



**Citation:**

Novianti, Y., Olivia, S., & Muliana, E. (2024). Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota. *MARKA (Media Arsitektur Dan Kota) : Jurnal Ilmiah Penelitian*, 7(2), 149-166. <https://doi.org/10.33510/marka.2024.7.2.149-166>

**Article Process**

**Submitted:**  
03/11/2023

**Accepted:**

30/12/2023

**Published:**

29/01/2024

**Office:**

Departement of Architecture  
Matana University  
ARA Center, Matana University Tower  
Jl. CBD Barat Kav, RT.1,  
Curug Sangereng, Kelapa Dua, Tangerang, Banten,  
Indonesia



This is an open access article published under the CC-BY-SA license.

**Original Paper**

# Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota

**Yenny Novianti<sup>1\*</sup>, Sisca Olivia<sup>2</sup>, Erna Muliana<sup>3</sup>**  
<sup>1, 2, 3</sup>Universitas Malikussaleh, Prodi Arsitektur  
Jurusan Teknik Sipil  
\*yenny.novianti@animal.ac.id

**ABSTRACT**

Bioenergi is a renewable energy source that can be renewed naturally and has a good environmental impact on air quality in urban environments. Urban parks have the potential to integrate bioenergi into an urban context. Design environmentally friendly city parks to be able to produce bioenergi, so that public spaces can double as both open recreation spaces and sources of green energy. The air condition in Lhokseumawe City experiences CO<sub>2</sub> pollution and high air temperatures. The aim is to implement bioenergi in gardens through application to plants and trees. Climate change is characterized by extreme rainfall and temperatures. Apart from that, the depletion of the ozone layer is the impact of global warming which is indicated by high air temperatures a global issue. In essence, climate change occurs in all cities. Apart from that, rapid urban development is the influence of the activity and density of the city center which triggers an increase in global warnings and has an impact on thermal comfort. good air quality and thermal conditions in outdoor spaces in urban areas are difficult to find. The presence of public space plays a role as a green open space and a source of green energy and renewable energy and can increase absorption areas. However, the existence of environmentally friendly green open spaces that are capable of reducing global warming cannot be integrated with bioenergi, which is still less familiar and not yet optimal for application, so it is the basic fundamental phenomenon in this research. This research aims to identify thermal quality (CO<sub>2</sub>, temperature, and wind speed); identify softcape elements, namely plants in RTH, and contribute through integration with the bioenergi approach in RTH as a solution to reduce global warming, especially CO<sub>2</sub>. This type of research is descriptive using a quantitative approach. The research results show that CO<sub>2</sub> levels have exceeded the threshold, resulting in air pollution with high air temperatures. This condition has a very negative impact on the survival of an urban environmental climate. The presence of plant elements as softcap elements has yet

## Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota

Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

to be fulfilled, so certain plants are needed as a solution in producing bioenergy applications.

**Keywords:** *bioenergy, CO2, thermal, green open space, urban.*

### ABSTRAK

Bioenergi merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diperbaharui secara alami dan mempunyai dampak lingkungan yang baik terhadap kualitas udara di lingkungan perkotaan. Perubahan iklim saat ini ditandai dengan curah hujan dan suhu ekstrim. Selain itu, menipisnya lapisan ozon adalah dampak dari pemanasan global yang ditandai dengan temperatur udara yang tinggi sebagai isu global. Hakikatnya, perubahan iklim terjadi pada seluruh perkotaan. Pesatnya perkembangan perkotaan dipengaruhi aktifitas dan kepadatan pusat kota yang memicu meningkatnya *global warning* dan berdampak pada *thermal comfort*. Kualitas udara dan kondisi thermal yang baik pada ruang luar di kawasan perkotaan hal yang sudah sulit untuk ditemukan. Kehadiran

*public space* dengan peran sebagai ruang terbuka hijau dan sumber energi hijau dan energi terbarukan serta mampu meningkatkan area resapan. Akan tetapi, keberadaan ruang terbuka hijau berwawasan lingkungan yang mampu mereduksi pemanasan global belum dapat diintegrasikan dengan *bioenergy* masih kurang familiar dan belum optimal untuk diterapkan sehingga menjadi fenomena dasar dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kualitas thermal (CO<sub>2</sub>, suhu/temperatur dan kecepatan angin); identifikasi elemen softcape yaitu tanaman pada RTH serta berkontribusi melalui integrasi dengan pendekatan bioenergi pada RTH sebagai solusi untuk mereduksi pemanasan global khususnya CO<sub>2</sub>.

Jenis penelitian ini adalah deskriptif melalui pendekatan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan kadar CO<sub>2</sub> sudah melewati ambang batas sehingga terjadi pencemaran udara dengan temperatur udara yang tinggi. Kondisi ini sangat berdampak buruk bagi keberlangsungan hidup suatu iklim lingkungan perkotaan. Kehadiran elemen tanaman sebagai unsur softcape belum terpenuhi, sehingga diperlukan tanaman tertentu sebagai solusi dalam menghasilkan penerapan bioenergi.

**Kata Kunci:** bioenergi, CO<sub>2</sub>, termal, ruang terbuka hijau, urban.

## PENDAHULUAN

Kualitas perkotaan yang baik ditentukan oleh ruang publiknya, semakin pesatnya ruang perkotaan dengan aktifitas yang meningkat. Tentunya membutuhkan kehadiran baik taman maupun ruang terbuka hijau dan ruang publik. Akan tetapi kehadiran ruang luar perkotaan yang mengabaikan kondisi lingkungan baik O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, temperatur dan kelembaban. Hakikatnya ruang publik adalah ruang yang mampu memberi, merespon dan menyediakan tempat untuk segala aktivitas masyarakat (Novianti et al., 2018). Tingginya aktifitas berdampak pada mobilitas kendaraan dan berpengaruh terhadap kadar CO<sub>2</sub> di lingkungan perkotaan.

Pemanasan global merupakan isu yang paling banyak mendapat perhatian pada saat ini. Gas-gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CF<sub>4</sub>) merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (Prasetyawan et al., 2017). Peningkatan unsur karbon yang melewati ambang batas menunjukkan adanya pencemaran udara. Akan tetapi, proses fotosintesis pada tumbuhan yang menggunakan energi cahaya matahari mampu mengubah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) menjadi glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Proses ini sangat penting karena akan menghasilkan oksigen yang digunakan oleh makhluk hidup lainnya. Bioenergi umumnya dikenal sebagai energi hijau karena rendahnya CO<sub>2</sub> dan emisi SO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> merupakan GRK menjadi dominan (Zhang, 2016). Seiring waktu, tingginya angka penggunaan kendaraan berbahan bakar, akan memicu pemanasan global. Fenomena pemanasan global akan mempengaruhi perubahan iklim.

Dampak tersebut menurunnya kualitas lingkungan hidup yang sehat dan baik. Selain itu, kesehatan masyarakat akan semakin memburuk dan kelangsungan hidup. Hal inilah sebagai dasar pentingnya adanya suatu inovasi melalui bioenergi (energi terbarukan) dalam mereduksi pencemaran udara akibat CO<sub>2</sub> dan suhu ekstrem di perkotaan yang berintegrasi pada taman sebagai produsen bioenergi. Kenyamanan termal pada ruang luar kota (ruang publik) seringkali berubah membentuk kehidupan perkotaan yang berkualitas tinggi. (Nikolopoulou & Steemers, 2003). Hal ini, menunjukkan bahwasanya keberadaan ruang publik baik berupa taman/ruang terbuka hijau sebagai bagian dari ruang luar di lingkungan perkotaan dengan tingkat kenyamanan termal yang baik maka akan membentuk kehidupan perkotaan yang berkualitas tinggi dan begitu juga sebaliknya. Akan terwujud kenyamanan termal pada ruang luar perkotaan melalui desain elemen softcape pada taman yang berperan untuk memperbaiki kualitas lingkungan maupun mereduksi temperatur udara yang tinggi, sehingga akan terbentuk kenyamanan termal. Pertimbangan pemilihan jenis-jenis tanaman yang berfungsi ganda, yaitu mampu memberikan O<sub>2</sub> dan dapat mereduksi CO<sub>2</sub> (Kusminingrum, 2008). Isu permasalahan yang dikaji adalah kondisi iklim pada taman terkait dengan kualitas udara pada RTH sebagai dasar dalam mengintegrasikan taman melalui bioenergi yang ramah lingkungan.

Aspek desain taman saat ini, kurang mempertimbangkan jenis dan fungsi tanaman/pohon dalam suatu lanskap sehingga peran taman kurang mampu merespon dalam meningkatkan kinerja iklim mikro dalam lingkungan binaan, tidak mereduksi pencemaran udara (terlihat dari peningkatan kadar CO<sub>2</sub> dalam udara), tidak mengadaptasi terhadap perubahan iklim ekstrim dan tidak mengurangi konsumsi energi serta pengendalian suhu. Sudah saatnya untuk mengembangkan, memanfaatkan dan mengimplementasikan energi baru terbarukan sebagai upaya mengurangi emisi dalam tingkat yang besar, mereduksi CO<sub>2</sub> sebagai tindakan yang nyata dalam perubahan untuk menyelamatkan dunia melalui integrasi bioenergi pada taman. Oleh karena itu, bioenergi sangat dibutuhkan sebagai solusi dalam meningkatkan kualitas udara dan kenyamanan termal yang baik pada taman. Selain itu, penggunaan elemen landsekap tak hanya mampu mereduksi kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi akan tetapi berdampak dalam menyelamatkan kualitas pembangunan berkelanjutan yaitu pelestarian lingkungan untuk kelanjutan kehidupan.

Energi terbarukan merupakan energi yang tidak terbatas jumlahnya, dimana energi ini bersifat permanen atau dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu pemanfaatan relatif sangat panjang dan sebagai sumber energi (energi air, energi listrik, energi dari tumbuhan, energi matahari, energi angin, energi nuklir dan sebagainya). Selain itu, energi terbarukan merupakan energi yang memiliki sumber yang tidak terbatas atau tetap berkelanjutan sehingga menjadi sumber energi yang tidak akan habis dalam waktu singkat karena dapat dipulihkan kembali. Bioenergi bersumbernya dari makhluk hidup

baik nabati maupun hewani (Coleman dan Stanturf, 2006; Kleinschmidt, 2007; Williams, 2015). Klasifikasi energi adalah sebagai berikut:

- a. Energi kinetik, yaitu energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak;
- b. Energi potensial, yaitu energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau kondisinya;
- c. Energi mekanik, yaitu energi yang dimiliki oleh benda karena gerak dan kedudukannya;
- d. Energi termal, yaitu energi internal yang ada dalam suatu sistem akibat suhunya;
- e. Energi potensial listrik, yaitu energi yang diakibatkan oleh partikel-partikel bermuatan listrik yang bergerak di dalam medan listrik, berubah menjadi gaya, hingga kemudian mampu untuk memindahkan muatan listrik.

Integrasi bioenergi yang dikembangkan adalah energi tumbuhan sebagai sumber energi utama yang berperan dalam merespon energi thermal.

Berdasarkan Undang-undang No.26 Tahun 2007 tentang penataan ruang, setiap wilayah kota harus menyediakan ruang terbuka hijau. Kebutuhan akan ruang terbuka hijau, pada suatu wilayah juga dapat ditentukan melalui indikator, yaitu jumlah penduduk, kebutuhan oksigen dan kebutuhan air bersih (*UU No 26, 2007*). Ketetapan RTH 30% merupakan nilai yang dianggap statis atau kaku karena penetapan luas RTH juga mempertimbangkan ketersediaan dan potensi sumber daya alam serta kebutuhan penduduk suatu kota. Berdasarkan fungsinya RTH dapat dibedakan, atas ekologis, sosial budaya, estetika dan ekonomi. Berdasarkan struktur ruang RTH dapat mengikuti pola ekologis maupun pola planologis. Keberadaan RTH di perkotaan sering diabaikan baik oleh masyarakat maupun pemerintah karena dianggap tidak memberikan keuntungan ekonomi dan berakibat luas RTH semakin berkurang (Iqbal et al., 2023). Keberadaan RTH sangat dibutuhkan dalam integrasi bioenergi, karena tanpa RTH maka integrasi bioenergi tak dapat dilaksanakan. Tak hanya itu, peran RTH sebagai sarana aktifitas publik dan wadah untuk mengembangkan energi hijau untuk mengatasi isu permasalahan iklim.

Perkembangan perkotaan yang sangat pesat ini menimbulkan berbagai tantangan sendiri, seperti krisis energi, degradasi lingkungan, penurunan kualitas udara dan beberapa masalah lainnya. Para perencana dan arsitek menyadari hal tersebut dan pentingnya menemukan solusi yang inovatif untuk memenuhi kebutuhan energi serta menyediakan area hijau yang berkelanjutan dalam lingkungan perkotaan. Sumber energi alternatif dan terbarukan menjadi hal penting dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada sumber energi yang sudah ada.

Kota Lhokseumawe sebagai salah satu kota di Provinsi Aceh yang berada di pesisir pantai. Lokasi pusat kota yang sangat strategis berdekatan dengan pesisir pantai. Ruang lingkup kawasan penelitian adalah taman kota hanya ada dan berada di kawasan pusat Kota Lhokseumawe dengan luasan yang variatif dan berfungsi sebagai ruang publik. Taman kota adalah elemen penting dalam perencanaan perkotaan yang berkelanjutan. Selain menyediakan ruang terbuka hijau bagi penduduk perkotaan, taman kota juga memiliki potensi sebagai sumber energi yang berkelanjutan melalui integrasi bioenergi.

Bioenergi merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diperbaharui secara alami dan memiliki dampak lingkungan yang baik bagi kualitas udara di lingkungan perkotaan. Bioenergi adalah energi terbarukan yang terbuat dari bahan-bahan yang berasal dari sumber biologis (Dale et al., 2016). Bioenergi saat ini merupakan sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan di dunia, dan perluasan teknologi bioenergi modern mendapatkan momentum di sejumlah besar negara (Halder et al., 2014).

Bioenergi telah diakui sebagai salah satu alternatif berkelanjutan untuk bahan bakar fosil, dan kuantifikasi potensi bioenergi merupakan bidang penelitian yang penting (Nguyen et al., 2020). Bioenergi banyak dimasukkan dalam strategi energi karena potensi mitigasi GRKnya (Welfle et al., 2023). Taman kota berpotensi untuk mengintegrasikan bioenergi dalam konteks perkotaan. Desain taman kota yang berwawasan lingkungan berperan sebagai penghasil bioenergi, sehingga dapat berfungsi ganda baik sebagai ruang rekreasi terbuka dan sumber energi hijau. Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada integrasi bioenergi dalam desain taman kota sebagai strategi mengembangkan dan menghasilkan energi baru dan terbarukan dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan kota-kota masa depan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar konsep bioenergi pada desain taman kota di Kota. Tanaman pada RTH sangat berpotensi dalam

berbagai fungsinya untuk memodulasi iklim mikro, mereduksi pencemaran udara dan suara, menyediakan habitat bagi satwa liar perkotaan dan peningkatan nilai estetika kawasan perkotaan.(Tukiran et al., 2016). Penentuan strategi dalam memilih tanaman dengan daya serap tinggi dan pemilihan vegetasi dengan komposisi dan jenis yang tepat diharapkan mampu mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

Adapun rumusan yang dikaji adalah identifikasi permasalahan iklim dan termal di lingkungan taman kota di kawasan perkotaan (CO<sub>2</sub>, suhu dan kelembaban) dan identifikasi terhadap penerapan integrasi bioenergi dapat pada taman. Perubahan iklim ekstrem memerlukan suatu strategi integrasi bioenergi yang diharapkan dapat mengembangkan energi hijau pada taman kota untuk mengatasi dampak pemanasan global (GRK) melalui isu karbon dan mereduksi tingginya temperatur udara akibat perubahan iklim. Tujuannya adalah tercapainya zona nyaman yang dibutuhkan dalam masa perubahan iklim ekstrem masih berlangsung. Faktor utama yang akan mempengaruhi kenyamanan termal akan ditentukan oleh suhu udara dan suhu radiasi rata-rata, laju metabolisme yang berlaku, insulasi pakaian, kecepatan udara dan kelembaban (ASHRAE-55, 2017). Selain itu, integrasi ini berperan dalam mempertimbangkan elemen lanskap sebagai sumber energi terbarukan yang mampu mereduksi tingginya kadar CO<sub>2</sub> pada lingkungan yang diakibatkan oleh emisi gas rumah kaca. Terbentuknya strategi integrasi terhadap penerapan bioenergi pada taman adalah energi terbarukan dalam pengembangan pembangunan berkelanjutan untuk area perkotaan. Indikator kelestarian lingkungan yang memandu skema sertifikasi mencakup kualitas tanah, kualitas dan kuantitas air, GRK emisi, keanekaragaman hayati, kualitas udara dan produktivitasnya (Hadi, 1998).

Salah satu upaya dalam mengurangi adanya emisi dari gas rumah kaca tersebut salah satunya yaitu penyediaan ruang terbuka hijau publik (Adhianti et al., 2020). Taman sebagai ruang terbuka hijau kota merupakan entitas dari keberadaan sebuah kota. Sedemikian pentingnya keberadaan taman kota ini maka memerlukan penataan elemen tanaman yang efektif dengan konsep integrasi bioenergi agar terpenuhi degradasi lingkungan. Salah satu strategi untuk mengurangi emisi panas dan meningkatkan kenyamanan melalui tiga cara yaitu melalui peneduh, evapotranspirasi dan pelindung angin. Secara signifikan, banyak penelitian yang telah dilakukan terkait pengukuran dan evaluasi terhadap aspek desain pohon yang akan memberikan karakter lanskap, meningkatkan kinerja iklim mikro lingkungan binaan, adaptasi pola terhadap perubahan iklim dan mengurangi konsumsi energi dengan hadirnya pengendalian suhu/temperatur (Tukiran et al., 2016). Lansekap dapat digunakan untuk meningkatkan sistem pendingin pasif. Pemanfaatan tumbuhan untuk mendeduhkan merupakan teknik pendinginan yang sangat efektif. Desain lansekap mampu mengatasi permasalahan iklim sehingga akan meningkatkan kualitas iklim. Selain itu, vegetasi pada taman dapat berperan dalam meningkatkan evapotranspirasi, menurunkan suhu permukaan tanah dan menurunkan suhu udara tetapi tidak menurunkan suhu malam hari (Coutts & Tapper, 2017).

Adapun parameter untuk identifikasi kualitas udara dan termal adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan buletin who (2005), ambang batas CO<sub>2</sub> di Indonesia untuk udara bersih adalah 10-330 ppm selain itu udara tercemar adalah 350 – 700 ppm.
2. Menurut Permenkes No. 1077 Tahun 2011, persebaran CO<sub>2</sub> yang buruk memiliki nilai diatas 350 ppm.
3. Batas kenyamanan akibat faktor temperatur udara untuk daerah khatulistiwa adalah 19°C TE (batas bawah) - 26°C TE (batas atas)(Lippsmeier, 1994).
4. Temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat. Pada temperatur 26°C TE–30°C TE daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun. Temperatur lingkungan mulai cukup sulit diterima dirasakan pada suhu 33,5°C TE– 35,5 °C TE, dan pada suhu 35°C TE – 36°C TE kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi.
5. Kelembaban udara adalah kandungan uap air yang ada di udara. Kelembaban udara menjadi faktor penting dalam kenyamanan termal pada saat suhu udara mendekati atau melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembaban udara lebih dari 70% serta kurang dari 40%.

#### **METODE PENELITIAN**

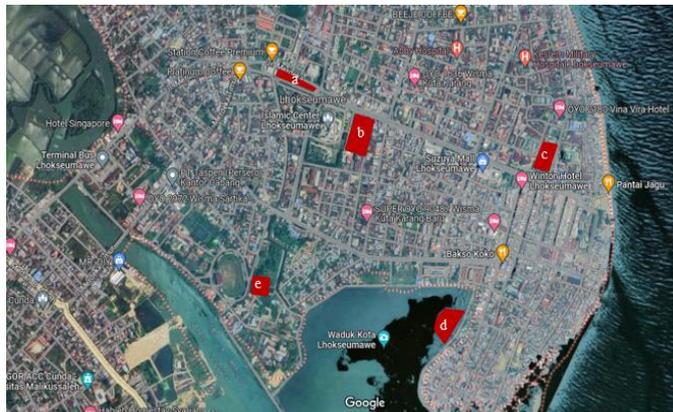
Penelitian ini adalah deskriptif dengan metode pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Lokasi

## Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota

Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

penelitian berada di Kota Lhokseumawe Provinsi Aceh. Populasi penelitian adalah ruang terbuka baik berupa taman dan ruang publik yang berada di Kota Lhokseumawe, sedangkan sampel penelitian terdiri atas lima sampel yaitu: Taman Riyadhah, Lapangan Hiraq, Lapangan Soedirman, Taman Waduk dan Taman Bappeda. Identifikasi kondisi kenyamanan termal di ruang luar perkotaan, telah menyoroti kompleksitas permasalahan yang ada dan menunjukkan bahwasanya pendekatan kuantitatif tidak cukup untuk menggambarkan kenyamanan diluar ruangan (Nikolopoulou & Steemers, 2003). Oleh karena itu, penelitian ini membutuhkan adanya *mixed method* untuk meneliti integrasi bioenergi pada taman baik secara kuantitatif dengan menggunakan alat ukur dan secara kualitatif dengan mengukur kenyamanan thermal pada responden masyarakat di Kota Lhokseumawe.

Sumber data primer terdiri atas pemetaan taman melalui drone terkait eksisting elemen softcape (tanaman), pengukuran kadar CO<sub>2</sub>, suhu dan kelembaban dengan menggunakan alat ukur digital. Pengumpulan untuk data primer diperoleh melalui observasi elemen landsekap khususnya pada keseluruhan sampel taman dan survey untuk pengukuran kondisi termal dan kuesioner. Sumber data sekunder akan diperoleh melalui respon masyarakat terkait kualitas udara dan kenyamanan termal. Pengumpulan data skunder diperoleh melalui kuesioner pada pengguna taman. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah kualitas udara dan termal,



Gambar 1. Lokasi Penelitian  
Sumber gambar: Koleksi Pribadi



Gambar 2. Sampel Penelitian  
Sumber: Ground, tahun 2023

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian analisa pada sampel penelitian yang berada pada Taman Riyadhah memiliki luasan 443.65 m<sup>2</sup>, luas tajuk 18.9 m. Hasil pengukuran menunjukkan Taman Riyadhah menunjukkan hasil pengukuran CO<sub>2</sub> sudah melewati ambang batas sehingga menunjukkan kualitas udara sudah pencemaran udara, diikuti dengan suhu diluar ambang batas kenyamanan, akan tetapi kelembapan udara yang baik (dapat dilihat pada tabel dibawah ini).

Tabel 1. Kualitas Udara dan Termal di Taman Riyadhah

Hari/ tanggal	Jam	Kualita Udara dan Termal
---------------	-----	--------------------------

		Co2 (ppm)	Kualitas	Suhu (Celcius)	Kualitas	Kelembapan (RH)	Kualitas
Kamis 26 Okt 2023	17.24	432.75	Tercemar	29.95	Tidak Nyaman	79.65	Tercukupi
Jum'at, 27 Okt 2023	15.17	415.75	Tercemar	31.075	Tidak Nyaman	72.75	Tercukupi
Sabtu 28 Okt 2023	15.52	422.5	Tercemar	29.05	Tidak Nyaman	82.50	Tercukupi
Minggu 29 Okt 2023	16.58	444	Tercemar	30.025	Tidak Nyaman	78.80	Tercukupi
Senin 30 Okt 2023	14.50	426.75	Tercemar	32.075	Tidak Nyaman	73.22	Tercukupi
Selasa 31 Okt 2023	06.25	478.75	Tercemar	26.85	Nyaman	87.45	Tercukupi
Selasa 31 Okt 2023	16.00	419	Tercemar	31.15	Tidak Nyaman	75.87	Tercukupi
Sabtu, 11 Nov 2023	07.44	533.67	Tercemar	27.4	Tidak Nyaman	83.55	Tercukupi
Sabtu, 11 Nov 2023	14.17	423	Tercemar	30.17	Tidak Nyaman	80.3	Tercukupi
Sabtu, 11 Nov 2023	22.02	530.67	Tercemar	26.7	Nyaman	86.83	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	09.36	434.00	Tercemar	26.07	Nyaman	91.97	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	14.22	414.33	Tercemar	30.23	Tidak Nyaman	77.13	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	20.09	457.33	Tercemar	28.73	Tidak Nyaman	85.63	Tercukupi
<b>Rata-Rata</b>		<b>448.65</b>	<b>Tercemar</b>	<b>29.19</b>	<b>Tidak Nyaman</b>	<b>81.21</b>	<b>Tercukupi</b>

Sampel kedua adalah Lapangan Hiraq dengan luasan 515. 28 m<sup>2</sup> dan luas tajuk 16.3 m. Hasil pengukuran menunjukkan kualitas udara dan termal di Lapangan Hiraq untuk CO<sup>2</sup> adalah tercemar, suhu sangat tidak nyaman dan kelembapan baik (lihat pada tabel dibawah ini).

**Tabel 2. Kualitas Udara dan Termal di Lapangan Hiraq**

Hari/ tanggal	Jam	Kualitas Udara dan Termal					
		Co2 (ppm)	Kualitas	Suhu (Celcius)	Kualitas	Kelembapan (RH)	Kualitas
Kamis 26-Okt-2023	16.07	419.2	Tercemar	31	Tidak Nyaman	77.17	Tercukupi
Jum'at, 27-Okt-2023	14.55	421	Tercemar	31.77	Tidak Nyaman	73	Tercukupi
Sabtu 28-Okt-2023	15.30	433.7	Tercemar	29.22	Tidak Nyaman	82.17	Tercukupi
Minggu 29-Okt-2023	16.41	438.7	Tercemar	30.37	Tidak Nyaman	77.45	Tercukupi

**Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota**  
Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

Senin 2023	30-Okt- 2023	14.31	417.5	Tercemar	32.30	Tidak Nyaman	71.925	Tercukupi
Selasa 2023	31-Okt- 2023	06.10	537.2	Tercemar	28.27	Tidak Nyaman	83.02	Tercukupi
Selasa 2023	31-Okt- 2023	15.30	415	Tercemar	31.05	Tidak Nyaman	76.62	Tercukupi
Selasa 2023	31-Okt- 2023	20.45	441.5	Tercemar	28.52	Tidak Nyaman	86.8	Tercukupi
Sabtu, 2023	11 Nov 2023	08.09	503.33	Tercemar	27.8	Tidak Nyaman	82.53	Tercukupi
Sabtu, 2023	11 Nov 2023	14.39	432	Tercemar	33.93	Tidak Nyaman	72.03	Tercukupi
Sabtu, 2023	11 Nov 2023	22.21	535.33	Tercemar	26.83	Nyaman	88.60	Tercukupi
Minggu, 2023	12 Nov 2023	09.59	430.67	Tercemar	27.37	Tidak Nyaman	90.00	Tercukupi
Minggu, 2023	12 Nov 2023	14.44	406.33	Tercemar	31.97	Tidak Nyaman	72.00	Tercukupi
Minggu, 2023	12 Nov 2023	20.30	451.33	Tercemar	27.40	Tidak Nyaman	89.87	Tercukupi
<b>Rata-Rata</b>			<b>448.79</b>	<b>Tercemar</b>	<b>30</b>	<b>Tidak Nyaman</b>	<b>80.23</b>	<b>Tercukupi</b>

Sumber: Pengukuran, Tahun 2023

Sampel ketiga yaitu Lapangan Soedirman memiliki luas 399.07m<sup>2</sup> dan luas tajuk pohon 16m. Hasil pengukuran menunjukkan kualitas udara dan termal di Lapangan Soedirman juga menunjukkan kadar CO<sup>2</sup> adalah tercemar, suhu tinggi (diluar ambang batas kenyamanan thermal) dan kelembapan baik (lihat tabel dibawah ini).

**Tabel 3. Kualitas Udara dan Termal di Lapangan Soedirman**

Hari/ tanggal	Jam	Kualitas Udara dan Termal					
		Co2 (ppm)	Kualitas	Suhu (Celcius)	Kualitas	Kelembapan (RH)	Kualitas
Kamis 26-Okt-2023	16.07	419.25	Tercemar	31	Tidak Nyaman	77.175	Tercukupi
Jum'at, 27-Okt-2023	14.55	421	Tercemar	31.775	Tidak Nyaman	73	Tercukupi
Sabtu 28-Okt-2023	15.30	433.75	Tercemar	29.225	Tidak Nyaman	82.175	Tercukupi
Minggu 29-Okt-2023	16.41	438.75	Tercemar	30.375	Tidak Nyaman	77.45	Tercukupi
Senin 30-Okt-2023	14.31	417.5	Tercemar	32.3	Tidak Nyaman	71.925	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	06.10	537.25	Tercemar	28.275	Tidak Nyaman	83.025	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	15.30	415	Tercemar	31.05	Tidak Nyaman	76.625	Tercukupi
Selasa 31-Okt-	20.45	441.5	Tercemar	28.525	Tidak Nyaman	86.8	Tercukupi

2023							
Sabtu, 11 Nov 2023	08.36	488	Tercemar	29.1	Tidak Nyaman	78.03	Tercukupi
Sabtu, 11 Nov 2023	15.01	407.33	Tercemar	32.9	Tidak Nyaman	72.9	Tercukupi
Sabtu, 11 Nov 2023	22.49	561.67	Tercemar	27.5	Tidak Nyaman	88.2	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	10.23	562.67	Tercemar	30.17	Tidak Nyaman	77.67	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	15.11	401.67	Tercemar	34.87	Tidak Nyaman	59.87	Tercukupi
Minggu, 12 Nov 2023	20.53	441.33	Tercemar	27.57	Tidak Nyaman	88.93	Tercukupi
<b>Rata-Rata</b>		<b>449.21</b>	<b>Tercemar</b>	<b>30.62</b>	<b>Tidak Nyaman</b>	<b>77.29</b>	<b>Tercukupi</b>

Sumber: Pengukuran, Tahun 2023

Sampel keempat adalah Taman Waduk dengan luas 198. 58m<sup>2</sup> dan luas tajuk pohon sekitar 9.3 m. Hasil pengukuran menunjukkan kualitas udara dan termal pada Taman Waduk adalah kadar CO<sup>2</sup> sudah tercemar dengan temperatur suhu tinggi dan kelembapan baik (lihat tabel dibawah ini).

**Tabel 4. Kualitas Udara dan Termal di Taman Waduk**

Hari/ tanggal	Jam	Kualitas Udara dan Termal					
		Co2 (ppm)	Kualitas	Suhu (Celcius)	Kualitas	Kelembapan (RH)	Kualitas
Kamis 26-Okt-2023	16.42	420	Tercemar	30.5	Tidak Nyaman	79	Tercukupi
Jum'at, 27-Okt-2023	16.05	414.75	Tercemar	32.65	Tidak Nyaman	70.92	Tercukupi
Sabtu 28-Okt-2023	16.31	448	Tercemar	30.05	Tidak Nyaman	80.37	Tercukupi
Minggu 29-Okt-2023	17.43	440.25	Tercemar	29.12	Tidak Nyaman	81.65	Tercukupi
Senin 30-Okt-2023	15.27	419.25	Tercemar	32.7	Tidak Nyaman	73.32	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	7.05	462.5	Tercemar	27.15	Tidak Nyaman	87.35	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	16.35	411.25	Tercemar	34.32	Tidak Nyaman	70.52	Tercukupi
<b>Rata-Rata</b>		<b>430.85</b>	<b>Tercemar</b>	<b>30.92</b>	<b>Tidak Nyaman</b>	<b>77.57</b>	<b>Tercukupi</b>

Sumber: Pengukuran, Tahun 2023

Sampel kelima adalah Taman Bappeda memiliki luas 189. 43m<sup>2</sup> dan luas tajuk pohon adalah 20.3 m. Hasil pengukuran menunjukkan kualitas udara dan termal pada Taman Bappeda memiliki hasil pengukuran CO<sup>2</sup> sudah tercemar, temperatur suhu diluar batas kenyamanan termal dan kelembapan baik (lihat pada tabel dibawah ini).

**Tabel 5. Kualitas Udara dan Termal di Taman Bappeda**

Hari/ tanggal	Jam	Kualitas Udara dan Termal					
		CO2 (ppm)	Kualitas	Suhu (Celcius)	Kualitas	Kelembapan (RH)	Kualitas

**Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota**  
Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

Kamis 26-Okt-2023	17.05	424.75	Tercemar	29.8	Tidak Nyaman	81.15	Tercukupi
Jum'at, 27-Okt-2023	15.45	425.5	Tercemar	30.9	Tidak Nyaman	75.1	Tercukupi
Sabtu 28-Okt-2023	16.11	358.2	Tercemar	29.07	Tidak Nyaman	82.95	Tercukupi
Minggu 29-Okt-2023	17.22	466.75	Tercemar	29.5	Tidak Nyaman	80.775	Tercukupi
Senin 30-Okt-2023	15.09	419	Tercemar	32.15	Tidak Nyaman	73.12	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	06.45	495.25	Tercemar	27.07	Tidak Nyaman	88.77	Tercukupi
Selasa 31-Okt-2023	16.2	425.5	Tercemar	30.72	Tidak Nyaman	79.02	Tercukupi
Rata-Rata		430.70	<b>Tercemar</b>	29.88	<b>Tidak Nyaman</b>	80.12	<b>Tercukupi</b>

Sumber: Pengukuran, Tahun 2023

Berdasarkan hasil pengukuran pada taman dan ruang terbuka dengan parameter masing-masing menunjukkan bahwasanya kondisi udara pada taman sudah tercemar dengan suhu temperatur udara sudah di atas batas kenyamanan berbeda halnya dengan kelembababan yang baik.

Tabel 6. Eksisting Elemen Taman dan Kualitas Udara dan Termal Eksisting Taman

No	Nama Taman	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	CO2	Suhu	Kelembapan
1	Taman Riyadah	128	10 m	448.65 ppm	29.19 C	81.21 RH
2	Lapangan Hiraq	77	7 m	448.79 ppm	30 C	80.23 RH
3	Lapangan Sudirman	33	4 m	449.21 ppm	30.62 C	77.29 RH
4	Taman Waduk	132	3 m	430.86 ppm	30.92 C	77.575 RH
5	Taman BAPPEDA	73	12 m	430,70 ppm	29.89 C	80.13 RH

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023.

Berdasarkan tabel 6. menunjukkan elemen taman terkait jumlah pohon paling banyak berada di Taman Riyadah akan tetapi tidak berperan dalam mereduksi kadar CO<sup>2</sup> yang tinggi sedangkan Taman BaPPEDA dengan jumlah pohon yang sedikit akan tetapi memiliki kadar CO<sup>2</sup> yang lebih rendah dibandingkan Taman Riyadah.

**Tabel. 7 Rekapitulasi Hasil Analisa Kondisi Udara dan Termal di Taman Kota Lhokseumawe**

Sampel	Analisa
<p>1. Lapangan Hiraq Lhokseumawe</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>Kadar CO<sub>2</sub> melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar</li> <li>Kadar CO<sub>2</sub> Lapangan Hiraq Lhokseumawe yang harus direduksi sebesar 537,2ppm –310ppm = 227,2 ppm.</li> <li>Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah) - 26°C TE (batas atas). Hal ini menunjukkan bahwasanya, temperatur udara tidak nyaman. Kondisi temperature udara di Lapangan Hiraq Lhokseumawe nyaman pada saat malam</li> </ol>

	<p>hari.</p>
<p>2. Lapangan Soedirman Lhokseumawe</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kadar CO<sub>2</sub> melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar.</li> <li>2. Kadar CO<sub>2</sub> Lapangan Soedirman Lhokseumawe yang harus direduksi sebesar 562.67 ppm – 310 ppm = <b>252,67 ppm</b></li> <li>3. Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah) - 26°C TE (batas atas). Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi temperature udara di Lapangan Soedirman Lhokseumawe tidak nyaman. <b>Kelembaban udara</b> menunjukkan pada saat suhu udara mendekati/melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembapan udara lebih dari 70%. Kelembapan udara di Lapangan Soedirman Lhokseumawe tercukupi.</li> </ol>
<p>3. Taman Waduk Lhokseumawe</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kadar CO<sub>2</sub> melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar dengan CO<sub>2</sub>. Kondisi temperatur udara di Lapangan Hiraq Lhokseumawe hanya nyaman pada saat malam hari.</li> <li>2. Kadar CO<sub>2</sub> yang harus direduksi sebesar 562.67 ppm – 310 ppm = <b>252,67 ppm</b>.</li> <li>3. Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah)-26°C TE (batas atas). Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi temperatur udara tidak nyaman.</li> <li>4. <b>Kelembaban udara</b> menunjukkan pada saat suhu udara mendekati/melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembapan udara lebih dari 70%. kelembapan udara Lhokseumawe tercukupi.</li> </ol>
<p>4. Taman Bappeda</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kadar CO<sub>2</sub> sudah melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar dengan CO<sub>2</sub>.</li> <li>2. Kadar CO<sub>2</sub> yang harus direduksi sebesar 495,25 ppm – 310 ppm = <b>185,25 ppm</b>. Daya serap CO<sub>2</sub> pada pohon trembesi cukup,.</li> <li>3. Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah)-26°C TE (batas atas). Hal ini menunjukkan bahwasanya, temperatur udara tidak nyaman. Kondisi temperature udara di Taman Bappeda Lhokseumawe tidak nyaman.</li> </ol>
<p>5. Taman Riyadhah Lhokseumawe</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kadar CO<sub>2</sub> di taman Riyadhah melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, ), ambang batas CO<sub>2</sub> di Indonesia dengan kadar CO<sub>2</sub></li> </ol>

## Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota

Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

	<p>melewati ambang batas, begitu juga dengan <b>Permenkes</b>, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar dengan CO<sub>2</sub>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Kadar CO<sub>2</sub> yang harus direduksi sebesar 495,25 ppm – 310 ppm = <b>185,25 ppm</b></li> <li>3. Daya serap CO<sub>2</sub> pada pohon trembesi cukup,</li> <li>4. Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah)-26°C TE (batas atas). Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi temperature udara tidak nyaman.</li> <li>5. <b>Kelembaban udara</b> menunjukkan saat suhu udara mendekati/melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembanan udara lebih dari 70%. Kelembapan udara di Lapangan Soedirman Lhokseumawe tercukupi.</li> </ol>
---	--

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023

Karakteristik vegetasi yang berbeda, tentunya akan memiliki daya serap yang berbeda juga di udara. sehingga vegetasi merupakan penyangga yang baik terhadap pencemaran udara. Vegetasi merupakan salah satu solusi untuk mengatasi pertambahan CO<sub>2</sub> di udara. Kemampuan vegetasi dalam menyerap CO<sub>2</sub> diharapkan bisa memperbaiki kualitas udara di lingkungan (Putra & Nawawi, 2013).

**Tabel. 8 Tumbuhan Penyerap CO<sub>2</sub>**

No	Jenis Tumbuhan	Nama Ilmiah	Daya Serap CO <sub>2</sub> (kg/pohon/th)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.448,39
2	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5.295,47
3	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	720,49
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey Payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenanthera pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Artiocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo Kecil	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga Merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i>	13,48
22	Flamingo	<i>Anthurium andraeanum</i>	0,10
23	Binahong	<i>Anredera cordifolia</i>	4,65
24	Ketapang kencana	<i>Terminalia mantaly</i>	23,48
25	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	455,17
26	Cabai	<i>Capsium frutescens</i>	0,18
27	Zamia kulkas	<i>Zamioculcas</i>	0,55
28	Rumput gajah	<i>Pennisetum purpureum</i>	61,95
29	Lidah mertua	<i>Sansevieria trifasciata</i>	4,14
30	Bambu air	<i>Equisetum hyemale</i>	0,11
31	Pepaya	<i>Carica papaya</i>	1,45
32	Serai wangi	<i>Cymbopogon nardus</i>	0,75
33	Singkong karet	<i>Manihot glaziovii</i>	0,55
34	Jarak	<i>Ricinus communis</i>	-
35	Khalifa	<i>Euodia Ridleyi</i>	0,73
36	Sirih	<i>Piper bette</i>	1,05
37	Snow white	<i>Aglaonema sp.</i>	1,48
38	Keladi	<i>Caladium sp.</i>	0,93
39	Adam hawa	<i>Rhoeo discolor</i>	1,18
40	Pucuk merah	<i>Oleana syzygium</i>	123,87
41	Hokari	<i>Brassica nigra</i>	-
42	Gelombang cinta	<i>Anthurium plowmanii</i>	1,75
43	Aglaonema red	<i>Aglaonema Crispum</i>	0,91
44	Eforbia	<i>Euphorbia</i>	0,76

45	Murbei	<i>Morus</i>	-
46	Jambu biji	<i>Psidium Guajava</i>	250
47	Lidah buaya	<i>Aloe barbandesii</i>	0,78
48	Kumis kucing	<i>Orthosiphon aristatus</i>	0,68
49	Belimbing buah	<i>Averrhoa carambola</i>	6,33
50	Katuk	<i>Sauropus androgynous</i>	-
51	Markisa	<i>Passiflora edulia</i>	0,88
52	Dendrum	<i>Philodendron</i>	-
53	Bambu grasena	<i>Dracaena</i>	0,39
54	Adenium	<i>Adenium obesum</i>	1,44
55	Maranta ayam	<i>Calathea maranta</i>	-
56	Three colour	<i>Bromelia</i>	3,98
57	Lily pink putih	<i>Lilium Candidum</i>	15,48
58	Cemara	<i>Casuarina equisetifolia</i>	45
59	Bougenvil	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	0,25
60	Jengger ayam	<i>Celosia cristata</i>	0,08
61	Cocor bebek	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	-
62	Pisces	<i>Polypterus Sp</i>	18,78
63	Janda bolong	<i>Monstera deliciosa</i>	-
64	Melati	<i>Jasminum</i>	24,75
65	Kelengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	0,40

Sumber: (Febriansyah et al., 2022),

Tabel diatas menjelaskan bahwanya setiap vegetasi memiliki kemampuan yang berbeda beda dalam mereduksi kadar CO<sub>2</sub> dalam lingkungan. Tindak lanjut berdasarkan tabel diatas dilanjutkan dengan pemetaan terhadap jenis pohon dan akan berpengaruh terhadap kualitas udara dan temperatur sebagai berikut.

### 1. Taman Riyadah Lhokseumawe

No	Nama Pohon	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	Tinggi pohon
1	<b>Angsana</b>	<b>35</b>	<b>10 m</b>	<b>15 m</b>
2	<b>Pucuk Merah</b>	<b>30</b>	<b>1 m</b>	<b>2 m</b>
3	Pangkas Kuning	9	80 cm	1 m
4	Palem Raja	4	1,5 m	3 m
5	Ketapang Kencana	4	2 m	3 m
6	Havana <i>Green</i>	2	80 cm	1,5 m
7	Cemara Udang	1	60 cm	1,5 m
8	<b>Cemara <i>Notfork</i></b>	<b>1</b>	<b>70 cm</b>	<b>1,5 cm</b>
9	Bambu	20	70 cm	2,5 m
10	Lidah Mertua Tiger	3	20 cm	50 cm
11	Lidah Mertua	6	60 cm	60 cm
12	Kuncir Merah	8	60 cm	80 cm
13	Adam Hawa	540	30 cm	40 cm
14	Penawar Lilin	564	30 cm	50 cm
15	Lidah Buaya	59	30 cm	40 cm

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan vegetasi pada Taman Riyadhah Lhokseumawe yang mampu mereduksi CO<sub>2</sub> adalah pucuk merah, bambu dan lain-lain. Akan tetapi kadar karbon di udara masih menunjukkan terdapat pencemaran CO<sub>2</sub> dengan rata-rata 448,65. Hasil analisa memaparkan akan integritas bioenergi pada taman agar kadar CO<sub>2</sub> dapat direduksi sebanyak 98,65 ppm agar berada diambang batas.

### 2. Lapangan Hiraq Lhokseumawe

No	Nama Pohon	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	Tinggi pohon
1	<b>Glodokan Tiang</b>	<b>34</b>	<b>1 m</b>	<b>2,5 m</b>
2	<b>Trembesi</b>	<b>25</b>	<b>7 m</b>	<b>10 m</b>
3	Pohon Kurma	8	3 m	5 m

**Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota**  
Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

4	Pohon Anjungan	3	3 m	5 m
5	Cemara <i>Nolfolk</i>	1	80 cm	2 m
<b>6</b>	<b>Bonsai</b>	<b>1</b>	<b>1,5 m</b>	<b>1,2 m</b>
7	Pinang	2	1,5 m	3 m
8	Lidah Mertua <i>Tiger Green</i>	1	5 cm	30 cm
9	Penawar lilin	1	40 cm	70 cm
10	Bunga Kertas	1	60 cm	1 m

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pada Lapangan Hiraq Kota Lhokseumawe sudah memiliki integritas bioenergi pada taman melalui pohon trembesi yang mampu mereduksi CO<sub>2</sub> sebanyak 25 batang. Akan tetapi, hasil pengukuran kadar CO<sub>2</sub> juga menunjukkan terjadinya pencemaran dengan nilai rata-rata 448,69 ppm. Vegetasi harus mereduksi kadar CO<sub>2</sub> sebanyak 98,69 ppm, agar kualitas udara menjadi bersih.

### 3. Lapangan Soedirman Lhokseumawe

No	Nama Pohon	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	Tinggi pohon
<b>1</b>	<b>Anjungan</b>	<b>9</b>	<b>4 m</b>	<b>8 m</b>
2	Glodokan	8	2 m	5 m
3	Kenari	6	2 m	3,5 m
4	Hookeri Hijau	1	50 cm	30 cm
5	Bunga Kertas <i>Bungenvil</i>	3	50 cm	80 cm
<b>6</b>	<b>Pangkas Kuning</b>	<b>1</b>	<b>50 cm</b>	<b>80 cm</b>
7	Angsana	3	3 m	4 m
8	Glodokan Tiang	1	1,5 m	2,5 m
9	Kapas	1	2 m	4 m
<b>6</b>	<b>Pangkas Kuning</b>	<b>1</b>	<b>50 cm</b>	<b>80 cm</b>

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023

Berdasarkan hasil pengamatan pada Lapangan Soedirman Lhokseumawe ditemukan adanya vegetasi yang memiliki daya serap terhadap CO<sub>2</sub> adalah anjungan, sehingga RTH ini sangat membutuhkan integrasi bioenergi. Adapun kadar CO<sub>2</sub> berada 449,21 ppm dan sesuai Permenkes maka harus direduksi kadar CO<sub>2</sub> sebanyak 99,21 ppm.

### 4. Taman Waduk Lhokseumawe

No	Nama Pohon	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	Tinggi pohon
<b>1</b>	<b>Anjungan</b>	<b>60</b>	<b>1,5 m</b>	<b>2,5 m</b>
2	Jambu Biji	1	2 m	3 m
3	Pinang	4	2 m	4 m
4	Asam Jawa	2	1,5 m	2,5 m
<b>5</b>	<b>Bambu</b>	<b>17</b>	<b>1 m</b>	<b>4 m</b>
6	Pucuk Merah	46	1 m	1,7 m
7	Ketapang Kencana	1	3 m	6 m
8	Agave Kuning	1	70 cm	80 cm

Sumber tabel: Hasil pengukuran, 2023

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pada Taman Waduk Lhokseumawe terdiri atas delapan jenis vegetasi yang berjumlah 132 batang.. Kadar CO<sub>2</sub> adalah 430,86 ppm, menunjukkan masih terdapat pencemaran udara berdasarkan Permenkes. Sisa kadar CO<sub>2</sub> harus direduksi. Dengan integrasi vegetasi sebagai bioenergi. Adapun vegetasi jambu biji, bambou, pucuk merah dan ketapang

kencana sebagai daya serap untuk mereduksi CO<sub>2</sub> akan tetapi belum mampu menurunkan kadar CO<sub>2</sub>.

##### 5. Taman Bappeda Lhokseumawe

No	Nama Pohon	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk	Tinggi pohon
<b>1</b>	<b>Trembesi</b>	<b>15</b>	<b>12 m</b>	<b>8 m</b>
2	Bambu	52	1,5 m	4 m
3	Agave Kuning	1	70 cm	1 m
4	Pandan Duri	1	3 m	2 m
<b>5</b>	<b>Pucuk Merah</b>	<b>2</b>	<b>80 cm</b>	<b>2 m</b>
6	Sikas	1	1 m	1,2 m
7	Mahoni	1	1,5 m	3 m
<b>5</b>	<b>Pucuk Merah</b>	<b>2</b>	<b>80 cm</b>	<b>2 m</b>

Sumber: Hasil pengukuran, 2023

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pada Lapangan Hiraq Kota Lhokseumawe, vegetasi yang memiliki daya serap CO<sub>2</sub> hanya terdapat pada pohon trembesi sebanyak 15 batang dan bambu sebanyak 52 batang, Pucuk Merah sebanyak 4 batang. Kadar CO<sub>2</sub> berada pada 430,70 ppm. Berdasarkan standar Permenkes, maka sisa emisi CO<sub>2</sub> yang melewati ambang batas dan harus direduksi sekitar 80,7 ppm. Hasil analisa menjelaskan integrasi ditingkatkan melalui redesainvegetasi dengan daya serap CO<sub>2</sub> yang baik.

Bioenergi umumnya dikenal sebagai energi hijau karena rendahnya CO<sub>2</sub> dan emisi SO<sub>2</sub>. Pengaruh CO<sub>2</sub> yang memicu peningkatan GRK menjadi lebih dominan dan dapat menyebabkan terjadinya hujan asam (Zhang, 2016). Integrasi bioenergi pada taman dari perencanaan sehingga mampu mereduksi CO<sub>2</sub>, juga menurunkan temperatur udara . Bioenergi sangat dibutuhkan sebagai energi terbarukan melalui elemen landsekap pada taman.sehingga kualitas udara dan lingkungan di kawasan perkotaan.

**Tabel 7. Identifikasi pengaruh Softcape pada Taman dengan kualitas udara dan temperatur**

No	Nama Taman	CO <sub>2</sub> (PPM)	Temperatur (C)	Kelembaban (RH)	Jumlah Pohon	Lebar Tajuk
<b>1</b>	Taman Riyadhah	<b>448.65</b>	<b>29.19</b>	<b>81.21</b>	<b>128</b>	<b>10 m</b>
<b>2</b>	Lapangan Hiraq	448.79	30	80.23	77	7 m
<b>3</b>	Lapangan Sudirman	449.21	30.62	77.29	33	4 m
<b>4</b>	Taman Waduk	430.86	30.92	77.575	132	3 m
<b>5</b>	Taman BAPPEDA	<b>430.70</b>	<b>29.89</b>	<b>80.13</b>	<b>73</b>	<b>12 m</b>

Sumber: Survey dan pengukuran, 2023

Hasil analisa dari identifikasi menunjukkan pengaruh softcape sangat penting bagi desain taman. Kualitas udara dan temperatur menunjukkan bahwasanya jumlah pohon pada taman (ruang publik dan ruang terbuka) tidak mempengaruhi penurunan kadar CO<sub>2</sub> yang tercemar (tinggi), hanya saja semakin banyak jumlah pohon maka temperatur udara (suhu) akan mencapai tingkat kenyamanan thermal dan kelembaban akan semakin baik terlihat dari pengukuran Taman Riyadhah. Berbeda halnya dengan Taman BAPPEDA dengan jumlah pohon sedikit akan tetapi kadar CO<sub>2</sub> lebih rendah dibandingkan kadar CO<sub>2</sub> di taman dan lapangan lainnya. Hal ini, tentunya disebabkan adanya desain taman yang memperhatikan vegetasi sebagai daya serap terhadap CO<sub>2</sub>. Sebaliknya, Taman Riyadhah menunjukkan temperatur yang lebih rendah daripada ruang terbuka lainnya, akan tetapi kadar CO<sub>2</sub> tetap tercemar, walaupun jumlah vegetasi banyak kan tetapi tidak mampu mereduksi kadar CO<sub>2</sub> dilingkungan.

Identifikasi menemukan pengaruh softcape pada ruang terbuka akan memperlihatkan

## Integrasi Bioenergi dalam Desain Taman Kota

Yenny Novianti, Sisca Olivia, Erna Muliana

kualitas udara yang bersih dan bebas polutan dan temperature yang baik. Kesadaran dalam berintegrasi bioenergy untuk mewujudkan sumber energi hijau yang mampu mengatasi permasalahan baik terhadap pemanasan global yang disebabkan oleh tingginya CO<sub>2</sub> maupun perubahan iklim. Peran integrasi dalam memahami bioenergy dalam tahapan pra desain taman maupun ruang terbuka sehingga tetap terbentuk kelestarian lingkungan. Perencanaan vegetasi pada taman belum direncanakan sebagai implementasi dan integrasi bioenergy yang seharusnya sudah ditangani agar iklim mikro di lingkungan perkotaan menjadi sehat dan bersih.

Persepsi termal pengguna dan adaptasi termal merupakan upaya dalam memahami adaptasi kenyamanan manusia melalui *human thermal perception* dan *thermal adaptation* (Antonini et al., 2020). Oleh karena itu dibutuhkan juga persepsi termal pengguna dan adaptasi dari termal dan lingkungannya. Setelah dilakukan pengukuran terhadap adaptasi termal dan lingkungan maka diikuti oleh persepsi adaptasi termal oleh pengguna yang dilakukan dengan kuesioner untuk mengetahui keselarasan antara hasil pengukuran dengan tanggapan/persepsi dari pengunjung sebagai pengguna taman, maka diperoleh hasil sebagai berikut.

**Tabel 8. Persepsi terhadap kualitas udara pada taman**

Kualitas Udara	Sangat tidak Setuju	Tidak Setuju	Cukup	Setuju	Sangat Setuju	Total
Taman Riyadhah	1	16	42	5	22	289
Lapangan Hiraq	0	14	50	75	12	<b>538</b>
Taman Bappeda	2	4	44	45	5	347
Taman Waduk	0	17	50	52	11	447
Lapangan Kodim	0	10	52	57	10	454

Sumber: data, 2023

Kualitas udara di Lapangan Hiraq lebih baik daripada ruang luar lainnya, berdasarkan hasil persepsi pengguna taman. Hal ini, tentunya tidak sesuai standart Permenkes yang menyebutkan kualitas udara yang bersih dan bebas polutan dengan kadar CO<sub>2</sub> berada  $\leq 350$  ppm. Lapangan Hiraq memiliki kadar CO<sub>2</sub> kedua tertinggi dari Lapangan Soedirman, akan tetapi pengguna taman belum menyadari lingkungan sudah tercemar oleh polutan CO<sub>2</sub>. Jika integritas bioenergi semakin diabaikan maka mengakibatkan kerusakan lingkungan akan semakin tinggi. Strategi integrasi bioenergy yang dibutuhkan adalah redesain terhadap vegetasi dengan daya serap CO<sub>2</sub> yang tinggi.

**Tabel 9. Persepsi terhadap Kenyamanan Temperatur pada taman**

Kenyamanan Kondisi Temperatur pada taman	Sangat tidak Setuju	Tidak Setuju	Cukup	Setuju	Sangat Setuju	Total
Taman Riyadhah	4	6	42	66	24	<b>526</b>
Lapangan Hiraq	2	25	70	49	5	483
Taman Bappeda	1	13	55	29	0	308
Taman Waduk	1	22	68	33	5	406
Lapangan Kodim	2	17	72	45	4	452

Sumber: Sumber: data, 2023

Berdasarkan persepsi masyarakat sebagai pengguna taman terhadap kualitas udara dan temperatur udara menunjukkan masyarakat merasakan ruang terbuka dapat difungsikan untuk

beraktifitas dan memiliki kualitas udara baik. Walaupun hal ini tentunya tidak sesuai dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan. Hasil persepsi terhadap kenyamanan termal pada Taman Riyadhah paling tinggi. Hal ini menunjukkan kesesuaian antara hasil pengukuran temperatur udara dengan persepsi pengguna taman.

Hasil kuesioner terkait persepsi kualitas udara dan temperatur udara menunjukkan bahwasanya masyarakat dapat merasakan kondisi kenyamanan termal yang dirasakan melalui temperatur udara akan tetapi kurang peka terhadap kualitas udara yang sudah tercemar oleh kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi. Integrasi pada taman merupakan kebutuhan dalam menyelamatkan kelangsungan hidup (safe in the world). Integrasi bagian penting dalam perencanaan taman sehingga energi baru terbarukan dapat dikembangkan melalui penentuan jenis vegetasi/tanaman/pohon yang mampu mereduksi emisi CO<sub>2</sub> secara terus menerus tanpa batasan waktu dan meningkatkan temperatur udara sehingga mendekati kenyamanan termal.

### KESIMPULAN

Hasil analisa menemukan bahwasanya iklim mikro di lima titik sudah tercemar sesuai dengan parameter oleh buletin who (2005), ambang batas CO<sub>2</sub> di Indonesia. Kadar CO<sub>2</sub> di keseluruhan taman di Kota Lhokseumawe sudah melewati ambang batas untuk udara bersih. Begitu juga dengan Permenkes, persebaran CO<sub>2</sub> sudah bernilai diatas 350 ppm. Hal ini menunjukkan bahwasanya kondisi udara sudah tercemar dengan CO<sub>2</sub>. Kondisi temperatur udara berada diatas 19°C TE (batas bawah) - 26°C TE (batas atas). Berdasarkan rumusan masalah maka hasil penelitian menyimpulkan sebagai berikut yaitu kondisi pada taman di Kota Lhokseumawe memperlihatkan kualitas udara tercemar dengan CO<sub>2</sub>, temperatur yang tinggi dan kelembaban yang baik. Hal ini menunjukkan bahwasanya, temperatur udara tidak berada di kondisi nyaman. Kelembaban udara menunjukkan pada saat suhu udara mendekati/melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembaban udara lebih dari 70%. Kelembaban di keseluruhan taman jg bernilai baik. Kualitas iklim mikro pada kawasan perkotaan rata-rata mengalami pencemaran udara dan sangat membutuhkan implementasi dari integritas bioenergi pada taman. Peran integrasi bioenergi merupakan bahagian terpenting untuk dikembangkan dan dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan O<sub>2</sub> (oksigen) bagi masyarakat di lingkungan perkotaan. Integrasi bioenergi dengan menggunakan vegetasi/tanaman/pohon yang memiliki kemampuan menyerap CO<sub>2</sub> dan mengubahnya menjadi O<sub>2</sub> dalam proses fotosintesis sehingga lingkungan yang baik dan sehat akan terwujud dan menghasilkan energi yang ramah lingkungan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adhianti, R. A. C., Sari, K. E., & ... (2020). Peningkatan Biokapasitas Rth Publik Dalam Upaya Pengurangan Emisi Co<sub>2</sub> Ruas Jalan Ranugrati Kota Malang. *Planning for Urban Region ...*, 9(0341).
- Antonini, E., Vodola, V., Gaspari, J., & de Giglio, M. (2020). Outdoor wellbeing and quality of life: A scientific literature review on thermal comfort. *Energies*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/en13082079>
- ASHRAE-55. (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy-2017. *ANSI/ASHRAE Standard 55*, 7, 60.
- Coutts, A., & Tapper, N. (2017). Trees for a Cool City : Guidelines for optimised tree placement. *Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities*, 25.
- Febriansyah, A. R., Ergantara, R. I., & Nasoetion, P. (2022). Daya Serap Co<sub>2</sub> Tanaman Pengisi Ruang Terbuka Hijau (Rth) Privat Rumah Besar Perumahan Springhill Dan Citra Mas Di Kelurahan Kemiling Permai. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, Dan Sains*, 6(1), 20–31.
- Hadi, S. P. (1998). *Environmental Development Reform*. 23(February), 18.

- Kusminingrum, N. (2008). Potensi Tanaman Dalam Menyerap Co2 DAN Co untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global. *Jurnal Permukiman*, 3(2), 96.  
<https://doi.org/10.31815/jp.2008.3.96-105>
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35(1), 95–101.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00084-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1)
- Novianti, Y., Ginting, N., & Marpaung, B. O. Y. (2018). Place attachment of the public space in Krueng Cunda. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012154>
- Prasetyawan, I. B., Maslukah, L., & Rifai, A. (2017). Pengukuran Sistem Karbon Dioksida (Co2) Sebagai Data Dasar Penentuan Fluks Karbon Di Perairan Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.14710/buloma.v6i1.15736>
- Putra, B. P., & Nawawi, M. (2013). *Vegetasi Sebagai Pereduksi Co 2 Udara Ambien Tepi Jalan* *Vegetation for Reducing Co 2 Roadside Ambient Air*.
- Tukiran, J., Ariffin, J., Naser, A., & Ghani, A. (2016). Cooling Effects of Two Types of Tree Canopy Shape. *International Journal of GEOMATE*, 11(24), 2275–2283.
- UU No 26. (2007).
- Welfle, A. J., Almena, A., Arshad, M. N., Banks, S. W., Butnar, I., Chong, K. J., Cooper, S. J. G., Daly, H., Garcia Freites, S., Güleç, F., Hardacre, C., Holland, R., Lan, L., Lee, C. S., Robertson, P., Rowe, R., Shepherd, A., Skillen, N., Tedesco, S., Röder, M. (2023). Sustainability of bioenergy – Mapping the risks & benefits to inform future bioenergy systems. *Biomass and Bioenergy*, 177(October). <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106919>
- Zhang, X. Y. (2016). Developing bioenergy to tackle climate change: Bioenergy path and practice of Tianguan group. *Advances in Climate Change Research*, 7(1–2), 17–25.  
<https://doi.org/10.1016/j.accre.2016.06.001>