

RANCANG BANGUN ALAT *GERMICIDAL* UDARA MENGGUNAKAN SINAR ULTRAVIOLET

*Freditya Siswanto¹, Sumar Hadi Suryo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: fredityas@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini, dilakukan rancang bangun desain alat *germicidal* udara menggunakan sinar ultraviolet. Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 265 nm mempunyai kemampuan dalam menonaktifkan bakteri, virus dan protozoa tanpa mempengaruhi komposisi kimia fluida. Absorpsi terhadap radiasi ultraviolet oleh protein, RNA dan DNA dapat menyebabkan kematian dan mutasi sel. Oleh karena itu, sinar ultraviolet dapat digunakan sebagai *germicidal* untuk mengendalikan kontaminasi bakteri di udara sehingga akan menghasilkan udara yang steril untuk sistem saluran udara. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian laboratorium terhadap kemampuan alat dalam menonaktifkan bakteri. Pada pengujian laboratorium dilakukan penghitungan koloni bakteri pada media kultur NA dan PDA. Penghitungan dilakukan setelah melakukan isolasi pada media kultur selama 48 jam. Alat *germicidal* udara yang dibuat mampu menghasilkan udara yang steril. Setelah di *treatment* menggunakan alat *germicidal* selama (0, 15, 30, 45) menit, jumlah koloni mikroorganisme fungsi menjadi 102, 31, 11, 6. Sedangkan mikroorganisme bakteri jumlah koloni menjadi 207, 48, 25, 15. Kemampuan untuk mereduksi jumlah bakteri sangat signifikan yang mencapai 92.7% untuk mikroorganisme berjenis bakteri dan 94.1% fungi. Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran terhadap konsumsi daya alat dalam menonaktifkan bakteri. Pengukuran dilakukan terhadap tegangan AC dan tegangan DC pada alat. Tegangan AC yang diukur merupakan tegangan input dari modul power supply yang dipakai. Sedangkan tegangan DC merupakan tegangan input dari lampu dan fan yang menjadi komponen alat. Konsumsi daya alat total sebesar 14.08 watt. Sedangkan daya yang dikonsumsi fan sebesar 1.736 watt dan lampu ultraviolet sebesar 7.884 watt. Besarnya nilai *losses* daya pada modul pengubah tegangan 4.46 watt.

Kata Kunci: *Germicidal*, Mikroorganisme, Steril, Ultraviolet

Abstract

In this research, was conducted the design and build of germicidal tool of air using ultraviolet rays. Ultraviolet rays with a wavelength less than 265 nm have ability to disable bacteria, viruses and protozoa without affecting the chemical composition of a fluid. Ultraviolet radiation absorption by a protein, rna and dna can cause death and mutation of a cell. Because of it, ultraviolet rays can be used as germicidal to control bacteria contamination in the air so will produce sterile air to a system of the air channels. In this research, laboratory testing of the tool's microorganism deactivation ability is tested. During the laboratory test, microorganism colonies count was conducted in the NA and PDA culture medium. The count was conducted after the culture medium was isolated for 48 hours. After room treatment by germicidal tool for (0, 15, 30, 45) minutes, number of fungi colony become 102, 31, 11, 6. And bacteria colony become 207, 48, 25, 15. The ability to reduce microorganism is very significant, reaching 92.7% for bacteria and 94.1% for fungi. In this research the measurement tool of the power consumption for microorganism deactivation is also tested. Measurements conducted on AC and DC voltage. AC voltage which measured is input voltage from power supply module, while DC voltage from lamp and fan input voltage. Total tool's power consumption 14.08 watt. And power consumed by fan 1.736 watt and ultraviolet lamp 7.884 watt. The power losses at module 4.45 watt.

Keywords: *Germicidal, Microorganism, Sterile, Ultraviolet*

1. Pendahuluan

Udara merupakan campuran mekanisme dari berbagai macam gas, komposisi normal udara terdiri dari gas nitrogen 78.1% oksigen 20.9% dan karbon dioksida 0.03% sementara selebihnya berupa argon, neon, kripton, xenon helium, dan lain lain. Udara juga mengandung uap air, debu, bakteri, spora dan sisa tumbuh-tumbuhan. Pencemaran

udara dapat membahayakan kesehatan manusia dan memberikan dampak yang luas terhadap fauna, flora, dan terhadap ekosistem yang ada. Pencemaran udara dapat memicu peningkatan jumlah bakteri yang terkandung di udara.

Kebutuhan udara yang berkualitas dan steril mulai meningkat. Misalnya ruangan untuk balai kesehatan skala kecil yang tidak memiliki fasilitas penyeterilan udara. Hal ini dapat menurunkan pelayanan kesehatan yang dilakukan di ruangan tersebut. Begitupun pada ruangan penyimpanan obat dan makanan. Sirkulasi udara yang steril akan mampu membuat obat-obatan ataupun makanan yang disimpan menjadi lebih awet.

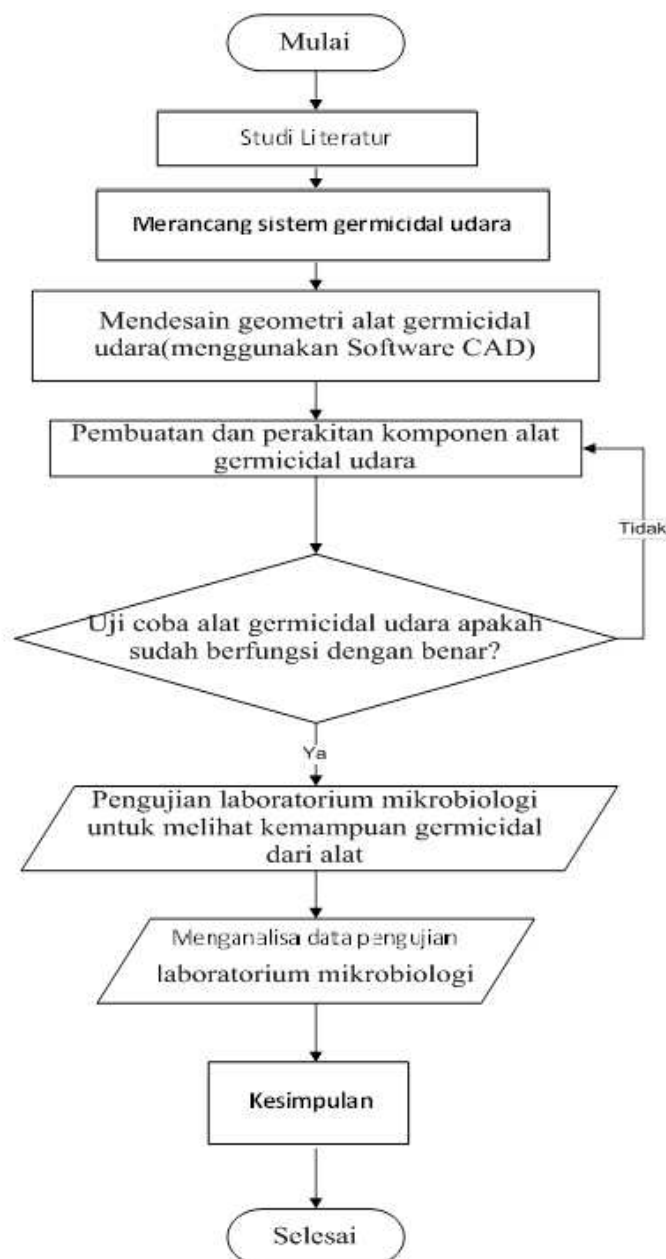
Sinar ultraviolet merupakan pembunuh mikroba yang sangat kuat, dengan panjang gelombang efektif berkisar antara 100-280nm. Energi yang dibawanya mudah diserap partikel, sehingga mengakibatkan gangguan pada organisme hidup, mulai dari disfungsi organ hingga kerusakan DNA dan RNA [1].

Tujuan penelitian ini adalah mampu merancang desain alat *germicidal* udara menggunakan sinar ultraviolet, mampu menghitung efektifitas penurunan mikroorganisme berbentuk fungi dan bakteri dengan alat *germicidal* udara, dan mampu menghitung konsumsi daya alat *germicidal* udara.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

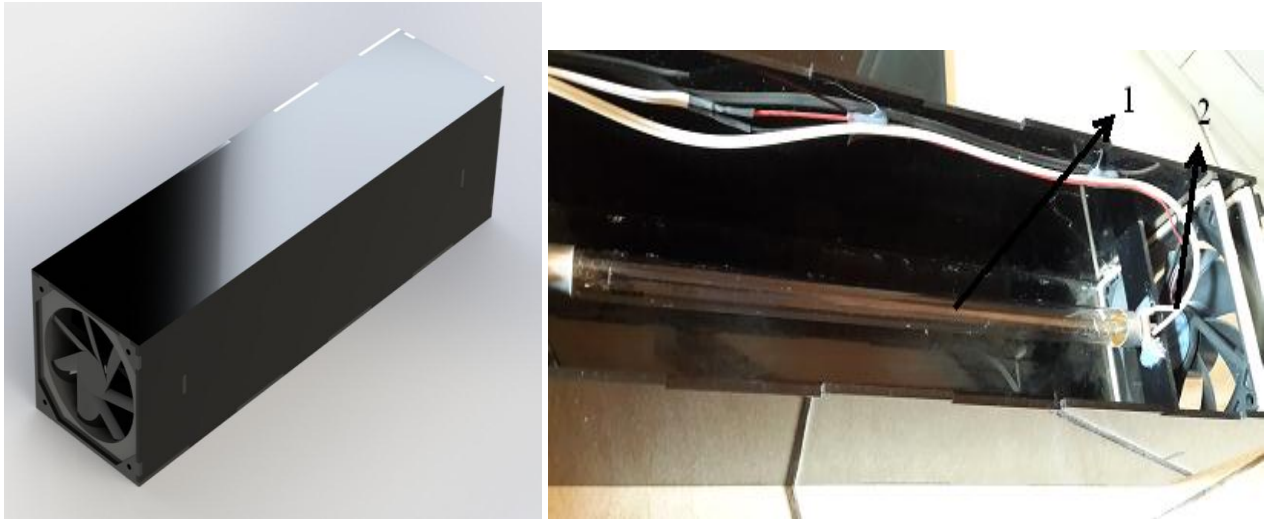
Dalam sebuah penelitian diperlukan diagram alir untuk menggambarkan jalannya proses penelitian mulai dari awal hingga akhir yang telah dilakukan. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian.



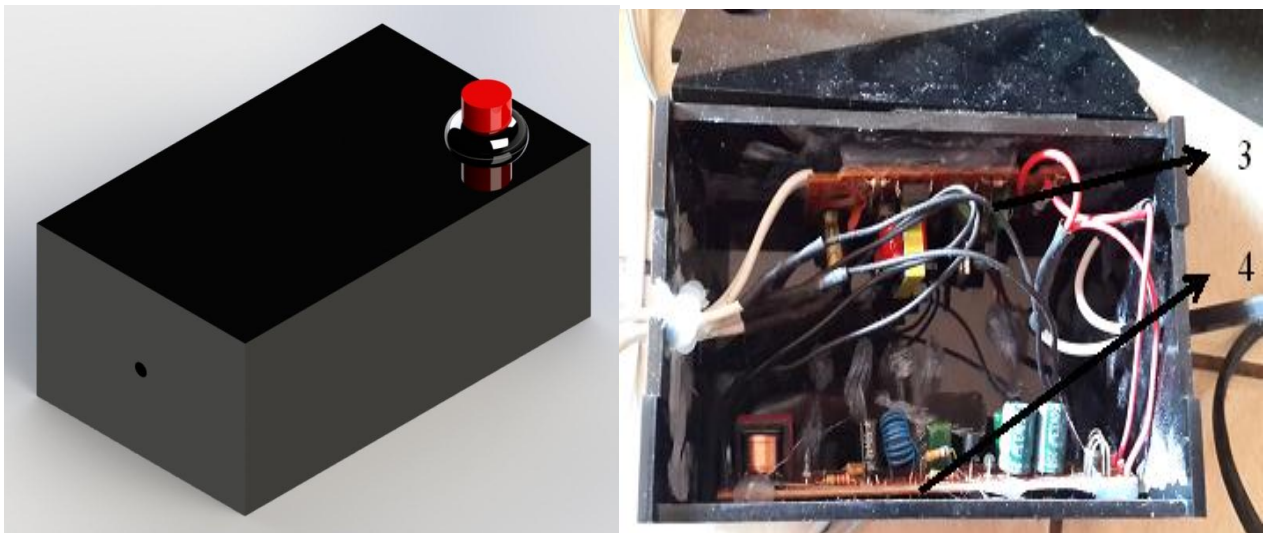
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

2.2 Desain Alat *Germicidal* Udara Menggunakan Sinar Ultraviolet

Dalam penelitian ini penulis melakukan pendesainan alat *germicidal* udara ini dengan menggunakan *software* SolidWorks. Hal ini memungkinkan untuk menampilkan geometri secara 3D. Setelah proses desain selesai, dilakukan proses *machining* dan *assembling* untuk merealisasikan alat *germicidal* udara. Desain alat *germicidal* udara ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan pada Gambar 3 adalah desain *power supply* untuk alat *germicidal* udara.



Gambar 2. Desain Alat *Germicidal* Udara.



Gambar 3. Desain *Power Supply* Alat *Germicidal* Udara.

Tabel 1. Daftar komponen alat *germicidal* udara untuk diasemбли.

No.	Nama komponen
1.	Lampu UV-C
2.	<i>Ducted Fan</i> 9 cm
3.	Adaptor switching 12 V, 1 A
4.	Modul T8W <i>power supply</i>

2.3 Komponen Alat *Germicidal* Udara

Untuk merealisasikan alat *germicidal* udara, dipilih beberapa komponen yang sesuai untuk digunakan pada penelitian ini. Pemilihan komponen berdasarkan ketersediaan komponen yang ada dan mudah di dapatkan di pasaran. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penggantian komponen jika terjadi kerusakan. Berikut merupakan beberapa komponen yang dipakai untuk membuat alat *germicidal* udara.

2.3.1 Lampu Ultraviolet

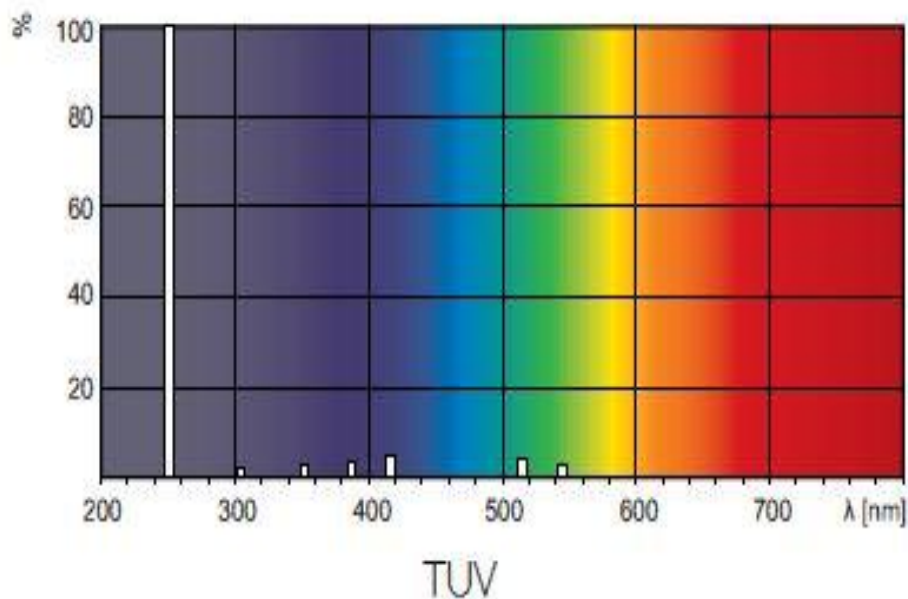
Untuk menghasilkan udara bersih digunakan lampu UV-C produksi PHILIPS (TUV 8W FAM) digambarkan pada Gambar 4. Hasil uji spektrum cahaya yang dihasilkan lampu TUV 8W FAM digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Lampu UV-C.

Tabel 2. Spesifikasi lampu ultraviolet [2].

No.	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan <i>input</i>	56 V DC
2.	Arus maksimum	0,15 A
3.	Tipe cahaya	Ultraviolet tipe C
4.	Intensitas cahaya	100 lumen



Gambar 5. Spektrum Sinar Ultraviolet yang Dihasilkan Alat *Germicidal* Udara [2].

2.3.2 Ballast Elektronik

Ballast elektronik adalah *converter* elektronika daya yang fungsinya untuk mensuplai discharge lamp. *Ballast* elektronik mulai populer setelah berkembangnya mosfet yang berdaya besar dan harga relatif murah. Dengan perkembangan mosfet ini membuat pemakaian *ballast* elektronik menjadi lebih mudah. Pada Tabel 3 dideskripsikan mengenai spesifikasi dari *ballast* yang dipakai sebagai regulator dari lampu ultraviolet. Pada Gambar 6 ditampilkan gambar modul yang digunakan dalam merancang sistem *power supply*.

Rangkaian lampu TL dengan trafo *ballast* seperti pada Gambar rangkaian elektronika dibawah dapat digunakan untuk pemasangan lampu TL. Rangkaian lampu TL dengan trafo *ballast* seperti ini dapat digunakan untuk berbagai ukuran daya lampu TL yang digunakan sesuai dengan trafo *ballast* yang digunakan. Rangkaian lampu TL dengan trafo *ballast* membutuhkan starter untuk proses menyalakan lampu TL pada setiap kali menghidupkan lampu TL. Starter pada lampu TL pada umumnya selalu terpasang pada rangkaian lampu TL tersebut, akan tetapi pada saat lampu telah menyala komponen starter lampu TL ini dapat dilepas. Rangkaian lampu TL secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Modul T8W Power Supply.



Gambar 7. Rangkaian Lampu TL Dengan Trafo Ballast [3].

Rangkaian lampu TL menggunakan *ballast transformer* sangat sederhana seperti terlihat pada gambar skema lampu TL di atas. Rangkaian lampu TL di atas terdiri dari *ballast transformer*, lampu TL dan starter lampu TL. Skema lampu TL diatas dapat digunakan untuk lampu TL dengan daya sesuai *transformer ballast* yang digunakan. Sebagai contoh apabila menggunakan *transformer ballast* 40 watt maka dapat menggunakan lampu TL 40 watt atau bila menggunakan *transformer ballast* 10 watt maka dapat menggunakan lampu TL dengan daya 10 watt. Rangkaian lampu TL dengan *transformer ballast* diatas bersifat universal dalam perakitannya, bentuk rangkaian lampu TL tidak berubah untuk daya lampu TL yang digunakan, hanya trafo *ballast* yang harus disesuaikan dengan beban lampu TL yang akan dipasang.

Tabel 3. Spesifikasi *ballast* lampu ultraviolet.

No.	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan <i>input</i>	220 V AC
2.	Tegangan <i>output</i>	12 V DC
3.	Chanel	1 pasang
4.	Daya	8 watt

Ballast elektronik banyak digunakan pada lampu hemat energi. Ini dikarenakan *ballast* elektronik mempunyai keunikan yang khusus, yaitu sistem kerjanya yang tidak lagi menggunakan kumparan kawat pada inti besi tetapi menggunakan sistem rangkaian elektronik. Hal ini menyebabkan *losses* yang terjadi pada kumparan menjadi hilang, meskipun ada sedikit *losses* karena rangkaianannya. Adapun prinsip kerja dari *ballast* elektronik pada lampu hemat energi adalah:

- Tegangan AC dari PLN akan disearahkan dengan menggunakan jembatan *weatston* (rangkaiannya penyearah) yang nantinya tegangan tersebut akan disimpan pada kapasitor bank (C). Kapasitor bank ini nantinya akan menjadi sumber tegangan DC untuk lampu hemat energi.
- Untuk mencegah terjadinya tegangan transient dari tegangan masukan PLN maka digunakan filter. Selain itu filter juga berfungsi untuk meredam berbagai sumber *noise electromagnetik interference* yang disebabkan oleh frekuensi tinggi pada tabung lampu hemat energi. Filter ini dapat berupa rangkaian kapasitor maupun induktor.
- Saat rangkaian dihidupkan maka tabung lampu hemat energi akan mempunyai impedansi yang sangat besar. Impedansi ini menyebabkan Kapasitor 1 akan mengalami seri dengan kapasitor 2 dan induktor.

- d. Tegangan yang sangat besar akan muncul akibat resonansi. Tegangan yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk mengionisasi gas yang berada di dalam tabung lampu hemat energi.
- e. Saat tabung lampu hemat energi mengalami ionisasi penuh, maka impedansi pada lampu akan turun cukup jauh. Hal ini menyebabkan rangkaian harus membuang muatan pada kapasitor 1. Akibat ini pula frekuensi resonansi akan tergeser dengan nilai yang akan ditentukan oleh kapasitor 2 dan induktor.
- f. Energi yang dipakai tersebut menjadi lebih kecil begitu pula dengan tegangan di antara elektroda menjadi lebih kecil. Kondisi ini akan mengakhiri kondisi *startup* dari lampu hemat energi ini dan lampu akan menyala.

2.3.3 Fan

Pada Gambar 8 ditunjukkan gambar fan yang akan digunakan dalam alat *germicidal* udara. Fungsi dari *fan* adalah mensirkulasikan udara dari suatu ruangan. Udara didalam ruangan yang yang memiliki kontaminasi mikroorganisme dihisap oleh *fan*. Udara ditekan untuk mengalir melewati lampu ultraviolet. *Fan* juga berperan sebagai pendingin lampu ultraviolet yang panas. Spesifikasi dari *cooling fan* dideskripsikan pada Tabel 4.



Gambar 8. Fan 9 cm.

Tabel 4. Spesifikasi *fan*.

No.	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan <i>input</i>	12 V DC
2.	Arus maksimum	0,12 A
3.	Jumlah blade	7
4.	Debit udara	30 CFM

2.3.4 Adaptor

Adaptor adalah sebuah alat yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dan mengubah tegangan listrik AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan listrik DC (*Direct Current*). Pada saat ini ada banyak rangkaian adaptor mulai dari adaptor yang sangat sederhana hingga adaptor yang canggih. Pada dasarnya semua jenis adaptor ini memiliki prinsip kerja yang sama. Adaptor yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 9. Spesifikasi adaptor yang akan digunakan pada alat *germicidal* udara ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 9. Adaptor *Switching* 12 V, 1 A.

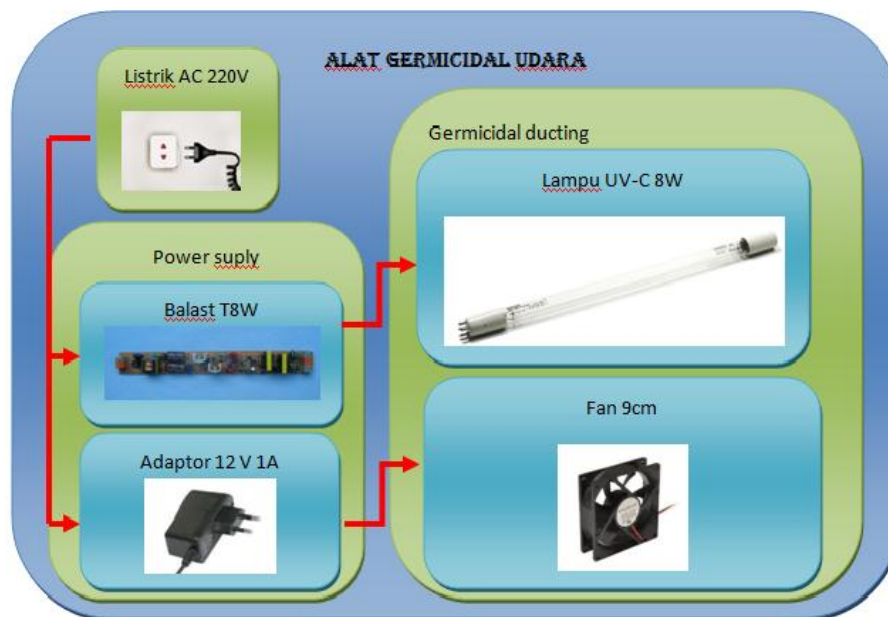
Tabel 5. Spesifikasi adaptor *switching* 12 V, 1A.

No.	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan <i>input</i>	220 V AC
2.	Arus maksimum	1 A
3.	Tegangan <i>output</i>	12 V DC

Output dari adaptor diatas adalah tegangan DC sebesar 12 volt yang sudah difilter. Tegangan ini akan disalurkan untuk mensuplai daya pada fan.

2.4 Desain *Hardware* Elektronika Alat *Germicidal* Udara

Untuk sistem elektronis alat *germicidal* udara ini terdiri atas beberapa komponen elektronika. Beberapa komponen elektronika tersebut disusun untuk membentuk sebuah diagram desain alat *germicidal* udara. Diagram desainnya bisa dilihat pada Gambar 10 dibawah.



Gambar 10. Diagram Desain *Hardware* Alat *Germicidal* Udara.

2.5 Penghitungan Efektifitas Penurunan Jumlah Bakteri dan Konsumsi Daya Alat *Germicidal* Udara

Untuk menghitung efektifitas alat *germicidal* udara dalam mereduksi jumlah bakteri menggunakan rumus di bawah ini.

$$\text{Efektifitas Penurunan Jumlah Bakteri} = \frac{N_0 - N_a}{N_0} \times 100\% \quad (1)$$

dimana N_0 = Jumlah kontaminasi awal (cfu/m³)

N_a = Jumlah kontaminasi setelah dilakukan *treatment* (cfu/m³)

Untuk menghitung jumlah konsumsi daya yang dikonsumsi alat *germicidal* udara menggunakan rumus di bawah ini.

$$P = I \cdot V \quad (2)$$

dimana P = daya listrik (Watt)

I = arus listrik (Ampere)

V = tegangan listrik (Volt)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Kandungan Mikroorganisme Di Udara Menggunakan Alat *Germicidal* Udara

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian laboratorium terhadap kemampuan alat dalam inaktivasi bakteri. Pada pengujian laboratorium dilakukan penghitungan koloni bakteri pada media kultur NA dan PDA. Penghitungan dilakukan setelah melakukan isolasi pada media kultur selama 1 x 24 jam.

Tabel 6. Data hasil pengujian kandungan mikroorganisme di udara.

No.	Waktu <i>treatment</i>	Kontaminasi bakteri (cfu/m ³)	Kontaminasi fungi (cfu/m ³)
1.	0 menit	207	102
2.	15 menit	48	31
3.	30 menit	25	11
4.	45 menit	15	6

3.2 Efektifitas Penurunan Jumlah Mikroorganisme Alat *Germicidal* Udara

Udara yang melewati *ducting* akan terkena radiasi sinar ultraviolet. Mikroorganisme akan mati akibat radiasi sinar ultraviolet. Udara yang steril kemudian dilepaskan untuk bercampur dengan udara di dalam ruangan. Udara di dalam ruangan secara terus menerus disirkulasikan melewati alat *germicidal* udara. Dengan adanya sirkulasi udara ini, jumlah mikroorganisme yang ada di udara ruangan bisa ditekan.

Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil uji spektrum yang diterbitkan vendor royal philips. Spektrum sinar ultraviolet yang dihasilkan memiliki panjang gelombang (λ) 260 nm sampai 265 nm. Sinar UV, dibawah λ 280 nm memiliki energi yang cukup untuk memutus ikatan C-C dan C-H dimana dapat menginduksi rantai dideoxri-bonucleic acid (DNA) [4].

Radiasi sinar UV telah diterima luas diseluruh dunia sebagai suatu metode sterilisasi pada industri farmasi. Sinar UV yang sering digunakan adalah sinar UVC (λ 100-280 nm) dikarenakan sinar dari UVC terdaftar sebagai cahaya yang paling berbahaya bagi organisme hidup karena sifatnya yang merusak DNA dan RNA [5]. Tingkat inaktivasi mikroorganisme sangat tergantung pada dosis UV yang digunakan. efektifitas inaktivasi mikroorganisme pada desinfeksi menggunakan alat *germicidal*.

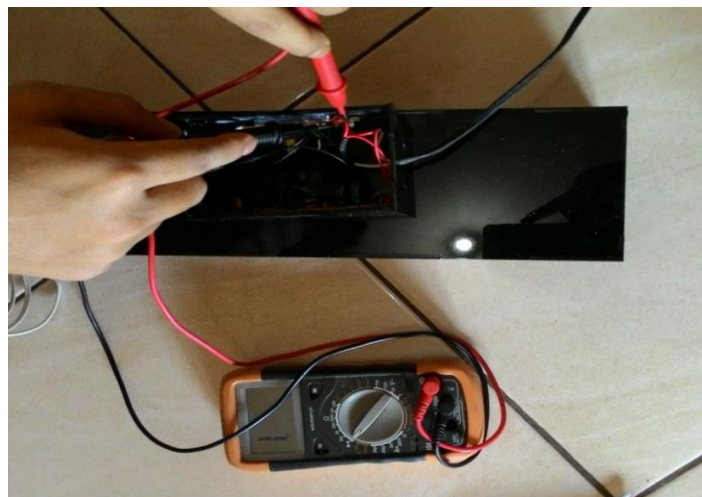
Pada intensitas UVC 2400 millijoules/s didapatkan penurunan yang sangat drastis jumlah mikroorganisme di dalam ruangan selama *treatment*. Sampel mikroorganisme berbentuk fungi yang digunakan berupa spora *Saccharomyces cerevisiae* yang ditebar diudara. Dari hasil pengukuran didapatkan kontaminasi awal sebelum *treatment* sebesar 102×10^6 cfu/m³. Hasil pengukuran jumlah kontaminasi bakteri pada udara ruangan setelah *treatment* selama 45 menit didapatkan nilai sebesar 6×10^6 cfu/m³. Dengan menggunakan rumus 1 untuk menghitung efektifitas penurunan kontaminasi fungi setelah dilakukan *treatment* selama 45 menit didapatkan efektifitas sebesar 94.1%

Tingkat inaktivasi fungi belum mampu mencapai angka 100% dikarenakan beberapa fungi yang masih berbentuk spora relatif tahan terhadap sinar UV [6].

Sampel mikroorganisme berbentuk bakteri yang digunakan berupa spesies *Lactobacillus casei* dan *Rodhospseudomonas palustris* yang ditebar di udara. Dari hasil pengukuran didapatkan kontaminasi awal sebelum *treatment* sebesar 207×10^6 cfu/m³. Hasil pengukuran jumlah kontaminasi bakteri pada udara ruangan setelah *treatment* selama 45 menit didapatkan nilai sebesar 15×10^6 cfu/m³. Setelah dilakukan penghitungan menggunakan rumus 1 efektifitas penurunan kontaminasi bakteri setelah dilakukan *treatment* selama 45 menit, mencapai 92.7%.

Efektifitas penurunan kontaminasi bakteri pada udara sebesar 92.7%. Tingkat inaktivasi bakteri belum mampu mencapai angka 100% dikarenakan beberapa bakteri memiliki bentuk vegetative seperti spesies *Bacillus* dan *Clostridium* dimana bentuk vegetatifnya yang lebih tahan 5-50 kali terhadap Radiasi Sinar UV [7].

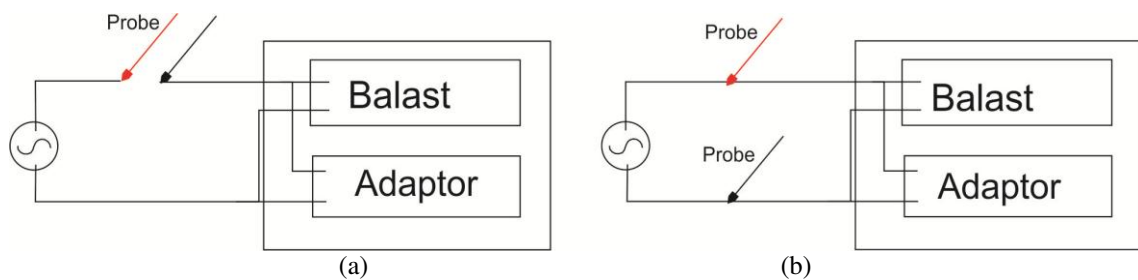
3.3 Pengukuran Konsumsi Daya



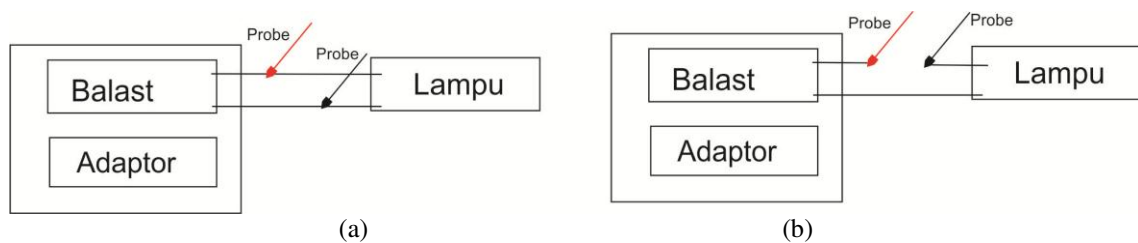
Gambar 11. Multitester Digital Untuk Mengukur Tegangan dan Arus Pada Rangkaian

Pengukuran daya rangkaian dapat dilakukan menggunakan kombinasi volt meter dan ampere meter yang dikombinasikan. Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan yang beroperasi pada rangkaian. Sedangkan amperemeter digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada rangkaian. Amperemeter dan voltmeter biasanya sudah tergabung dalam satu alat yang disebut multimeter. Pada Gambar 11 ditunjukkan gambar alat multimeter digital untuk mengukur tegangan dan arus pada rangkaian listrik.

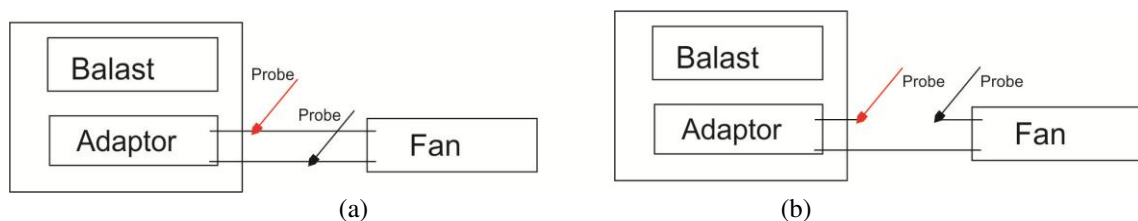
Pada penelitian ini pengukuran daya dilakukan pada tiga titik. Yang pertama adalah pengukuran daya secara total. Titik pengukuran ditunjukkan pada Gambar 12. Pengukuran kedua dilakukan pada daya yang dikonsumsi oleh lampu. Titik pengukuran kedua diperlihatkan pada Gambar 13. Pengukuran ketiga dilakukan pada daya yang dikonsumsi oleh fan. Titik pengukuran ketiga diperlihatkan pada Gambar 14.



Gambar 12. Pengukuran Titik Pertama Menggunakan Multimeter Digital, (a) Arus (b) Tegangan.



Gambar 13. Pengukuran Titik Kedua Menggunakan Multimeter Digital, (a) Tegangan (b) Arus.



Gambar 14. Pengukuran Titik Ketiga Menggunakan Multimeter Digital, (a) Tegangan (b) Arus.

3.4 Hasil Pengujian Konsumsi Daya Alat *Germicidal* Udara

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap konsumsi daya alat dalam inaktivasi bakteri. Pengukuran dilakukan terhadap tegangan AC dan tegangan DC pada alat. Tegangan AC yang diukur merupakan tegangan input dari modul powersupply yang dipakai. Sedangkan tegangan DC merupakan tegangan input dari lampu dan fan yang menjadi komponen alat.

Tabel 7. Hasil pengukuran arus dan tegangan alat *germicidal* udara.

No.	Parameter	Volt	Miliampere
1.	Modul	220	64
2.	Lampu UV	54	146
3.	Fan	12.2	113

Untuk menghitung konsumsi daya alat *germicidal* udara digunakan rumus 2, didapatkan jumlah konsumsi daya total alat sebesar 14.08 watt. Sedangkan komponen pada alat *germicidal* udara membutuhkan daya 7.884 watt untuk lampu ultraviolet dan 1.736 watt untuk fan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian mengenai alat *germicidal* udara dapat disimpulkan beberapa hal. Penulis berhasil mendesain dan membuat alat *germicidal* udara menggunakan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang (λ) 260 nm sampai 265 nm dan daya sebesar 8 W. Untuk kemampuan mereduksi jumlah mikroorganisme alat *germicidal* udara ini mampu

mereduksi jumlah mikroorganisme dengan efektifitas mencapai 92.7% untuk mikroorganisme berjenis bakteri dan 94.1% fungi pada volume ruangan 1 m³ dengan membutuhkan waktu *treatment* selama 45 menit. Sedangkan untuk konsumsi daya alat ini, konsumsi daya alat total sebesar 14.08 watt. Sedangkan konsumsi daya komponen, daya yang dikonsumsi fan sebesar 1.736 watt dan lampu ultraviolet sebesar 7.884 watt. Besarnya nilai loses daya pada modul pengubah tegangan 4.46 watt.

5. Daftar Pustaka

- [1] Jay, J. M. 1996. *Modern Food Microbiology*. Fifth edition. International Thomson Publishing. Florance.
- [2] Koninklijke Philips N.V.(Royal Philips). 2014 "TUV 8W".Netherland.
- [3] _____, 2004 "Pedoman efisiensi energy untuk industri di asia". India.
- [4] Halfmann, H., Denis, B., Bibinov, N., Wunderlich, J., Awakowicz, P. 2007. *Identification of the most efficient VUV/UV radiation for plasma based inactivation of Bacillus atrophaeus spores*. Germany.
- [5] Owens, M.U., Deal, D.R., Shoemaker, M.O., Knudson, G.B., Meszaros, J.E., Deal, J.L. 2005. *High-Dose Ultraviolet C Light Inactivates Spores of Bacillus Atrophaeus and Bacillus Anthracis Sterne on Nonreflective Surfaces*. *Applied Biosafety*, 10(4) pp. 240-247
- [6] Waites, W.M., Flower, D.R., Jones, S.H., Shaw, D. 1988. *The destruction of spores of Bacillus subtilis by the combined effects of hydrogen peroxide and ultraviolet light*. University of Nottingham : Department of Applied Biochemistry and Food Science, Sutton Bonington, LE12 5RD and SERC Daresbury Laboratory, Daresbury Warrington, W A4 4AD, UK.
- [7] Nhung, L.T.T., Nagata, H., Takahashi, A., Aihara, M., Okamoto, T., Shimohata, T., Mawatari, K., Akutagawa, M., Kinouchi, Y., Haraguchi, M. 2012. *Sterilization effect of UV light on Bacillus spores using TiO2 films depends on wavelength*. Japan – Tokushima : University of Tokushima Graduate School.