

Bunga Matahari (*H. annuus*) yang digunakan sebagai agen fitoremediasi agar diketahui peran bakteri tersebut dalam degradasi senyawa organik volatil benzena. Penelitian oleh Zhao dkk. (2019) secara khusus menambah sampel rizosfer tanah dari tanaman, agar diteliti efisiensi penyisihan (*removal efficiency*) sistem fitoremediasi tanaman saja dan sistem tanaman-mikroba dalam proses degradasi formaldehida.

Farraji dkk. (2016) mengemukakan bahwa kelemahan utama dari proses fitoremediasi polusi udara adalah konsentrasi kontaminasi, toksisitas senyawa, pilihan tanaman dan toleransi stres. Sedangkan kelebihan adalah metode fitoremediasi sangat cocok diterapkan pada ruangan dengan konsentrasi kontaminan tidak terlalu tinggi. Semakin banyaknya penelitian skala laboratorium serta penerapan dengan modifikasi sistem pada skala lapangan merupakan kemajuan yang brilian sebagai bagian dari pengolahan lingkungan yang berkelanjutan (*sustainable environment treatment method*) sehingga membuka peluang lebih besar untuk komersialisasi.

SIMPULAN

Simpulan

Fitoremediasi adalah metode yang terbukti potensial untuk meningkatkan kondisi udara dalam ruangan karena keunggulannya seperti ramah lingkungan, hemat biaya dan dapat diterapkan secara publik. Namun, mekanisme remediasi oleh tanaman relatif lebih lambat dikarenakan tanaman merupakan makhluk hidup, jika dibandingkan dengan proses pemurnian udara mekanis lainnya.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah di *review*, kombinasi metode fitoremediasi dengan penggunaan tanaman *indoor* hiperakumulator dan mikroba tanah yang resistan

terhadap VOC yang dimodifikasi menjadi sistem *green walls* bersama dengan sistem ventilasi (*open space with windows*) dalam ruangan, diharapkan dapat memberi hasil signifikan bagi penghematan energi, penurunan pencemaran udara akibat VOC dan dengan demikian meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, P., Sarkar, M., Chakraborty, B. dan Tirthankar, B. 2019. *Phytoremediation of Air Pollutants: Prospects and Challenges*. Phytomanagement of Polluted Sites. Elsevier Publishing, India. Chapter 7, Halaman 225.
- Bandehali, S., Miri, T., Onyeaka, H. dan Kumar, P. 2021. Current State of Indoor Air Phytoremediation Using Potted Plants and Green Walls. *Atmosphere* 2021, 12 (4): 473.
- Baur, P. dan Schönherr, J. 1995. Temperature dependence of the diffusion of organic compounds across plant cuticles. *Chemosphere* 30 (7): 1331-1340.
- Chauhan, P. 2017. Role of plants in indoor air remediation. *International Journal of Engineering Technology Science and Research* 4 (9): 749-756.
- Cincinelli, A. dan Martellini, T. 2017. Indoor air quality and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (11): 1-5.
- Cruz, M. D., Christensen, J. H., Thomsen, J. D., Muller, R., 2014. Can ornamental potted plants remove volatile organic compounds from indoor air? A review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21: 13909- 13928.
- Curtis, S. 1839. *Curtis's Botanical Magazine*. Botanical Magazine Warehouse. Glazenwood, Essex, London. Volume XII, Halaman 6.
- Darko, E., Heydarizadeh, P. Benoit, S. dan Sabzalian, M. R. 2014. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 369: 1-7.
- EPA. 2022. *Technical Overview of Volatile Organic Compounds*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2012. *Benzene*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2012. *Toluene*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2012. *Xylenes*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2000. *Ethylbenzene*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.

- EPA. 2000. *Formaldehyde*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2000. *Styrene*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2000. *Hexane*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- EPA. 2000. *Trimethylamine*. Environment Protection Agency of U.S. Government, USA.
- Farraji, H., Zaman, N. Q., Tajuddin, R. M. dan Faraji, H. 2016. Advantages and disadvantages of phytoremediation: A concise review. *Int J Env Tech Sci* 2: 69-75.
- Fooladi, M., Moogouei, R., Jozi, S.A., Golbabaei, F. dan Tajadod, G. 2019. Phytoremediation of BTEX from indoor air by Hyrcanian plants. *Environmental Health Engineering and Management Journal* 6 (4): 233-240.
- Global Biodiversity Information Facility. 2021. *Plant Species Database*. GBIF Secretariat Universitetsparken, Copenhagen, Denmark.
- Gong, Y., Zhou, T., Wang, P., Lin, Y., Zheng, R., Zhao, Y. dan Xu, B. 2019. Fundamentals of Ornamental Plants in Removing Benzene in Indoor Air. *Atmosphere* 10: 1-11.
- Gubb, C., Blanus, T., Griffiths, A. dan Pfrang, C. 2018. Can houseplants improve indoor air quality by removing CO₂ and increasing relative humidity?. *Air Quality, Atmosphere & Health* 1: 1-12.
- Guieysse, B. Hort, C., Platel, V., Munoz, R., Ondarts, M. dan Revahd, S. 2008. Biological treatment of indoor air for VOC removal: Potential and challenges. *Biotechnology Advances* 26 (5): 398-410.
- Hormann, V., Brenske, K. R. dan Ulrichs, C. 2019. Assessment of filtration efficiency and physiological responses of selected plant species to indoor air pollutants (toluene and 2-ethylhexanol) under chamber conditions. *Enviro Sci Pollut* 1: 1-12.
- Kim, K. J., Han, S. W., Yoon, J., Jeong, N., You, S. J., Yoo, E. H., Seo, H. W., Jo, S. J. dan Kay, S. J. 2021. Removal of indoor odors via phytoremediation: interaction between aromatic hydrocarbon odorants decreases toluene removal. *Air Quality, Atmosphere & Health* 13: 1395-1401.
- Lee, H., Jun, Z. dan Zahra, Z. 2021. Phytoremediation: The Sustainable Strategy for Improving Indoor and Outdoor Air Quality. *Environments* 8 (118): 1-17.
- Lu, M., Lu, J. H., Li, D. H., Zhang, L. F. dan Zhao, X. M. 2018. Study on Changes of Chlorophyll Content in Plant under Indoor Benzene Stress. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 186: 1-6.
- Megia, R., Ratnasari dan Hadisunarso. 2015. Karakteristik morfologi dan anatomi, serta kandungan klorofil lima kultivar tanaman penyerap polusi udara *Sansevieria trifasciata*. *Jurnal Sumberdaya Hayati* 1 (2): 34-40.

- Montero-Montoya, R., López-Vargas, R. dan Arellano-Aguilar, O. 2018. Volatile organic compounds in air: sources, distribution, exposure and associated illnesses in children. *Annals of Global Health* 84 (2): 225-238.
- Noor, H. M. dan Ahmad, H. 2020. Native ornamental potted plants for sustainable improvement of indoor air quality. *International Journal of Applied Agricultural Sciences* 6 (3): 44-51.
- Pamonpol, K., Areerob, T. dan Prueksakorn, K. 2020. Indoor Air Quality Improvent by Simple Ventilated Practice and *Sansevieria trifasciata*. *Atmosphere* 11 (217): 1-16.
- Panyametheekul, S., Rattanapun, T., Morris, J. dan Ongwande, M.. 2019. Foliage houseplant responses to low formaldehyde levels. *Building and Environment* 147: 67-76.
- Parseh, I., Teiri, H., Hajizadeh, Y. dan Ebrahimpour, K. 2018. Phytoremediation of benzene vapors from indoor air by *Schefflera arboricola* and *Spathiphyllum wallisii* plants. *Atmospheric Pollution Research Journal* 9 (1): 1-5.
- Peer, W. A., Baxter, I. R., Richards, E. L., Freeman, J. L. dan Murphy, A. S. 2009. Phytoremediation and hyperaccumulator plants. *Molecular Biology of Metal Homeostasis and Detoxification* 14: 299-340.
- PerMenKes RI. 2011. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah, lampiran 2: 8.
- Pettit, T., Irga, P. J. dan Torpy, F. R. 2018. The in situ pilot-scale phytoremediation of airborne VOCs and particulate matter with an active green wall. *Air Quality, Atmosphere & Health* 1: 1-12.
- Peuke, A.D. dan Rennenberg, H. 2005. Phytoremediation: molecular biology, requirements for application, environmental protection, public attention and feasibility. *European Molecular Biology Reports* 6 (6): 497-501.
- Posudin, Y. 2008. *Volatile Organic Compounds in Indoor Air: Scientific, Medical and Instrumental Aspects*. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev.
- Sabljić, A., Guesten, H., Schoenherr, J. dan and Riederer, M. 1990. Modeling plant uptake of airborne organic chemicals. 1. Plant cuticle/water partitioning and molecular connectivity. *Environ. Sci. Technol.* 24 (9): 1321-1326.
- Sage, R. F., Kubien, D. S. 2007. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 30: 1086-1106.
- Sowa, J., Hendiger, J., Maiejuk, M., Sikora, T., Osuchowski, L. dan Kaminska, H. 2019. Potted Plants as Active and Passive Biofilters Improving Indoor Air Quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 290: 1-9.

- Sriprapat, W., Roytrakul, S. dan Thiravetyan P. 2020. Proteomic studies of plant and bacteria interactions during benzene remediation. *Journal of Environmental Sciences* 94: 161-170.
- Suarez-Caceres, G. P. dan and Pérez-Urrestarazu, L. 2021. Removal of Volatile Organic Compounds by Means of a Felt-Based Living Wall Using Different Plant Species. *Sustainability* 13 (6393): 1-10.
- Teiri, H. dan Hajizadeh, Y. 2018. Phytoremediation of Formaldehyde from Indoor Environment by Ornamental Plants: An Approach to Promote Occupants Health. *International Journal of Preventive Medicine* 9 (70): 1-7.
- Treesubsuntorn, C. dan Thiravetyan, P. 2018. Botanical Biofilter for Indoor Toluene Removal and Reduction of Carbon dioxide Emission under Low Light Intensity by Using Mixed C3 and CAM Plants. *Journal of Cleaner Production* 6 (18): 1-14.
- Treesubsuntorn, C., Lakaew, K., Autarmat, S. dan Thiravetyan, P. 2020. Enhancing benzene removal by *Chlorophytum comosum* under simulation microgravity system: Effect of light-dark conditions and indole-3-acetic acid. *Acta Astronautica* 175: 396-404.
- Wannomai T., Kemacheevakul, P. dan Thiravetyan, P. 2019. Removal of Trimethylamine from Indoor Air Using Potted Plants under Light and Dark Conditions. *Aerosol and Air Quality Research* 19: 1105-1113.
- Wang, L. B., Shenga, Q., Zhang, Y., Xua, J., c, Zhang, H. dan Zhu, Z. 2020. Tolerance of Fifteen Hydroponic Ornamental Plant Species to Formaldehyde Stress. *Environmental Pollution* 1-26.
- Yamori, W. Hikosaka, K. dan Way, D. A. 2014. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynth. Res.* 119:101-117.
- Yang, D. S., Pennisi, S. V., Son, K. C. dan Kays, S. J. 2009. Screening Indoor Plants for Volatile Organic Pollutant Removal Efficiency. *Hortscience* 44 (5): 1-5.
- Yoo, M.H., Kwon, J.Y. dan Son, K.C. 2006. Efficacy of indoor plants for the removal of single and mixed volatile organic pollutants and physiological effects of the volatiles on the plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131 (4): 256-258.
- Zhao, S., Zhao, Y., Liang, H. dan Su, Y. 2019. Formaldehyde removal in the air by six plant systems with or without rhizosphere microorganisms. *International Journal of Phytoremediation* 1: 1-10.

LAMPIRAN

Tinjauan Kritis Jurnal

Topik: Fitoremediasi Pencemaran Udara dalam ruangan akibat *Volatile Organic Compounds* dengan penggunaan Tanaman Hias

No Ref.	Ringkasan dan Tinjauan Kritis
1.	<p data-bbox="344 461 874 495">Nama Penulis, Judul, Jurnal, web/doi</p> <p data-bbox="344 506 1372 651">Parseh, I., Teiri, H., Hajizadeh, Y. dan Ebrahimpour, K. 2018. Phytoremediation of benzene vapors from indoor air by <i>Schefflera arboricola</i> and <i>Spathiphyllum wallisii</i> plants. <i>Atmospheric Pollution Research Journal</i> 9 (1): 1-5. doi: 10.1016/j.apr.2018.04.005.</p> <p data-bbox="344 674 927 707">Latar Belakang Penelitian, Permasalahan</p> <ul data-bbox="360 719 1372 1189" style="list-style-type: none">- Manusia menghabiskan sekitar 90% aktivitasnya di dalam ruangan dibandingkan di luar ruangan. Oleh karena itu, seseorang lebih beresiko untuk terpapar dengan polutan udara <i>indoor</i> seperti benzena.- Benzena merupakan salah satu senyawa organik mudah menguap (<i>volatile organic compound</i>) yang termasuk sebagai polutan dan bersifat karsinogenik.- Konsentrasi benzena di dalam ruang tertutup (<i>indoor</i>) diketahui lebih tinggi dibandingkan benzena di dalam ruang terbuka (<i>outdoor</i>) dikarenakan memiliki banyak sumber dan terakumulasi di dalam ruang tersebut.- Tanaman Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>) dan <i>Peace Lily</i> (<i>Spathiphyllum wallisii</i>) diketahui dapat menyerap polutan udara benzena dan beberapa polutan udara menguap di udara lainnya. <p data-bbox="344 1200 608 1234">Tujuan Penelitian:</p> <ul data-bbox="360 1245 1372 1413" style="list-style-type: none">- Mengevaluasi kemampuan tanaman Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>) dan <i>Peace Lily</i> (<i>Spathiphyllum wallisii</i>) untuk menyerap polutan udara benzena pada lingkungan terkontrol di dalam <i>chamber grit</i>.- Mengetahui efek toksisitas benzena terhadap efisiensi tanaman dalam penyerapan senyawa polutan udara benzena itu sendiri. <p data-bbox="344 1424 663 1458">Pertanyaan Penelitian:</p> <ul data-bbox="360 1469 1372 1637" style="list-style-type: none">- Bagaimana kemampuan tanaman Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>) dan <i>Peace Lily</i> (<i>Spathiphyllum wallisii</i>) dalam menyerap polutan udara benzena pada lingkungan terkontrol di dalam <i>chamber grit</i>?- Bagaimana efek toksisitas yang diperlihatkan tanaman pada kadar pemaparan benzena yang bervariasi? <p data-bbox="344 1648 735 1682">Kerangka Teori/Konseptual</p> <ul data-bbox="360 1693 1372 1995" style="list-style-type: none">- Benzena diketahui merupakan salah satu senyawa polutan organik menguap (VOC) pencemar yang terdapat di udara <i>indoor</i> dan memiliki efek karsinogen bagi manusia.- Penggunaan teknik fitoremediasi untuk menyerap atau menghilangkan senyawa polutan udara benzena dengan tanaman Tanaman Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>) dan <i>Peace Lily</i> (<i>Spathiphyllum wallisii</i>).- Beberapa spesies tanaman <i>indoor</i> diketahui memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi senyawa polutan udara (VOC) pada stomata melalui mekanisme fitoremediasi.