

## Smart algae photobioreactor sebagai filtrasi CO<sub>2</sub> pada smoking area yang ramah lingkungan

**Karina Febriyanti\*, Dios Setya Maha Putra**

Prodi Arsitektur, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

\*Email: karinafe12@gmail.com

### Abstrak

Perilaku merokok di Indonesia dianggap wajar, terutama di kalangan usia muda, dan jumlah perokok terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini berdampak pada penurunan kualitas udara, baik di dalam maupun luar ruangan, karena asap rokok yang mengandung polutan berbahaya seperti karbon monoksida atau polutan. Meskipun sudah ada smoking area khusus di ruang publik, banyak perokok yang memilih merokok di tempat umum atau di luar area yang disediakan. Sering kali smoking area tidak memiliki sistem filtrasi yang memadai sehingga polutan dari asap rokok hanya berkumpul pada area tersebut atau keluar melalui ventilasi dan menambah polusi lingkungan. Smart Algae Photobioreactor merupakan inovasi teknologi yang memanfaatkan proses fotosintesis alga untuk membantu mengurangi karbon dioksida dan memproduksi oksigen. Sistem ini dinilai cocok untuk diterapkan pada area dengan polusi tinggi, seperti smoking area. Dengan Smart Algae Photobioreactor inovasi teknologi yang memanfaatkan alga menjadi filter udara yang lebih fleksibel dan dapat diterapkan pada ruang publik ataupun area yang terbatas. Tantangan pada area terbatas ini memunculkan sebuah desain modul panel smart algae photobioreactor dengan bentuk dinding partisi yang dapat terintegrasi dengan struktur bangunan, multifungsi, dan fleksibel, karena selain sebagai media kultur panel ini juga berfungsi sebagai elemen arsitektural fungsional.

**Kata Kunci:** Teknologi; Alga; Fotobioreaktor; Smoking Area

## Smart algae photobioreactor as environmentally friendly CO<sub>2</sub> filtration in smoking areas

### Abstract

Smoking behavior in Indonesia is considered normal, especially among young people, and the number of smokers continues to increase every year. This has an impact on reducing air quality, both indoors and outdoors, because cigarette smoke contains dangerous pollutants such as carbon monoxide or pollutants. Even though there are special smoking areas in public spaces, many smokers choose to smoke in public places or outside the designated areas. Often smoking areas do not have an adequate filtration system so that pollutants from cigarette smoke only collect in the area or escape through ventilation and add to environmental pollution. Smart Algae Photobioreactor is a technological innovation that utilizes the photosynthesis process of algae to help reduce carbon dioxide and produce oxygen. This system is considered suitable for application in areas with high pollution, such as smoking areas. With the Smart Algae Photobioreactor, technological innovation uses algae to become a more flexible air filter and can be applied to public spaces or limited areas. The challenge in this limited area gave rise to a design for a smart algae photobioreactor panel module in the form of a partition wall that can be integrated with the building structure, is multifunctional and flexible, because apart from being a culture medium, this panel also functions as a functional architectural element.

**Keywords:** Technology; Algae; Photobioreactor; Smoking Area

### 1. Pendahuluan

Sebagian besar orang Indonesia menganggap merokok sebagai hal yang wajar. Menurut Salawati, jumlah perokok di Indonesia terus mengalami peningkatan, terutama di kalangan usia muda. (Salawati., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa merokok beresiko terkena berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit paru obstruktif kronis, kanker, dan penyakit jantung. Selain itu, perokok pasif juga berisiko mengalami dampak kesehatan yang sama seperti perokok aktif (Sampurna., 2024).

Untuk melindungi masyarakat dari paparan asap rokok, adanya fungsi area merokok di ruang publik sangat penting. Menurut data dari *Global Youth Tobacco Survey* pada tahun 2020 sekitar 67,2% penduduk

Indonesia terpapar asap rokok di ruang publik. Ini menunjukkan bahwa keberadaan area merokok belum sepenuhnya berhasil mencegah orang yang tidak merokok terpapar asap rokok. Banyak perokok yang tetap memilih merokok di tempat umum atau di luar area yang sudah disediakan. Hal ini bisa disebabkan oleh kenyamanan atau kebiasaan, serta faktor-faktor lain seperti ventilasi atau perasaan tidak nyaman di area merokok yang terbatas (Pratama., 2018). Perokok seringkali menghindari penggunaan area merokok khusus karena kondisi di dalamnya, di mana asap rokok yang mengandung karbon monoksida terkumpul, menyebabkan masalah pernapasan bagi perokok itu sendiri. Hal ini membuat area merokok kurang nyaman dan tidak efektif dalam mengurangi dampak polusi udara (Handoko., 2014)

Menurut beberapa penelitian, area merokok saat ini masih konvensional dan tidak memiliki sistem pengawasan untuk menginformasikan kadar karbondioksida dan asap serta kontrol untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan (Moelyaningrum., 2017). Selain itu, perokok sering merokok di luar area yang disediakan karena tidak ada pengawasan yang ketat terhadap peraturan kawasan tanpa rokok. Akibatnya, paparan asap rokok tetap tinggi di masyarakat umum.

Maka dari itu sangat diperlukan teknologi yang membantu meningkatkan efisiensi fungsi smoking area agar orang yang tidak merokok mencegah terpapar asap rokok secara langsung selain itu diperlukan juga teknologi yang dapat membantu memonitoring atau memberikan informasi terkait kadar karbon yang dihasilkan oleh rokok serta membantu mengontrol untuk menjaga kualitas udara. *Smart Algae Photobioreactor* merupakan inovasi teknologi yang memanfaatkan alga sebagai filtrasi udara (Sidik., 2021). Dalam fotobioreaktor, alga digunakan untuk mengurangi polusi udara, meningkatkan kualitas udara di ruang publik, serta mengelola emisi karbon melalui proses fotosintesis. fotosintesis adalah proses di mana tanaman, alga, dan beberapa mikroorganisme menggunakan sinar matahari untuk mengubah polusi maupun CO<sub>2</sub> dan air menjadi oksigen. (Ricardo., 2024). Mikroalga, yang memanfaatkan cahaya dan karbon dioksida untuk proses fotosintesisnya ini, dapat tumbuh optimal pada suhu 15-30°C dengan dukungan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan besi. Sistem ini memungkinkan mikroalga berkembang cepat dalam kondisi ideal, sehingga efektif untuk pengelolaan karbon dan peningkatan kualitas udara (Sofiyah., 2021). Pada *photobioreactor* dan mengintegrasikannya dengan alat monitoring yang memiliki sensor Menggunakan data *real-time* dari *Internet of Things* (IoT) adalah cara yang sangat baik untuk memantau dan mengelola bioreaktor, termasuk bioreaktor yang bekerja untuk mengolah karbon (Gokhal.,2018).

## 2. Metode

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi polutan pada ruang *smoking area* dengan membuat panel *photobioreactor* dengan 2 tahap metode yang digunakan dalam penelitian ini.

### 2.1. Studi literatur

Melakukan studi literatur untuk memahami topik, menemukan permasalahan untuk mendukung argumentasi dengan mengidentifikasi.

### 2.2. Eksperimental

Metode penelitian eksperimental dengan mengembangkan atau membuat teknologi fotobioreaktor. Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi dan kemudian merancang prototipe produk berdasarkan ide atau teori.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Alga Sebagai Filtrasi Udara

#### 3.1.1. Kemampuan menyerap polutan

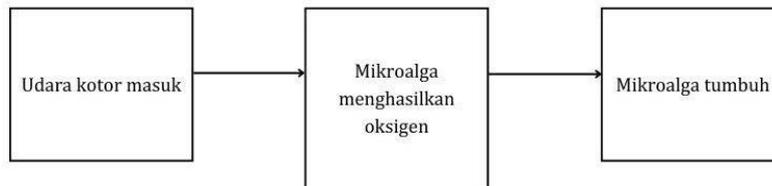
Asap rokok yang mengandung berbagai macam zat senyawa beracun seperti karbon monoksida, nikotin dan logam berat. Beberapa jenis alga tidak hanya dapat menyerap namun dapat juga mengolahnya melalui beberapa fase.

#### 3.1.2. Kemampuan membersihkan udara

Mikroalga yang ditempatkan panel atau modul yang terintegrasi dengan perangkat pembersih udara dapat membantu menyaring udara dari berbagai jenis polutan yang dihasilkan dari asap rokok maupun karbon pada lingkungan.

### 3.2. Teknologi photobioreactor alga

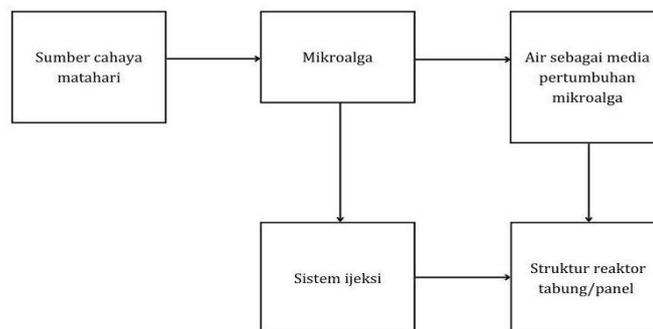
udara Fotobioreaktor menggunakan mikroalga memiliki kemampuan dalam mengatur suhu pada lingkungan dan menyerap polutan seperti asap kendaraan dan asap rokok. Fotobioreaktor merupakan sistem tertutup yang dirancang dengan memanfaatkan mikroalga untuk menyerap polutan dari udara. Konsep ini menggabungkan biologi teknik dan ekologi untuk menciptakan solusi berkelanjutan dalam menangani polusi melalui proses sederhana.



**Gambar 1** Proses sederhana sistem kerja fotobioreaktor

### 3.3. Komponen system photobioreactor

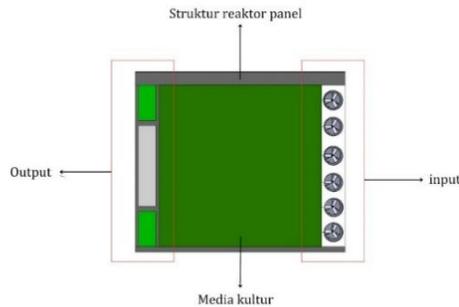
Fotobioreaktor adalah sistem biologis yang dirancang untuk memanfaatkan mikroorganisme fotosintetik mikroalga, dalam proses pengurangan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari sumber emisi, seperti polutan. Sistem ini tidak hanya membantu mengurangi emisi karbon ke atmosfer, tetapi juga menghasilkan biomassa yang bermanfaat dengan menggabungkan beberapa komponen sederhana (Suciati., 2019)



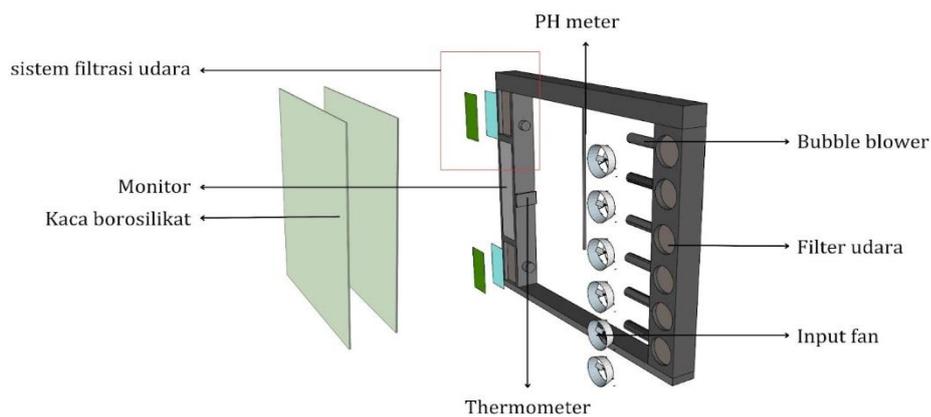
**Gambar 2** komponen sederhana penyusun fotobioreaktor

Komponen utama yang harus ada pada fotobioreaktor ini adalah mikroalga sebagai mikroorganisme yang melakukan proses untuk fotosintesis, pada proses fotosintesis disebut alga juga membutuhkan suplai Cahaya dari sinar matahari maupun sinar buatan dari lampu LED, untuk tempat kultur atau media fotosintesis komponen yang diperlukan adalah air yang mengandung nutrisi untuk optimalisasi pertumbuhan alga (Praharyawan., 2021). Lalu komponen injeksi juga diperlukan untuk menyerap polutan maupun asap rokok yang dapat permujud pompa atau kipas blower, semua komponen ini disusun dalam sebuah panel datar dengan struktur atau rangka, sistem fotobioreaktor ini juga memerlukan panel transparan untuk meningkatkan penetrasi udara.

### 3.4. Panel photobioreactor



Gambar 3 komponen panel photobioreactor



Gambar 4 komponen penyusun panel photobioreactor

#### 3.4.1 Struktur reaktor panel

Berfungsi sebagai kerangka utama untuk fotobioreaktor yang mendukung semua komponennya. Struktur ini juga memastikan kestabilan sistem dan kekuatan mekanis.

#### 3.4.2 PH meter

PH meter berfungsi sebagai pengukur kadar keasaman pada media kultur alga untuk memudahkan pemantauan dan pemeliharaan.

#### 3.4.3 Sumber Mikroalga

Bagian inti berisi kultur mikroalga. Media ini memungkinkan mikroalga fotosintesis dan menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

#### 3.4.4 Input fan (sistem injeksi)

Memasukkan gas karbon dioksida ke dalam media mikroalga. Selain itu, sistem ini memastikan bahwa CO<sub>2</sub> didistribusikan secara merata di dalam reaktor.

#### 3.4.5 Monitor

Memantau parameter operasional seperti pH suhu, konsentrasi mikroalga, dan kadar gas untuk memastikan fotobioreaktor bekerja secara efisien dan dengan cara yang paling efektif.

#### **3.4.6 Sistem filtrasi udara**

Berfungsi untuk memfilter udara bersih dan mendistribusikannya kepada lingkungan

#### **3.4.7 Filter udara**

memfilter udara kotor maupun polutan dari luar sebelum alga tersebut masuk pada sistem kultur alga

#### **3.4.8 Thermometer**

mengukur suhu air di dalam media kultur alga

#### **3.4.9 Bubble blower**

menghasilkan gelembung udara

### **3.5. Bentuk dan dimensi**

Fotobioreaktor alga ini berbentuk panel datar karena dinilai lebih menghemat ruang di area urban dan juga lebih efisien, panel dibuat tipis dengan ketebalan 15 cm agar memastikan semua mikroalga dapat menerima cahaya dengan dan penetrasi lebih optimal volume alga disesuaikan dengan kebutuhan dan luasan panel 50 – 100 liter. Rasio permukaan terhadap juga diperhatikan untuk efisiensi penyerapan cahaya

### **3.6. Material panel photobioreactor**

#### **3.6.1 Material wadah reaktor**

Material untuk wadah reaktor ini menggunakan kaca borosilikat. Kaca borosilikat merupakan kaca yang sangat tahan lama material utama yang terbuat dari pasir silika dan boron trioksida dapat digunakan untuk menahan suhu yang sangat tinggi dan bebas korosi dari bahan kimia.

#### **3.6.2 Sistem aerasi pengumpanan gas**

Material untuk komponen sistem aerasi menggunakan tembaga. Tembaga yang merupakan logam dan unsur kimia memiliki konduktivitas terhadap listrik dan termal yang sangat baik serta ketahanan terhadap korosi. Media kultur

#### **3.6.3 Struktur penyangga/ frame**

Antara aluminium dan besi memiliki karakteristik yang berbeda. Aluminium dipilih karena memiliki dinilai tahan korosi saat terkena air.

#### **3.6.4 Mikroalga**

Mikroorganisme yang pilih untuk sistem fotobioreaktor ini adalah alga. Alga merupakan mikroorganisme fototropik yang memanfaatkan cahaya matahari maupun cahaya buatan sebagai sumber energi untuk melakukan proses fotosintesis, alga juga memiliki banyak potensi untuk digunakan dalam bioteknologi (MUSTAPA., 2017).

#### **3.6.5 Material isolasi**

Karena sifat-sifatnya yang mendukung fungsi isolasi, busa polietilen sering digunakan sebagai bahan isolasi. Selain ringan dan fleksibel, beratnya yang rendah dan fleksibilitasnya membuatnya mudah dipasang pada berbagai bentuk dan permukaan selain itu tahan terhadap zat kimia.

### **3.7. Penempatan dan pengaplikasian panel fotobioreactor**

Untuk penyerapan emisi secara optimal, panel fotobioreaktor sebaiknya ditempatkan dekat sumber polusi. Untuk mendukung proses fotosintesis, panel harus memperhatikan orientasi dan berada di area terbuka dengan akses cahaya matahari atau pencahayaan buatan.



**Gambar 6.** Contoh implementasi pada dinding partisi *smoking area* halte

Selain itu, penempatan ini membutuhkan ventilasi yang baik untuk memastikan sirkulasi udara yang optimal dan penyerapan CO<sub>2</sub> yang lebih efisien. Pengaplikasian Fotobioreaktor dapat diletakkan sebagai panel pembatas di area merokok, partisi dinding, atau atap transparan yang mengolah udara dan isolasi termal.

### **3.8. Pemeliharaan panel photobioreactor pada smoking area**

Untuk menjaga panel fotobioreaktor di area smoking beroperasi dengan baik, pemeliharaan rutin diperlukan dengan beberapa Langkah:

#### **3.8.1. Pembersihan Panel**

Untuk menghindari kerusakan pada struktur panel, bersihkan permukaannya dengan kain lembut dan cairan pembersih non-abrasif.

#### **3.8.2. Pemantauan Kondisi Mikroalga**

Untuk memastikan bahwa mikroalga dalam fotobioreaktor tetap sehat, periksa warna dan konsistensi mereka. Mikroalga yang sehat biasanya berwarna hijau muda. Jika diperlukan, tambahkan nutrisi yang sesuai, seperti pupuk cair khusus mikroalga.

#### **3.8.3. Sistem Sirkulasi Udara**

Periksa sistem sirkulasi udara untuk memastikan tidak ada hambatan yang mengurangi efisiensi penyerapan CO<sub>2</sub>. Pastikan semua sambungan dan filter udara bersih dan berfungsi dengan baik.

#### **3.8.4. Penggantian Media atau Cairan**

Untuk menjaga keberlanjutan proses fotosintesis dan menghindari kontaminasi, lakukan penggantian cairan kultur mikroalga secara teratur.

#### **3.8.5. Inspeksi Keseluruhan**

Untuk menemukan kerusakan atau kebocoran, lakukan inspeksi menyeluruh terhadap panel, yang mencakup sistem struktur, sambungan, dan komponen elektronik. Pemeliharaan yang rutin akan membantu menjaga efisiensi fotobioreaktor dan memperpanjang usia penggunaan alat tersebut. Ini juga akan membantu mengoptimalkan pengolahan udara di area smoking.

## **4. Kesimpulan**

Sebuah solusi inovatif dan berkelanjutan untuk mengatasi polusi udara yang dihasilkan dari asap rokok adalah penerapan smart panel fotobioreaktor alga dengan konsep panel datar dismoking area. Teknologi ini yang memanfaatkan mikroalga untuk menyerap polutan dan menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesa, untuk membantu menetralkan polutan yang dihasilkan rokok yang dapat diterapkan pada area outdoor dan indoor dengan bentuk dinding partisi yang juga berfungsi sebagai elemen arsitektur fungsional. Pemeliharaan terencana, seperti pengelolaan injeksi, pemantauan mikroalga, dan pembersihan panel, memastikan fotobioreaktor bekerja optimal. Teknologi ini mengurangi polusi,

mendukung keberlanjutan, dan menciptakan ruang publik ramah lingkungan, menjadikannya inovasi penting untuk pengelolaan udara yang efisien.

### Ucapan terima kasih

Kepada pembimbing saya ucapkan terimakasih, yang telah membantu dalam suksesnya jurnal ini. Selanjutnya, saya ucapkan terimakasih kepada Dewan Redaksi Jurnal LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, terutama dewan Redaksi yang telah menerima dan memproses artikel jurnal saya hingga selesai dan dapat dimuat.

### Daftar Pustaka

- Salawati, T., Larasaty, N. D., & Sucipto, M. R. (2023). Edukasi Program Kawasan Tanpa Rokok Dalam Mewujudkan "Kampus Sehat Bebas Asap Rokok". *Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(3), 23-25.
- Sidik, M. and Ray'onaldo, C., 2021. Monitoring dan Filtrasi Udara dalam Ruangan dengan Teknologi Plasma di masa New Normal. *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 6(2), pp.111-116.
- Sampurna, S., Masyhudi, M., Pritasari, A.M.S., Zulaikhah, S.T. and Pratama, A.A.P., 2023. Peningkatan Kadar Malondialdehid (MDA) Akibat Paparan Asap Rokok. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 14(4), pp.780-783.
- Handoko, A.B., 2014, January. Penetrasi CO pada Ruangan Smoking Area Menggunakan Corona Discharge. In *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta 2013*. Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education.
- Pratama, E.A., 2018. KEPATUHAN PENGGUNAAN RUANG KHUSUS MEROKOK: STUDI KOMPARATIF KOMPLEKS BALAI KOTA YOGYAKARTA DAN BANDARA ADISUTJIPTO YOGYAKARTA. *Natapraja*, 6(1), pp.57-68.
- Moelyaningrum, A.D., 2017. Merokok dan Persepsi Kualitas Udara Ruang. *Repository Universitas Jember*.
- Ricardo, D., Matondang, A.E. and Fajarwati, G., Analysis of the Role of the Algae Photosynthesis Facade System in the ITERA Building in Reducing Carbon Emissions.
- Budiman, A. (2019). Mikroalga, Kultivasi, pemanenan, Ekstraksi, dan Konversi Energi | UPT. PERPUSTAKAAN POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN. Gadjah Mada University Press. [//perpustakaan.poliban.ac.id/index.php?p=show\\_detail&id=3260](http://perpustakaan.poliban.ac.id/index.php?p=show_detail&id=3260)
- MUSTAPA, N.S.B., 2017. DESIGN OF PHOTOBIOREACTOR (Doctoral dissertation, Universiti Sains Malaysia).
- Sofiyah, E.S., Ariyanti, S., Septiariva, I.Y. and Suryawan, I.W.K., 2021. The opportunity of developing microalgae cultivation techniques in Indonesia. *Ber. Biol*, 20(2), pp.221-233.
- Suciati, F. and Aviantara, D.B., 2019. Green Technology Untuk Green Company Dengan Penerapan Sistem Fotobioreaktor Penyerap Karbon Dioksida. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1).
- Praharyawan, S., 2021. Peningkatan Produksi Biomassa Sebagai Strategi Jitu dalam Mempercepat Produksi Biodiesel Berbasis Mikroalga di Indonesia. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 8(2), pp.294-230.
- Iswanto, I., Purwanto, K., Hastuti, W., Prabowo, A., & Mustar, M. Y. (2019). Smart smoking area based on fuzzy decision tree algorithm. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl*, 10(6), 500-504.
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 41-44.
- Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2020). "Laporan Tahunan Pengendalian Dampak Merokok." : <https://www.pom.go.id>
- World Health Organization. (2018). "Tobacco Fact Sheet." : <https://www.who.int/>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). "Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Merokok." : <https://www.kemkes.go.id>
- Environmental Protection Agency. (2021). "Air Quality and the Health Impacts of Smoking." : <https://www.epa.gov/>