

Optimasi Desain Portable Hepafis Plasma Penjernih Udara Menggunakan Sinar UVC untuk Mengurangi Polutan dalam Ruangan

Didik Sugiyanto*, Hidayatullah, Aep Saepul Uyun

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada
Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur

*E-mail: didik_sugiyanto@ft.unsada.ac.id

Abstract

Air pollution has an impact on increasing the incidence of respiratory diseases. The main cause of air pollution is exhaust gas from public and private transportation activities, indicators of air pollution must be taken into account even though the amount is small. The presence of too much pollutant concentration in the room can also cause respiratory problems and other health problems. The purpose of this study was to design a portable hepafis plasma air purification machine using UVC and to determine the effect of UVC rays on air quality in the room. The implementation method used in this research is the design of an air purifier using UVC 8W-JP-T5-UV by testing the filtered air that enters the machine, the amount of pollutant content and the value of bacteria adjusted to the air quality index. Data from the results of testing an air purifier using UVC is designed using a microcontroller in the form of an Arduino Uno to process sensor readings and send data. The sensor used is MQ-135 to read air quality, the readings are displayed on the LCD of air quality pollutant values. The results of the air quality pollutant test are known for normal room air from 100 ppm to 46 ppm and smoky room air from 334 ppm to 46 ppm where the room air is good for humans according to the Air Pollution Standard Index. Furthermore, for the value of the number of bacteria from laboratory checks from the test results for 30 to 120 minutes, the results of the bacterial number test have met the quality standard limit, which is below 500 cfu/m³, the test results are 188 to 44 cfu/m³ so that the liver plasma test machine using UVC has an effect on reducing bacteria numbers.

Keywords: hepafis plasma, air purifier, UVC rays, pollutant

Abstrak

Pencemaran udara memberikan dampak terhadap meningkatnya kejadian penyakit yang berkaitan dengan pernafasan. Penyebab utama pencemaran udara tersebut adalah gas buang aktifitas transportasi umum dan pribadi, indikator pencemaran udara harus lebih diperhitungkan walaupun jumlahnya kecil. Adanya konsentrasi polutan yang terlalu banyak di dalam ruangan juga dapat menimbulkan gangguan pernapasan dan permasalahan kesehatan lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain mesin portable hepafis plasma penjernih udara menggunakan UVC dan mengetahui pengaruh sinar UVC terhadap kualitas udara pada ruangan. Metode pelaksanaan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu perancangan alat penjernih udara menggunakan UVC 8W-JP-T5-UV dengan cara menguji udara hasil filtrasi yang masuk ke dalam mesin jumlah kadar polutan dan nilai bakteri yang disesuaikan dengan indeks kualitas udara. Data dari hasil pengujian alat penjernih udara menggunakan UVC dirancang memakai mikrokontroler berupa arduino uno untuk mengolah hasil pembacaan sensor dan mengirim data. Sensor yang digunakan yaitu MQ-135 untuk membaca kualitas udara, pembacaan ditampilkan pada LCD nilai polutan kualitas udara. Hasil dari pengujian polutan kualitas udara diketahui untuk udara ruangan normal dari 100 ppm ke 46 ppm dan udara ruangan berasap dari 334 ppm ke 46 ppm dimana udara ruangan tersebut baik untuk manusia sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara. Selanjutnya untuk nilai angka bakteri hasil pengecekan laboratorium dari hasil pengujian selama 30 sampai 120 menit maka hasil uji angka bakteri sudah memenuhi batas baku mutu yaitu dibawah 500 cfu/m³ hasil pengujian 188 sampai 44 cfu/m³ sehingga mesin uji hepafis plasma menggunakan UVC berpengaruh terhadap pengurangan angka bakteri.

Kata kunci: hepafis plasma, penjernih udara, sinar UVC, polutan

1. Pendahuluan

Kualitas udara di dalam ruang rumah dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain, bahan bangunan, struktur bangunan, bahan pelapis untuk furniture serta interior (pada pelarut organiknya), kepadatan hunian, kualitas udara luar rumah (*ambient air quality*), radiasi dari Radon (Rd), formaldehid, debu, dan kelembaban yang berlebihan. Selain itu, kualitas udara juga dipengaruhi oleh kegiatan dalam rumah seperti dalam hal penggunaan energi tidak ramah lingkungan, penggunaan sumber energi yang relatif murah seperti batubara dan biomasa (kayu, kotoran kering dari hewan ternak,

residu pertanian), perilaku merokok dalam rumah, penggunaan pestisida, penggunaan bahan kimia pembersih, dan kosmetika. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengeluarkan polutan yang dapat bertahan dalam rumah untuk jangka waktu yang cukup lama. [1]

Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) terutama rumah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena pada umumnya orang lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan kegiatan di dalam rumah sehingga rumah menjadi sangat penting sebagai lingkungan mikro yang berkaitan dengan risiko dari pencemaran udara [2].

Persyaratan kualitas udara dalam ruang rumah meliputi: a. Kualitas fisik, terdiri dari parameter: partikulat (*Particulate Matter/PM_{2,5}* dan *PM₁₀*), suhu udara, pencahayaan, kelembaban, serta pengaturan dan pertukaran udara (laju ventilasi); b. Kualitas kimia, terdiri dari parameter: Sulfur dioksida (*SO₂*), Nitrogen dioksida (*NO₂*), Karbon monoksida (*CO*), Karbon dioksida (*CO₂*), Timbal (*Pb*), asap rokok (*Environmental Tobacco Smoke/ETS*), Asbes, Formaldehid (*HCHO*), *Volatile Organic Compound (VOC)*; dan c. Kualitas biologi terdiri dari parameter: bakteri dan jamur [3].

Standar Indeks kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP 45/MENLH/ 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya: bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara [4].

Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)* 1997 yang dikutip oleh Depkes RI (2005), penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), lain-lain (13%) [5].

Selama ini sudah banyak diterapkan teknologi dalam mengurangi pencemaran udara seperti asap rokok. Salah satu teknologi yang berpotensi besar dalam mengurangi pencemaran tersebut yaitu teknologi fotokatalis. Aplikasi teknologi ini sudah banyak dikembangkan sejak beberapa tahun terakhir. Selain untuk purifikasi udara, teknologi fotokatalis juga diterapkan dalam pengolahan limbah, purifikasi air, swa-bersih, anti kabut dan disinfeksi bakteri. Salah satu cara degradasi polutan yang kini banyak dikembangkan yaitu dengan menggunakan semikonduktor *TiO₂* [6].

Sistem desinfeksi sinar ultraviolet (UV) telah semakin banyak digunakan dalam pengaturan perawatan kesehatan dalam upaya untuk mengurangi penularan patogen nosokomial dan mencegah infeksi terkait perawatan Kesehatan [7].

Sebagian besar sistem desinfeksi UV menggunakan lampu kuman yang memancarkan radiasi UVC sekitar 254nm. Namun, diketahui bahwa UVC 254 nm berbahaya bagi kulit dan mata. Laporan sebelumnya menunjukkan bahwa sinar UVC 222-nm, yang termasuk dalam UVC jauh (207-222 nm), memiliki sifat pembasmi kuman yang sama efektifnya dengan UVC 254-nm; namun, tidak berbahaya bagi kulit dan mata dibandingkan UVC 254 nm karena sinar UVC jauh memiliki kedalaman penetrasi yang terbatas di kulit atau mata [8,9,10,11]. Sedangkan teknologi UVC Penyinaran UVC 222-nm (0,1 mW/cm² selama 10 dan 30 detik) menghasilkan pengurangan masing-masing 88,5 dan 99,7% dari SARS-CoV-2 yang dilakukan pada pengujian TCID₅₀ [12].

Plasma non-termal dapat menonaktifkan 99,9% virus di udara melalui pelepasan fragmen molekul udara yang energetik dan bermuatan yang dapat menghancurkan virus dalam waktu kurang dari satu detik. Plasma non-termal juga dapat membunuh bakteri melalui penghancuran dinding sel mereka [13].

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat mesin portable hepafis plasma penjernih udara menggunakan UVC dengan metode filtrasi udara yang masuk ke dalam mesin dan mengetahui pengaruh sinar UVC terhadap kualitas udara pada ruangan.

2. Material dan Metode Penelitian

Penghitungan indeks kualitas udara caranya dengan membandingkan nilai rata-rata tahunan terhadap standar *European Union (EU) Directives*. Apabila nilai indeks > 1, berarti bahwa kualitas udara tersebut melebihi standar EU. Sebaliknya apabila nilai indeks ≤ 1 artinya kualitas standar udara memenuhi standar EU. Selanjutnya indeks udara model EU (IEU) dikonversikan menjadi Indeks Kualitas Udara (IKU) melalui persamaan sebagai berikut:

$$IKU = 100 - \left(\frac{50}{0,9} \times (I_{eu} - 0,1)\right) \quad (1)$$

Rumus tersebut digunakan dengan asumsi bahwa data kualitas udara yang diukur merupakan data konsentrasi pencemar. Sehingga harus dilakukan konversi ke dalam konsentrasi kualitas udara, dengan melakukan pengurangan dari 100 persen.

Pada penelitian sebagai parameter menentukan kualitas udara dengan menggunakan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang dikeluarkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL). adapun table tingkat kualitas udara sebagai berikut:

Tabel 1. Indeks Kualitas Udara [12]

<i>Air Quality Index Level of Health Concern</i>	Simbol Warna	<i>Numerical Value</i>	Keterangan
Baik	Hijau	0-50	Kualitas udara memuaskan dan pencemaran udara sedikit atau tidak menimbulkan bahaya
Sedang	Kuning	51-100	Kualitas udara masih dapat diterima. Beberapa polutan mungkin akan menimbulkan efek pada sejumlah kecil populasi sensitif
Tidak Sehat (Populasi Sensitif)	Orange	101-150	Pencemaran udara dapat menimbulkan efe pada populasi sensitif tapi tidak pada populasi umumnya
Tidak Sehat	Merah	151-200	Pencemaran udara dpaat menimbulkan efek pada seluruh populasi. Populasi sensitif dapat mengalami efek kesehatan yang serius
Sangat Tidak Sehat	Ungu	201-300	Seluruh populasi dapat mengalami efek kesehatan yang serius
Berbahaya	Maroon	301-500	Seluruh populasi mengalami efek lebih serius

Keterangan warna:

- Baik 0 – 50 Hijau. Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.
- Sedang 51 – 100 Biru. Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitive dan nilai estetika.
- Tidak Sehat 101 – 199 Merah. Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bias menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
- Sangat Tidak Sehat 200 – 299 Kuning. Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
- Berbahaya 300 – lebih Hitam. Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Metode dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu proses perancangan alat dan proses pengujian alat untuk pengujian untuk mengetahui pengaruh sinar UVC terhadap kualitas udara pada ruangan. Untuk perancangan alat spesifikasi dari komponen pembuatan mesin penjernih udara dalam penelitian ini dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi perancangan alat penjernih udara menggunakan UVC

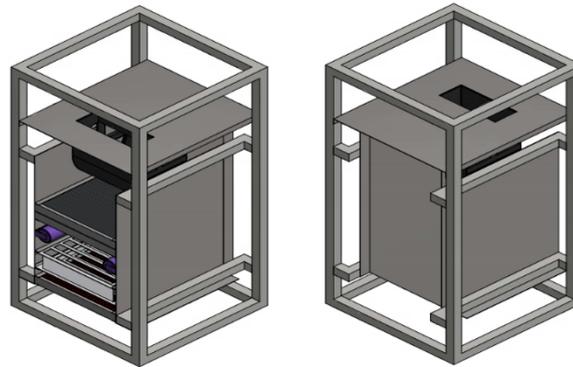
No	Nama Komponen	Ukuran Spesifikasi
1	Plat besi penyangga filter	510 x 460 mm
2	Besi siku penyangga fan	490 x 430 mm
3	Plat besi untuk case	1 x 950 x 490 mm
4	Primary filter	30 x 420 x 320 mm
5	Plasma filter	65 x 410 x 310 mm
6	Ion generator	Ac 220 volt
7	Lampu UVC	8W-JP-T5-UV
8	Carbon activ filter	30 x 420 x 320
9	Hepa filter H14	30 x 420 x 320
10	Arduino uno R3	ATmega28
11	Sensor kualitas udara	MQ – 135
12	Layar lcd	1602 I12C
13	Bread board	400P
14	Adaptor	220 vac to 9 vdc
15	Kabel jumper arduino	Male to female
16	Modul Speed controller	Scr 220 VAC
17	MCB	6A
18	Kabel power	Male to female
19	Kabel	6 meter
20	Terminal colokan listrik	4 lobang
21	Blower Centrifugal	CKE sentrifugal 220V

Proses pembuatan alat penjernih udara ini dimulai dari setiap komponen selanjutnya dilakukan perakitan

untuk prosesnya dapat diuraikan sebagai berikut:

2.1 Perancangan rangka, rak filter dan penyangga blower

Alat ini menggunakan besi kotak sebagai rangka. Rangka yang digunakan yaitu besi bentuk hollow persegi dengan diameter 30 mm × 20 mm × 1.8 mm dan Plat Penyangga Blower, Plat rak filter menggunakan plat dengan ketebalan 0.8 mm. Besi dan plat dipilih sebagai rangka dikarenakan bahannya yang kuat, selain itu juga harganya terjangkau dan mudah didapatkan dipasaran. Berikut adalah desain alat penjernih udara yang dibuat dalam gambar isometrik.

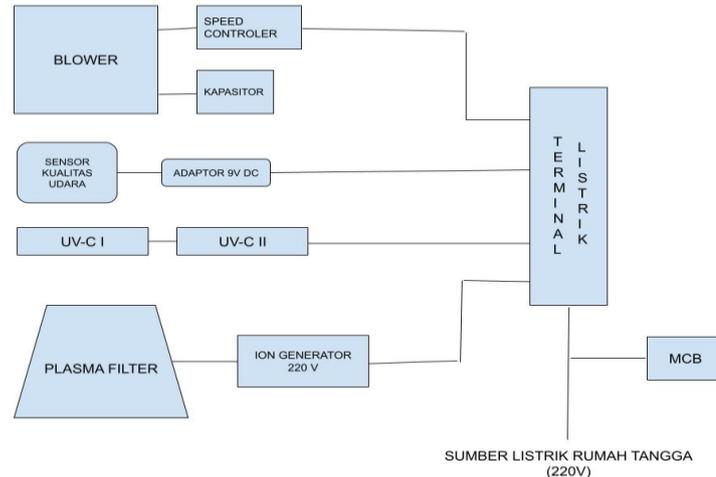


TAMPAK ISOMETRIK

Gambar 1. Desain Mesin Penjernih Udara

2.2 Wiring Elektrikal

Setelah melakukan perakitan mekanik langkah selanjutnya yaitu proses perakitan rangkaian listrik, adapun komponen alat yang membutuhkan sumber listrik yaitu: (1) Fan sentrifugal 220 VAC; (2) Ion generator 200 VAC; (3) Lampu UVC sterilisi 220 VAC; (4) Arduino uno 9 VDC.



Gambar 2. Wiring Electrical

Alat penjernih udara ini mempunyai prinsip kerja yaitu blower menyedot udara luar dari bagian bawah mesin, kemudian akan melalui proses filtrasi, berupa:

- Primary filter* berfungsi menghilangkan alergen, debu, bulu hewan peliharaan, serbuk sari dan partikel kecil lainnya.
- Plasma filter* meng-nonaktifkan kandungan negatif pada udara seperti jamur, virus, alergen debu, dan bakteri. Bukan hanya itu saja, teknologi Plasmacluster bisa mengenyahkan bau-bau tak sedap yang ada di udara termasuk bau hewan peliharaan, bau dapur, sampah, dan asap rokok.
- Sinar Ultra Violet C, berfungsi untuk membunuh virus dan mensterilkan udara yang dihisap dan kemudian dipancarkan ke dalam ruangan.
- Carbon Activ Filter*, Activated karbon filter berfungsi menghilangkan bau tak sedap seperti asap rokok atau bau pada ruangan.
- HEPA Filter* berfungsi menyaring partikel halus berukuran 0,3 micron yang ada di udara, dan

mengelminasi partikel halus hingga sebesar 99,9% .

- f. Setelah melalui proses filterasi maka udara yang bersih bebas dari polutan akan di keluarkan melalui atas mesin.

2.3 Perancangan pendeteksi kualitas udara

a. Sensor MQ-135

MQ-135 Air Quality Sensor adalah sensor yang memonitor kualitas udara untuk mendeteksi gas amonia (NH₃), natrium dioksida (NO_x), alkohol/ethanol (C₂H₅OH), benzena (C₆H₆), karbondioksida (CO₂), gas belerang/sulfur-hidroksida (H₂S) dan asap/gas lainnya di udara. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya. Adapun spesifikasi sensor:

- Sumber catu daya menggunakan tegangan 5 volt.
- Menggunakan adc dengan resolusi 10 bit.
- Tersedia 1 jalur output kendali *on/off*.
- Pin *input/output* kompatibel dengan level tegangan ttl dan cmos.
- Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
- Signal instruksi indikator *output*
- *Output* ganda sinyal (*output* analog, dan *output* tingkat ttl);
- ttl *output* sinyal yang valid rendah; (*output* sinyal cahaya rendah, yang dapat diakses mikrokontroler IO *port*)
- Analog *output* dengan meningkatnya konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi tegangan;
- Memiliki umur panjang dan stabilitas handal; 11. karakteristik pemulihan respon cepat.

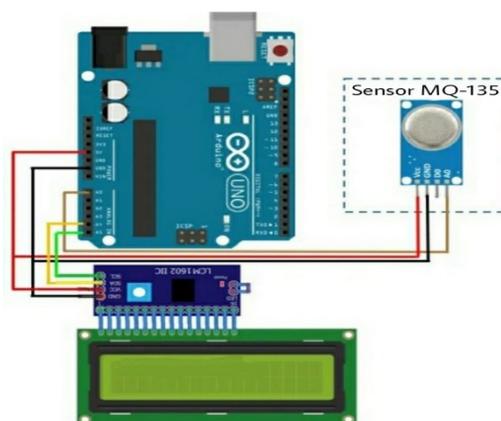
b. Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino Uno Arduino adalah *hardware* dan *software* perusahaan, proyek, dan komunitas pengguna yang mendesain dan memproduksi komputer *hardware open-source*, software open-source, dan mikrokontroler berbasis kit untuk membangun perangkat digital dan objek interaktif yang dapat merasakan dan mengontrol perangkat fisik. Arduino uno bertujuan untuk memberikan biaya rendah, cara mudah bagi pemula dan profesional untuk membuat perangkat yang berinteraksi dengan lingkungan mereka menggunakan sensor dan aktuator. Penggunaan dari perangkat ini ditujukan untuk penggemar pemula termasuk sederhana robot, termostat, dan detektor gerakan.

c. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. Pada bab ini aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2x16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
- Mempunyai 192 karakter tersimpan
- Terdapat karakter generator terprogram
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
- Dilengkapi dengan back light.
- Tersedia VR untuk mengatur kontras.
- Pilihan konfigurasi untuk operasi *write only* atau *read/write*.
- Catu daya +5 Volt DC.
- Kompatibel dengan DT-51 dan DT-AVR *Low Cost Series* serta sistem mikrokontroler.



Gambar 3. Wiring electrical

Metode Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan cara menentukan tempat pengujian, kondisi udara di ruangan yang akan menjadi tempat pengujian, menentukan kecepatan udara di dalam *blower* yang dipakai kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan untuk penjernihan udara pada saat pengujian alat.

Langkah awal yang dilakukan adalah mengukur kecepatan angin blower dengan alat anemometer guna mengetahui kecepatan aliran udara saat menabrak beberapa filter didalam mesin.

Langkah kedua pengujian dengan lampu UVC sterilisasi dengan udara ruangan normal dan berasap, alat ini akan memakai 2 unit lampu UVC penjernihan selanjutnya pengujian pertama menggunakan 1 lampu UVC dengan udara ruangan normal dan berasap, pengujian kedua menggunakan 2 lampu UVC dengan udara ruangan normal dan berasap, metode pengujian ini bertujuan guna melihat perbedaan kualitas udara yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan untuk penjernihan udara. Kondisi udara ruangan berasap disimulasikan dengan pembakaran kertas HVS.

Langkah terakhir adalah melihat monitor LCD yang tertanam dialat ini yaitu alat ukur kualitas udara dengan cara pengukuran yaitu polutan yang berada di udara dideteksi oleh sensor MQ135 setelah kadar udara diterima oleh sensor MQ-135 maka data yang terbaca akan diteruskan ke Arduino uno akan mengontrol dan mengolah data analog yang dikirim oleh sensor, langsung diteruskan ke LCD, LCD berfungsi untuk menampilkan kualitas udara pada saat gas/asap terdeteksi oleh sensor Prinsip kerja alat adalah sensor MQ-135 akan membaca gas/udara disekitar sensor, kemudian data tersebut akan dikonversikan oleh arduino uno dan ditampilkan di LCD data yang terbaca oleh sensor MQ-135. Untuk parameter CO₂, menggunakan peraturan menteri kesehatan RI No. 1077 Tahun 2011. Dimana dalam peraturan tersebut hanya menggunakan 2 indikator, "Aman" dan "Berbahaya". Nilai ambang batas dari PMK No. 1077 Thn 2011 ini untuk parameter CO₂ sebesar 1000 PPM. Untuk parameter CO (karbon monoksida) menggunakan 5 kondisi sesuai dengan Standart ISPU.

Langkah selanjutnya yaitu menguji angka bakteri dilakukan pengujian di laboratorium kesehatan dan kalibrasi dengan mengambil sampel udara menggunakan menggunakan parameter 500 cfu/m³ (*colony from unit /m³*) untuk sampel udara awal yang sebelum menggunakan mesin hepafis plasma menggunakan UVC pengujian dilakukan selama waktu 2 jam dengan variasi 30, 60, 90, 120 menit dari hasil pengujian dilakukan pengecekan apakah mesin yang dirancang efektif berpengaruh terhadap pengurangan angka bakteri.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembuatan Mesin Portabel Hepafis Plasma Penjernih Udara

Hasil Rancangan mesin portable hepafis plasma ini menggunakan besi kotak sebagai rangka. Rangka yang digunakan yaitu besi bentuk hollow persegi dengan diameter 30 mm × 20 mm × 1.8 mm dan Plat Penyangga Blower, Plat rak filter menggunakan plat dengan ketebalan 0.8 mm. dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 4. Rancangan mesin portable hepafis plasma penjernih udara

Berikut ini tampilan pada LCD pada alat ini yang menggunakan sensor MQ-135 penjelasannya adalah Sensor membaca input polutan. Jika data yang dibaca 0-100 ppm maka status tampilan di lcd yang keluar adalah kualitas udara diruangan tersebut "NORMAL", Jika data yang dibaca >100-seterusnya maka status tampilan di lcd yang keluar adalah kualitas udara diruangan tersebut "BERBAHAYA".



Gambar 5. Tampilan LCD menggunakan sensor MQ-135

3.2 Pengaruh Sinar UVC terhadap Hasil Kualitas Udara pada Ruangan

Pengujian hasil kualitas udara pada alat penjernih udara ini dibagi menjadi empat variasi lampu dan udara dalam ruangan, dari hasil pengujian didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Pengujian dengan menggunakan 1 lampu UVC pada udara normal di dalam ruangan

Dari hasil pengujian untuk melihat perubahan polutan kualitas udara dalam ruangan, hasil pengujian dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Pengujian polutan kualitas udara menggunakan 1 lampu UVC pada udara normal dalam ruangan

No	Waktu (m)	Kecepatan Angin (m/s)	Kualitas Udara sebelum (ppm)	Kualitas Udara sesudah (ppm)
1	20	8.5	98 - 100	55
2	30	8.5	98 - 100	46
3	40	8.5	98 - 100	46

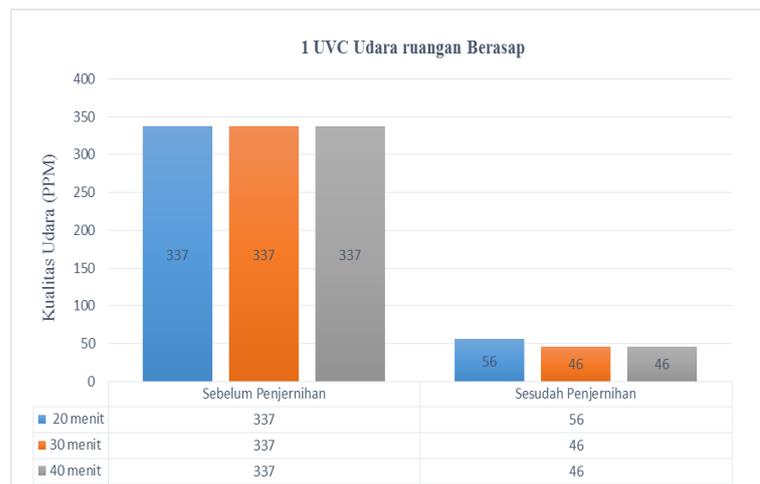
Pada pengujian sinar UVC dengan pengujian kondisi udara normal dari table dan grafik diatas. alat penjernih udara ini berhasil menjernihkan udara dari kondisi udara dengan polutan yang berbahaya yaitu dari 100 ppm menjadi udara bersih yaitu 46 ppm sesuai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

b. Pengujian dengan menggunakan 1 lampu UVC pada udara berasap di dalam ruangan

Untuk mengetahui perubahan kualitas udara dalam ruangan, didapat dengan cara memberikan asap didalam ruangan uji coba selama selang waktu yang berbeda-beda. asap pada penelitian ini dihasilkan dari pembakaran kertas HVS dan asap rokok, hasil pengujian dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Pengujian menggunakan 1 lampu UVC pada udara berasap dalam ruangan

No	Waktu (m)	Kecepatan Angin (m/s)	Kualitas Udara sebelum (ppm)	Kualitas Udara sesudah (ppm)
1	20	8.5	235 - 337	55
2	30	8.5	235 - 337	46
3	40	8.5	235 - 337	46



Gambar 6. Grafik hasil kualitas udara pengujian 1 lampu UVC pada udara normal dalam ruangan

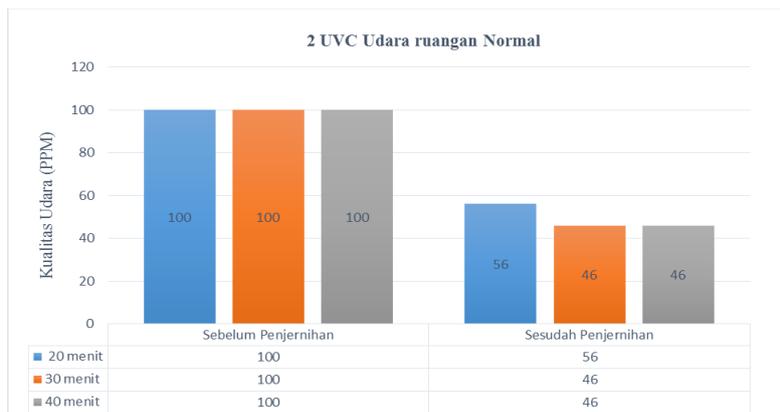
Pada pengujian sinar UVC dengan pengujian kondisi udara normal dari table dan grafik diatas. alat penjernih udara ini berhasil menjernihkan udara dari kondisi udara dengan polutan yang berbahaya yaitu dari 337 ppm menjadi udara bersih yaitu 46 ppm sesuai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

c. Pengujian dengan menggunakan 2 lampu UVC pada udara normal di dalam ruangan

Dari hasil pengujian untuk melihat perubahan kualitas udara dalam ruangan, hasil pengujian dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Pengujian menggunakan 2 lampu UVC pada udara normal dalam ruangan

No	Waktu (m)	Kecepatan Angin (m/s)	Kualitas Udara sebelum (ppm)	Kualitas Udara sesudah (ppm)
1	20	8.5	98 – 100	55
2	30	8.5	98 - 100	46
3	40	8.5	98 - 100	46



Gambar 7. Grafik hasil kualitas udara pengujian 2 lampu UVC pada udara normal dalam ruangan

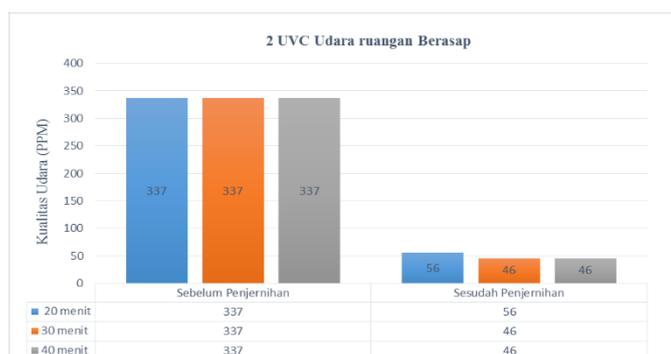
Pada pengujian sinar UVC dengan pengujian kondisi udara normal dari table dan grafik diatas. alat penjernih udara ini berhasil menjernihkan udara dari kondisi udara dengan polutan yang berbahaya yaitu dari 100 ppm menjadi udara bersih yaitu 46 ppm sesuai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

d. Pengujian dengan menggunakan 2 lampu UVC pada udara berasap di dalam ruangan

Untuk mengetahui perubahan kualitas udara dalam ruangan, didapat dengan cara memberikan asap didalam ruangan uji coba selama selang waktu yang berbeda-beda. asap pada penelitian ini dihasilkan dari pembakaran kertas HVS dan asap rokok, hasil pengujian dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Pengujian menggunakan 1 lampu UVC pada udara berasap dalam ruangan

No	Waktu (m)	Kecepatan Angin (m/s)	Kualitas Udara sebelum (ppm)	Kualitas Udara sesudah (ppm)
1	20	8.5	235 - 337	55
2	30	8.5	235 - 337	46
3	40	8.5	235 - 337	46



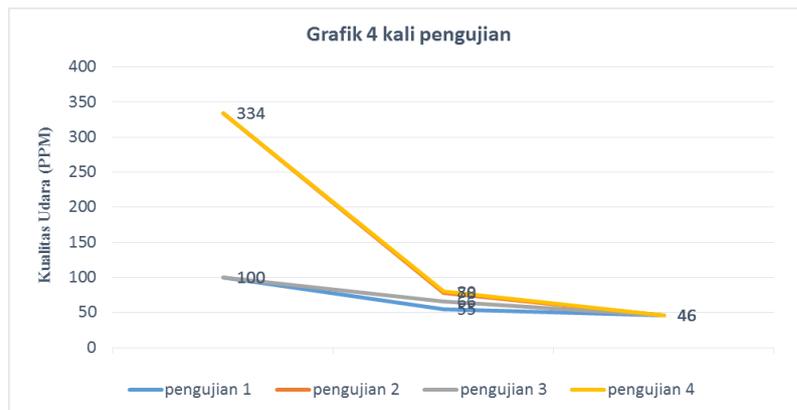
Gambar 8. Grafik hasil kualitas udara pengujian 2 lampu UVC pada udara normal dalam ruangan

Pada pengujian sinar UVC dengan pengujian kondisi udara normal dari table dan grafik diatas. alat penjernih udara ini berhasil menjernihkan udara dari kondisi udara dengan polutan yang berbahaya yaitu dari 337 ppm menjadi udara bersih yaitu 46 ppm sesuai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

Untuk perbandingan dari hasil pengujian setiap percobaan dengan variabel waktu dan percepatan udara maka didapatkan hasil perbandingan setiap percobaan yang dibuat dalam tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan hasil pengujian kualitas udara variasi sinar lampu UVC dan kondisi udara

No	Pengujian	Kualitas Udara sebelum (ppm)	Kualitas Udara sesudah (ppm)
1	Pertama	98 - 100	46
2	Kedua	235 - 337	46
3	Ketiga	98 - 100	46
4	Keempat	235 - 337	46



Gambar 9. Grafik perbandingan hasil pengujian kualitas udara

Dari hasil empat kali pengujian dapat diketahui bahwa jumlah lampu UVC yang dipakai diperancangan tidak terlalu berpengaruh terhadap pemurnian udara dengan metode pengujian diatas, kemudian waktu yang ideal untuk penjernihan udara dalam ruangan kamar dengan ukuran ruangan 4 x 3 x 2 meter adalah 30 menit, akan tetapi pemurnian udara dalam ruangan berhasil dilakukan. Hasil pengujian dapat dilihat dari grafik diatas.

e. Pengujian angka bakteri dengan menggunakan 2 lampu UVC pada udara di dalam ruangan

Untuk hasil pengujian mesin penjernih udara hapafis plasma menggunakan UVC 8W-JP-T5-UV terhadap angka bakteri hasil pengujian dilakukan dengan mengambil sampel udara ruangan di rumah sakit yang selanjutnya diuji di laboratorium kesehatan dan kalibrasi dari hasil pengujian dibuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pengujian angka bakteri pada efektivitas mesin hepafis plasma menggunakan UVC di laboratorium

No.	Jenis/Kode Sampel Udara	Lama Waktu (menit)	Angka Kuman		Metode
			Hasil Uji (cfu/m ³)	Baku Mutu (cfu/m ³)	
1.	Udara Ruangan	0 menit	540	500	IKM/5.4.6.M/BLK-Y
2.	Udara Ruangan	30 menit	188	500	IKM/5.4.6.M/BLK-Y
3.	Udara Ruangan	60 menit	60	500	IKM/5.4.6.M/BLK-Y
4.	Udara Ruangan	90 menit	60	500	IKM/5.4.6.M/BLK-Y
5.	Udara Ruangan	120 menit	44	500	IKM/5.4.6.M/BLK-Y

Dari hasil pengujian angka bakteri di laboratorium kesehatan dan kalibrasi sampel udara yang dibuat pada tabel diketahui angka kuman batas baku mutu yang digunakan menggunakan parameter 500 cfu/m³ (*colony from unit /m³*) untuk sampel udara awal yang sebelum menggunakan mesin hepafis plasma menggunakan UVC hasil pengujian yaitu 540 cfu/m³ hasil ini melebihi batas baku mutu selanjutnya untuk pengujian menggunakan mesin hepafis plasma menggunakan UVC dengan waktu 30 menit dengan hasil uji 188 cfu/m³, waktu 60 menit dengan hasil uji 60 cfu/m³, waktu 90 menit dengan hasil uji 60 cfu/m³ dan waktu 120 menit dengan hasil uji 44 cfu/m³. Dari hasil pengujian selama 30 sampai 120 menit maka hasil uji angka bakteri sudah memenuhi batas baku mutu sehingga mesin uji hepafis plasma menggunakan UVC berpengaruh terhadap pengurangan angka bakteri.

3.3 Pembahasan

Hasil penelitian sebelumnya dilakukan penggunaan UVC untuk mengurangi virus SARS-CoV-2 dari hasil penelitian bahwa virus dan bakteri yang diudara akan mati jika disinari dengan sinar UVC jarak antara Sedangkan teknologi UVC Penyinaran UVC 222-nm ($0,1 \text{ mW/cm}^2$ selama 10 dan 30 detik) menghasilkan pengurangan masing-masing 88,5 dan 99,7% dari SARS-CoV-2 yang dilakukan pada pengujian TCID₅₀ [12]. Penelitian selanjutnya dilakukan adalah pembuatan alat penjernih udara *zeta green* teknologi plasma dingin dalam penelitian terbukti mampu menurunkan jumlah bakteri dan jamur dengan signifikan, penelitian ini tidak memakai alat pendeteksi kualitas udara dari polutan sehingga perlu adanya pengecekan sebelum dan sesudahnya dalam penggunaannya [13].

Pada penelitian ini membuat sebuah rancangan alat portable penjernih udara menggunakan UVC yang bertujuan untuk mengurangi polutan sekaligus untuk membunuh bakteri yang ada dalam ruangan. Dari hasil rancangan mesin penjernih udara menggunakan UVC dilengkapi mikrokontroler berupa arduino UNO untuk mengolah pembacaan sensor dan mengirim data. Sensor yang digunakan yaitu sensor MQ-135 dengan kemampuan mampu membaca polutan kualitas udarayang ditampilkan layer LCD dari hasil pengujian menjernihkan udara ruangan normal dari 100 ppm ke 46 ppm dan udara ruangan berasap dari 334 ppm ke 46 ppm dimana udara ruangan tersebut sangat memuaskan dengan kata lain sangat baik untuk manusia dan bebas dari polutan sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang dikeluarkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Selanjutnya untuk mengetahui angka bakteri dilakukan pengujian di laboratorium kesehatan dan kalibrasi dengan mengambil sampel udara menggunakan menggunakan parameter 500 cfu/m^3 (*colony from unit /m}^3*) untuk sampel udara awal yang sebelum menggunakan mesin hepafis plasma menggunakan UVC hasil pengujian yaitu 540 cfu/m^3 hasil ini melebihi batas baku mutu selanjutnya untuk pengujian menggunakan mesin hepafis plasma menggunakan UVC dengan waktu 2 jam dengan variasi 30, 60, 90, 120 menit dari hasil pengujian 30 menit didapatkan hasil uji 188 cfu/m^3 yang sudah memenuhi ambang batas angka bakteri sehingga mesin uji hepafis plasma menggunakan UVC berpengaruh terhadap pengurangan angka bakteri.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian alat penjernih udara metode pembacaan oleh sensor MQ-135 dimana sensor ini dapat membaca kadar polutan di udara dari hasil pengujian alat ini mampu menjernihkan udara dalam ruangan dari kadar udara dengan tingkat polutan yang bahaya yaitu 100 – 300 ppm menjadi kadar udara aman yaitu 46 ppm parameter yang digunakan sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang dikeluarkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Dari hasil pengujian selama 30 sampai 120 menit maka hasil uji angka bakteri sudah memenuhi batas baku mutu yaitu dibawah 500 cfu/m^3 hasil pengujian 188 sampai 44 cfu/m^3 sehingga mesin uji hepafis plasma menggunakan UVC berpengaruh terhadap pengurangan angka bakteri.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruangan Rumah. 7 Juni 2011.
- [2] Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 334. Jakarta.
- [3] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997
- [4] Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2017, "*Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia*," Jakarta.
- [5] Mudhofir, F., Yulianti, I., Sujarwata, 2018, "*T-FANTYQ 09: Teknologi Lingkungan Penyaring Udara Sebagai Upaya Degradasi Polutan Asap Rokok*," Jurnal MIPA 41 (1): 1–5.
- [6] National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), 1997, "*Indoor Environmental Quality*," <http://www.cdc.gov/niosh/topics/indoor/>
- [7] Marra, A.R., Schweizer, M.L., Edmond, M.B., 2018, "*No-Touch Disinfection Methods To Decrease Multidrug-Resistant Organism Infections: A Systematic Review And Meta-Analysis*," *Infect Control Hosp Epidemiol*, 39: 20–31.
- [8] Buonanno, M., Ponnaiya, B., Welch, D., 2017, "*Germicidal Efficacy And Mammalian Skin Safety Of 222-Nm UV Light*," *Radiat Research*, 187: 483–491.
- [9] Narita, K., Asano, K., Morimoto, Y., Igarashi, T., Hamblin, M. R., Dai, T., & Nakane, A., 2018, "*Disinfection And Healing Effects Of 222-Nm UVC Light On Methicillin-Resistant Staphylococcus Aureus Infection In Mouse Wounds*," *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178: 10–18.
- [10] Yamano, N., Kunisada, M., Kaidzu, S., Sugihara, K., Nishiaki-Sawada, A., Ohashi, H., Nishigori, C., 2020, "*Long-Term Effects Of 222-Nm Ultraviolet Radiation C Sterilizing Lamps On Mice Susceptible To Ultraviolet Radiation*," *Photochemistry and photobiology*, 96(4): 853–862.
- [11] Narita, K., Asano, K., Naito, K., Ohashi, H., Sasaki, M., Morimoto, Y., Nakane, A., 2020, "*Ultraviolet C Light With Wavelength Of 222 Nm Inactivates A Wide Spectrum Of Microbial Pathogens*," *Journal of Hospital Infection*, 105(3): 459–467.
- [12] Kitagawa, H., Nomura, T., Nazmul, T., Omori, K., Shigemoto, N., Sakaguchi, T., & Ohge, H., 2021, "*Effectiveness Of 222-Nm Ultraviolet Light On Disinfecting SARS-Cov-2 Surface Contamination*," *American journal of infection control*, 49(3): 299–301.

- [13] Nur, M., 2021, "*Zeta Green Teknologi Plasma Dingin*," PT. Dipo Technology. <https://www.dipotechnology.com/2021/01/14/zeta-green-teknologi-plasma-dingin/>.
- [14] Lisyastuti, E., & Laila, F., 2010, "*Jumlah Koloni Mikroorganisme Udara Dalam Ruang Dan Hubungannya Dengan Kejadian Sick Building Syndrome (Sbs) Pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2ks) Bppt Di Kawasan Puspiptek Serpong Tahun 2010*," Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.