pohon jalur hijau tergantung dari konsentrasi pencemaran udara dan kecepatan angin. Semakin tinggi konsentrasi pencemar udara dan semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin banyak baris pohon dan kerapatan pohon yang ditanam.

Pohon-pohonan di wilayah perkotaan tidak hanya untuk mengatasi jenis pencemar tertentu, tapi juga berbagai jenis pencemar udara. Selain itu, juga diharapkan dapat memenuhi fungsi lainnya. Oleh karena itu, pemilihan jenis pohon dan penataannya untuk RTHK perlu mempertimbangkan:

1) Kriteria jenis pohon yang dipilih

a) Tahan terhadap pencemar udara dan stres lingkungan perkotaan

Jenis pohon yang digunakan harus mempunyai ketahanan terhadap pencemar udara, baik gas maupun partikulat. Apabila jenis pohon yang dipilih tidak tahan, maka pohon tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya secara baik, terutama fungsi fisiologi, atau bahkan pohon mengalami kematian. Selain itu, jenis pohon yang dipilih merupakan jenis pohon yang tahan terhadap stres lingkungan perkotaan seperti suhu tinggi, sedikit air, minim nutrisi.

b) Tidak mengganggu kesehatan

Pemilihan jenis pohon untuk pengembangan RTHK yang banyak digunakan publik, sebaiknya dihindari penggunaan pohon yang dapat mengganggu kesehatan. Serbuk sari tanaman *Acacia auriculiformis* apabila tersebar dapat menyebabkan alergi (Dahlan 2007). Daun dan buah bintaro (*Cerbera manghas*) mengandung racun (Gunawan *et al.* 2019).

c) Tidak menghasilkan VOC

Jenis-jenis pohon tertentu dapat melepaskan VOC terdiri dari terpena (isoprena, monoterpena, sequesterpen) dan senyawa teroksigenasi seperti aldehid, aseton, keton, asetat. Senyawa merupakan komponen kimia atmosfer yang berperan dalam pembentukan aerosol organik sekunder dan oksidasi atmosfer. VOC sangat reaktif, apabila bereaksi dengan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) melalui proses fotokimia maka akan membentuk ozon troposferik (Curtis *et al.* 2014; Yaman *et al.* 2015). Contoh jenis pohon yang menghasilkan konsentrasi isoprena dan monoterpena yang relatif tinggi adalah *Pinus* sp (Yaman *et al.* 2015). Oleh karena itu, jenis-jenis pohon yang menghasilkan VOC relatif tinggi, sebaiknya tidak ditanam di wilayah perkotaan.

d) Masa hidup daun

Pohon yang dipilih merupakan pohon yang tidak mudah menggugurkan daun. Daun yang mempunyai masa hidup lebih panjang mempunyai periode waktu yang lebih besar dalam mengakumulasi polutan (Purnomohadi 1995). Selain itu, lebih mudah dalam membersihkan lingkungannya karena relatif sedikit serasah daun yang dihasilkan dalam periode tertentu.

e) Kekasaran permukaan daun dan berbulu

Permukaan daun yang kasar dan berbulu mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mengendapkan dan mengakumulasi partikulat, dibandingkan dengan permukaan daun yang licin dan berlilin (Smith 1981; Dahlan, 1991; Purnomohadi 1995; Farmer 2002; Lei *et al.* 2006).

- f) Struktur batang, cabang dan ranting  
Pohon dengan percabangan horisontal atau berbentuk V ke atas akan lebih efektif menyerap dan mengintersepsi partikulat dibandingkan dengan percabangan yang menggantung ke arah tanah. Demikian pula kulit batang, cabang, dan ranting yang kasar dan berbulu lebih efektif dibandingkan yang kulitnya licin berlilin, sebab partikulat lebih mudah tercuci air hujan atau mudah tertiuip angin (Smith 1981; Dahlan 1991; Purnomohadi 1995).
  - g) Jumlah stomata  
Stomata merupakan tempat pertukaran gas antara daun dan atmosfer. Gas-gas yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas industr, transportasi, maupun domestik melalui stomata pada daun. Semakin banyak stomata daun, maka akan semakin banyak gas pencemar udara yang diserap
  - h) Ukuran stomata  
Ukuran stomata setiap bervariasi, biasanya mempunyai ukuran sekitar 10 $\mu$ m dan lebarnya sekitar 2-7  $\mu$ m. Apabila partikulat mempunyai ukuran lebih kecil dari lubang stomata, maka partikulat dapat diserap masuk ke dalam daun (Smith 1981; Dahlan 1991),
  - i) *Stomatal conductance*  
*Stomatal conductance* merupakan kemampuan stomata untuk melakukan pertukaran gas dan uap air. Semakin tinggi *stomatal conductance*, maka semakin besar kemampuannya dalam menyerap gas polutan. Oleh karena pengaruh *stomatal conductance*, maka pengambil NO<sub>2</sub> akan meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Mansfield 2002).
  - j) Tumbuh cepat  
Jenis pohon tumbuh cepat mempunyai daya regenerasi yang cepat pula. Jenis ini dapat digunakan untuk area-area yang segera mendapatkan penanganan polutannya. Selain itu, jenis ini relatif banyak membutuhkan CO<sub>2</sub>, sehingga relatif banyak CO<sub>2</sub> di atmosfer yang dapat disekuestrasi.
  - k) Tahan angin  
Jenis pohon yang dipilih merupakan pohon yang tahan angin, tidak mudah patah. Jenis ini biasanya memiliki Berat Jenis Kayu minimal 0,4 (Dahlan 2014).
- 2) Kriteria penataan RTHK
- a) Komposisi pohon  
Komposisi pohon diatur sesuai dengan fungsi fisiologi dan ekologisnya sehingga dapat mereduksi pencemaran udara secara efektif. Hal ini dapat dilakukan dengan penanaman pohon yang mempunyai sifat dan kemampuan berbeda dalam meredam pencemaran udara, menerapkan pola multi-strata tajuk dan campuran berlapis, serta berbagai jenis yang berbeda ukuran daun dan kerimbunan tajuknya (Purnomohadi 1995).

b) Sebaran RTHK

RTHK dengan bentuk dan fungsinya sebaiknya menyebar merata di seluruh bagian kota sehingga lebih efektif dalam meredam pencemaran udara dengan total luas minimal 30% dari luas wilayah kota. Namun untuk wilayah-wilayah yang konsentrasi pencemaran udaranya tinggi, maka RTHK dapat dibangun luas dengan sebaran yang optimal.

### **MENGIDENTIFIKASI TAPAK *HEALING FOREST***

Menurut Baroqah *et al.* (2021) *healing forest* merupakan sebuah aktivitas untuk menghilangkan stress, baik secara fisik maupun mental dengan memanfaatkan kondisi dan jasa lingkungan hutan. Pada dasarnya manusia merupakan makhluk ekologi yang selalu berinteraksi membutuhkan ekosistem dan jasa lingkungannya (Ramdan 2021). Berkoneksi dengan alam dapat dilakukan dengan cara yang sederhana melalui indra manusia, seperti mencium aroma bunga, merasakan udara yang segar, melihat perubahan warna bunga dan daun, mendengarkan suara burung, dan merasakan sensasi menyejukan di kulit saat berada di alam terbuka (Li 2018). Pohon-pohonan dapat melepaskan fitonsida (*phytoncide*) ke udara yang dapat memengaruhi sistem imun manusia (Ramdan *et al.* 2021) dengan menurunkan hormon stress dan meningkatkan aktivitas NK (Li 2010). Berjalan menyusuri hutan dapat mengembalikan ketenangan jiwa dan pikiran melalui panca indera manusia (Wahyudi 2021).

*Healing forest* juga dapat diartikan sebagai kegiatan *forest bathing*. Di Jepang lebih dikenal dengan *shinrin-yoku*. *Shinrin-yoku* berasal dari kata *shinrin*, dalam bahasa Jepang berarti hutan (*forest*), dan *yoku* berarti mandi (*bath*). *Shinrin-yoku* berarti menikmati suasana hutan melalui indera kita (Li 2018). Kegiatan ini merupakan praktik penyembuhan dengan menyatukan diri dengan alam, sementara pikiran dipusatkan untuk merasakan kelima indera mereka tanpa harus mengeluarkan tenaga. Aktivitas fisik tidak harus berat, cukup melakukan aktivitas ringan seperti jalan santai dan melakukan meditasi (Hansen *et al.* 2017; Payne dan Delphinus 2018; Kotera *et al.* 2022). Setelah melakukan *shinrin-yoku* dengan berjalan kaki di dalam hutan, terbukti memberikan manfaat bagi penderita diabetes karena dapat membantu mengurangi kadar gula darah (Ohtsuka *et al.* 1998).

*Healing forest* dapat mengaktifkan panca indera manusia yaitu penglihatan, pendengaran, penciuman, pengecapan, dan perabaan sehingga mampu menyembuhkan dan memberikan ketenangan (Li 2018). Kegiatan ini lebih pada proses penyembuhan yang dapat membantu memelihara kesehatan fisik, psikologis, dan meningkatkan imunitas, dibandingkan mengobati penyakit (Park *et al.* 2021). Dampak positif kegiatan ini pada: (a) sistem kardiovaskuler (hipertensi/penyakit jantung koroner); (b) sistem pernapasan (alergi dan penyakit pernapasan); (c) relaksasi mental (kelainan sulit berkonsentrasi/hiperaktivitas); dan (d) perasaan manusia akan "takjub" (peningkatan rasa syukur dan tidak mementingkan diri) (William 2016 dalam Hansen *et al.* 2017).

Salah satu bentuk RTHK yang memungkinkan dikembangkan untuk kegiatan *healing* adalah hutan kota. Hutan kota mempunyai luas minimal 0,25 ha dan didominasi pohon-pohonan (PP 2002) yang menghasilkan jasa ekosistem sehingga memberikan rasa sejuk dan nyaman serta memberikan nilai estetika. Area hutan kota berpotensi memiliki tapak-tapak yang dapat dimanfaatkan untuk *healing forest*. Tapak ini dirancang dengan fasilitas yang secara obyektif dan terukur untuk menciptakan serangkaian manfaat kesehatan fisik bagi wisatawan untuk tujuan promotive, preventif, kuratif, rehabilitatif, preservatif maupun paliatif (SNI 2021). Tapak *healing forest* ditentukan dengan kriteria: (a) kerapatan vegetasi (sedang sampai rapat); (b) tingkat kelerengan (0-15%); (c) suhu udara berkisar antara (20-26°C) dan kelembaban udara berkisar (40-80%); (d) kebisingan (<50 dB); (e) kecepatan angin (<1m/detik); (f) kandungan ion negative udara (>1000 ion/cm<sup>3</sup>); (g) intensitas cahaya matahari yang dingin; serta (h) dapat diakses dengan mudah dan aman dari gangguan bahaya dan bencana (Ramdan 2021; SNI 2021). Tapak-tapak hutan kota dapat dikembangkan sebagai lanskap terapi sesuai dengan tujuan aktivitas *healing* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengembangan lanskap untuk aktivitas *healing*

No.	Aktivitas <i>healing</i>	Status indikator lanskap terapi untuk orang yang mengalami PTSD	Indikator lanskap terapi
1.	Mengurangi stres	Tidak terlalu terbuka dan tidak terlalu tertutup	Keseimbangan antara ruang terbuka dan ruang tertutup
2.	Mengurangi sakit/ gangguan positif	Keanekaragaman tumbuhan, penggunaan ukuran tanaman pendek dan tinggi yang dikombinasikan dengan penggunaan lanskap hijau, biru, dan warna-warni	Keanekaragaman sayuran
3.	Mengurangi stres/ menurunkan tekanan darah/menurunkan kemarahan	Abstraksi dan kompleksitas untuk pasien yang stres tidak dapat diterima	Meminimalkan ambiguitas
4.	Mengurangi stres / membuat rasa aman untuk lebih banyak mobilitas	Menyediakan jalan yang aman untuk pasien dengan masalah mobilitas [kemiringan, tangga, Lantai]; Pencahayaan yang tepat untuk area tersebut	Menciptakan rasa aman
5.	Mengurangi stres dan tenang	Atraksi burung, suasan tiupan angin dan gesekan daun, suara gemercik air	Menurunkan kebisingan dan meningkatkan suara-suara alam
6.	Mengurangi detak jantung / mengurangi kemarahan	Penggunaan air danau dan kolam	Penggunaan air dengan tepat
7.	Distraksi positif/ mengurangi stres	Kehadiran satwa secara terbatas di beberapa ruang (contoh: ikan dalam kolam, burung yang dipelihara)	Menciptakan ekosistem kecil

No.	Aktivitas <i>healing</i>	Status indikator lanskap terapi untuk orang yang mengalami PTSD	Indikator lanskap terapi
8.	Efek positif pada memori dan navigasi /menurunkan detak jantung dan tekanan darah / menurunkan depresi	Keanekaragaman jenis tumbuhan, pohon buah	Bunga mekar, tajuk berwarna-warni dan mengeluarkan bau
9.	Mengurangi kemarahan dan depresi / meningkatkan kapasitas kognitif	Membuat pot di permukaan tanah yang cocok untuk penderita PTSD dengan batasan fisik [seperti kursi roda]	Menciptakan tempat untuk hortikultura
10.	Mengurangi stres / Mengurangi depresi / Meningkatkan daya ingat, konsentrasi, dan indra	Kehadiran elemen menarik di sepanjang jalan untuk meningkatkan motivasi; selain itu perlu lantai yang tepat dan penciptaan bayangan	Menciptakan ruang untuk berjalan-jalan

Sumber: Taheri *et al.* (2019)

## PENUTUP

RTHK yang didominasi oleh pohon-pohonan mempunyai kemampuan secara fisik maupun fisiologis dalam mengendalikan pencemaran udara sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat kota. Efektivitas RTHK dalam mengendalikan pencemaran udara tergantung pada jenis pohon yang dipilih, cara penataannya, sebaran RTHK, luas masing-masing unit RTHK, dan luas total RTHK dalam suatu kota.

Gangguan kesehatan masyarakat kota tidak hanya secara fisik, tetapi juga sering mengalami gangguan mental. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan adalah dengan melakukan *healing*. Jenis RTHK yang mempunyai potensi untuk dikembangkan untuk kegiatan *healing* adalah hutan kota. Kondisi, suasana, dan jasa lingkungan hutan kota dapat dikembangkan untuk kegiatan *healing forest*. Kemungkinan tidak semua area hutan kota sesuai untuk *healing*, harus terlebih dahulu dilakukan identifikasi dan deleneasi tapak yang memenuhi kriteria SNI 9006:202.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astrauskine N, Spakauskas V. 2011. The Complex Evaluation of Traffic Pollution Dispersion Near Roadways. The 8<sup>th</sup> International Conference May 19-20, 2011, Vilnius, Lithuania.
- Bakolis I, Hammoud R, Stewart R, Beevers S, Dajnak D, Mac Crimmon S, Broadbent M, Pritchard M, Shiode N, Fecht D *et al.*.2020. Mental health consequences of urban air pollution: prospective population-based longitudinal survey. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. <https://doi.org/10.1007/s00127-020-01966-x>.

- Baroqah B, Sudjata RGG, Irawan DJ. 2021. The benefits of stress relieving treatment in a healing forest program: A pilot project at Ranca Upas, Ciwidey, West Java. *IOP Publishing* . 981. doi:10.1088/1755-1315/918/1/012040.
- Beckett KP, Freer-Smith PH, Taylor G. 1998. Urban woodlands : their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environ Pollut* 95 : 27-35
- Byun HJ, Lee BC, Kim D, Park KH. 2022. Market segmentation by motivations of urban forest users and differences in perceived effects. *Int. J. Environ.Res. Public Health* (19): 114. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010114>
- Cianga N, Popescu AC. 2013. Green spaces and urban tourism development in Craiova Municipality in Romania. *European Journal of Geograph*. 4 (2) : 34-45.
- Dahlan EN. 1991. Hutan Kota (Bahan Kuliah). Bogor: Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.
- Curtis AJ ,Helmig D,Baroch C , Daly R, Davis S. 2014. Biogenic volatile organic compound emissions from nine tree species used in an urban tree-planting program. *Atmospheric Environment* 95 (2014): 634-643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.035>.
- Dahlan, EN 2014. *Madinatul Khair (Humanized Green City)*. Bogor: IPB dan PT Eiger Indonesia.
- [Fahatan IPB] Fakultas Kehutanan IPB. 1987. Konsepsi Hutan Kota. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Farmer A. 2002. Effect of particulates. Di dalam: Bell JNB, Treshow M, editor. *Air Pollution and Plant Life (Second Edition)*. New York: J Wiley.
- Flies EJ, Suzanne Mavoia S, Graeme R. Zoskyc GR, Mantziorise E, WilliamsfC, Erig R, Brook BW, Jessie C. Buettel JC. 2019. Urban-associated diseases: candidate diseases, environmental risk factors,and a path forward. *Environmental International*. 133 (2019) 105187
- Fowler D. 2002. Pollutant deposition and uptake by vegetation. Di dalam: Bell, JNB, Treshow M, editor. *Air Pollution and Plant Life (Second Edition)*. New York: J Wiley
- Grey GW, Deneke FI. 1978. *Urban Forestry*. New York (USA): John Willey and Sons, Inc.
- Freer-Smith PH, Holloway S, Goodman A. 1997. The uptake of particulates by an urban woodland: site description and particulate composition. *Environ Pollut* 95: 27 - 35.
- Freer-Smith PH, Welburn AR. 1989. Acidic Deposition (SOx and NOX): the Impact upon Vegetation. Dalam: Newman DW, Wilson KG (Eds): *Models in Plant Physiology and Biochemistry (Vol. III)*. Florida: CRC Press Inc. 71-74.
- Grey GW, Deneke FI. 1978. *Urban Forestry*. New York (USA): John Willey and Sons, Inc.
- Gruebner O, Rapp MA, Adli M, Kluge U, Galea S, Heinz A. 2017. Cities and mental health. *Dtsch Arztebl Int*. 114: 121–7. doi: 10.3238/arztebl.2017.0121
- Hansen MM, Jones R, Tocchini K. 2017. Shinrin-yoku (Forest Bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 14(851): 1-37. doi:10.3390/ijerph1408085.
- Heim C, Glas K. 2011. Ozone i: characteristics/generation/possible applications. *BrewingScience*. 64 (8).
- Joshi N, Joshi A, Bist B. 2020. Phytomonitoring and Mitigation of Air Pollution by Plants. R. Roychowdhury et al. (eds.). *Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change*. Springer, Nature Switzerland AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45669-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45669-6_5)
- Kim Y, Manley J, Radoias V. 2020. Air pollution and long term mental health. *Atmosphere*. 11 (1355).

- Kampa M, Castanas E. 2008. Human health effects of air pollution. *Environ. Pollut.* 151 (2):362-367. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>
- Kotera Y, Richardson M, Sheffield D. 2022. Effects of shinrin-yoku (forest bathing) and nature therapy on mental health: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Mental Health and Addiction.* 20: 337-361. doi: <https://doi.org/10.1007/s11469-020-00363-4>.
- Li Q. 2018. *Forest Bathing: How Trees Can Help You Find Health and Happiness*. New York (USA): Penguin Random House LLC.
- Mandziuk A, Fornal-Pieniak B, Stangierska D, Parzych S, Widera K. 2021. Social preferences of young adults regarding urban forest recreation management in Warsaw, Poland. *Forest.* (12): 1524. <https://doi.org/10.3390/f12111524>.
- Mansfield TA. 2002. *Nitrogen Oxides: Old Problem and New Challenges*. Dalam: Bells JNB and Treshow M (Eds). *Air Pollution and Plant Leaf (Second Edition)*. New York (USA): John Wiley & Sons.
- Nowak DJ, Hirabayashi S, Doylec M, McGovern M, Pasher J. 2018. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening.* 29 (2018): 40-48.
- Ohtsuka Y, Yabunaka N, Takayama S. 1998. Shinrin-yoku (forest-air bathing and walking) effectively decreases blood glucose levels in diabetic patients. *Int. J. Biometeorol* 41(3): 125-127. doi:[10.1007/s004840050064](https://doi.org/10.1007/s004840050064).
- Payne M, Delphinus E. 2018. A review of the current evidence for the health benefits derived from forest bathing." *The International Journal of Health, Wellness, and Society.* 9 (1): 19–30. doi: <https://doi.org/10.18848/2156-8960/CGP/v09i01/19-30>.
- Lee K, Greenstone M. 2021. *Polusi Udara Indonesia dan Dampaknya terhadap Usia Harapan Hidup*. Chicago: EPIC.
- Park S, Kim S, Kim G, Choi Y, Kim E, Paek D. 2021. Evidence-based status of forest healing program in south korea. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 18(10368): 1-16. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph181910368>
- Purnomohadi S. 1995. Peran ruang terbuka hijau dalam pengendalian kualitas udara di DKI Jakarta [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Miller RW. 1998. *Urban Forestry : Planning and Managing Urban Greenspaces*. Englewood: Prentice Hal.
- [PP] Peraturan Pemerintah RI No. 63 Tahun 2002 Tentang Hutan Kota. 2007.
- Ramdan H. 2021. Drone technology for identification of healing forest spot at Kampung Cisamaya Mount Ciremai National Park. *IOP Publishing.*981. doi:10.1088/1755-1315/918/1/012040.
- Ramdan H, Prameswari SA, Dwiartama A. 2021. Suitability analysis of Kampung Pasundan Cisamaya in Mount Ciremai National Park Area as Healing Forest Site. *Journal of Biological Science, Technology and Management.* 3(2):30-36. doi: 10.5614/3bio.2021.3.2.4.
- Sastrawijaya AT. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Soedomo M. 2001. *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Bandung: Penerbit ITB.
- Soeriatmaja RE. 1997. Ilmu Lingkungan. Bandung: Penerbit ITB.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 9006:2021 .2021. Wisata Hutan untuk Terapi Kesehatan (*healing forest*). Badan Standarisasi Nasional.
- Taheri S, Sichani MG, Shabani A. 2019. *The Role of Therapic Landscape in Improving Mental Health of People With PTSD*. DOI: 10.5772/intechopen.86543.

- Taihuttu, HN. 2001. Studi kemampuan tanaman jalur hijau sebagai penjerap partikulat hasil emisi kendaraan bermotor [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi (Edisi Kedua)*. Bandung; Penerbit ITB. .
- Urban BK, Papke HE, Petters K, Schimansky Chr. 1988. Forest Decline. Assessment Group of Biology, Ecology, and Energy of Julich Nuclear Research Centre for the US Environmental Protection Agency and German Ministry of Research and Technology.
- [UN] United Nation . 2018. *World Urbanization Prospects, the 2018 Revision*. New York: Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.
- [UU] Undang-undang No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. 2007.
- [VT-ITB] Vital Strategis-Insitut Teknologi Bandung. Tahun tidak diketahui. *Sumber Utama Polusi Udara di DKI Jakarta*. VT-ITB.
- Wahyudi K. 2021. Potensi area *healing forest* di Kampus IPB Dramaga Bogor [skripsi]. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Wijetilleke L, Karunaratne SA. 1995. *Air Quality Management: Considerations for Developing Countries*. Washington DC: The World Bank.
- Yaman B, Aydin YM, Koca H, Dasedmir OK, Kara M, Altiok H, Domanoglu Y, Bayran A, Tolunay D, Odabasi M *et al.*. 2015. Biogenic volatile organic compound emissions from various endemic tree speciesin Turkey. *Aerosol and Air Quality Research*. 15:341-356. doi:10.4209/aaqr.2014.04.0082.
- Yang J, Mc Bride J, Zhou J, Sun Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*. 3(2): 65-78.