

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xvii
INTISARI.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	2
I.2.1. Batasan Masalah .....	2
I.3. Tujuan Penelitian .....	3
I.4. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1. Implementasi Sistem Sterilisasi Berbasis UVC .....	4
II.2. Pengaruh Kaca Film terhadap Intensitas Iradiasi UV .....	5
BAB III DASAR TEORI .....	8
III.1. Gelombang Elektromagnetik .....	8
III.2. Sinar Ultraviolet (UV) .....	11
III.2.1. Definisi dan Proses Terbentuk UV .....	11
III.2.2. Sumber UV.....	12
III.2.3. Efek UV pada Material .....	16
III.2.4. Efek UV pada Makhluk Hidup .....	17
III.2.5. Sistem Sterilisasi Berbasis UVC.....	19
III.3. Filter UV .....	21
III.3.1. Definisi dan Fungsi Filter UV.....	21
III.3.2. Jenis Filter UV .....	21



III.4. Kaca Film .....	22
III.4.1. Proses Pembuatan Pelapis Tipis Kaca Film .....	22
III.4.2. Fungsi Kaca Film .....	23
III.5. Radiasi dalam Optika Geometri .....	23
III.5.1. Difraksi .....	24
III.5.2. Dispersi .....	24
III.5.3. Refleksi .....	25
III.5.4. Refraksi .....	25
III.5.5. Hukum Kosinus Lambert .....	25
III.6. Sensor UV <i>Light Meter</i> .....	26
III.7. HIPOTESIS .....	28
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....	29
IV.1. Metodologi Penelitian .....	29
IV.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
IV.3. Tata Laksana Penelitian .....	30
IV.3.1. Studi Literatur .....	30
IV.3.2. Penentuan Rancangan Sistem .....	31
IV.3.3. Perancangan Sistem .....	32
IV.3.4. Pengambilan Data .....	34
IV.3.5. Pengolahan Data .....	35
IV.3.6. Analisis Hasil Penelitian .....	44
IV.3.7. Penulisan Laporan .....	44
IV.4. Bahan dan Alat Penelitian .....	45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....	47
V.1. Hasil Penelitian .....	47
V.1.1. Intensitas Radiasi UVC Tanpa Kaca Film .....	47
V.1.2. Intensitas Radiasi UVC dengan Kaca Film .....	48
V.2. Analisis Pengembangan Sistem untuk Implementasi di Kehidupan Nyata .....	60
V.2.1. Analisis Intensitas Radiasi UV Tanpa Kaca Film .....	60
V.2.2. Analisis Rancangan Pola Posisi Kaca Film .....	61
V.2.3. Perancangan Posisi dan Ukuran Kaca Film Apabila $r = 0,5d$ .....	63



V.2.4. Perancangan Posisi dan Ukuran Kaca Film Apabila $r = d$ .....	67
V.2.5. Perancangan Posisi dan Ukuran Kaca Film Apabila $r = 2d$ .....	70
V.2.6. Perancangan Posisi dan Ukuran Kaca Film Apabila $r = 2\sqrt{3}d$ .....	73
V.2.7. Perbandingan Sebaran Intensitas Radiasi UVC pada Sistem Gerbang Sterilisasi dengan Kaca Film dan Tanpa Kaca Film .....	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	86
VI.1. Kesimpulan .....	86
VI.2. Saran .....	86
DAFTAR PUSTAKA .....	88
LAMPIRAN A .....	91
LAMPIRAN B .....	132
LAMPIRAN C .....	192



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> Tinjauan pustaka terkait terkait implementasi sistem sterilisasi berbasis UVC. ....	5
<b>Tabel 2. 2.</b> Tinjauan pustaka terkait pengaruh kaca film UV terhadap intensitas iradiasi UV. ....	7
<b>Tabel 4. 1.</b> Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian. ....	46
<b>Tabel 5. 1.</b> Analisis nilai intensitas radiasi UVC tanpa kaca film. ....	61
<b>Tabel 5. 2.</b> Analisis nilai intensitas radiasi UVC dengan kaca film pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 0,5d$ . ....	65
<b>Tabel 5. 3.</b> Analisis nilai intensitas radiasi UV dengan kaca film pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = d$ . ....	68
<b>Tabel 5. 4.</b> Analisis nilai intensitas radiasi UVC dengan kaca film pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 2d$ . ....	71
<b>Tabel 5. 5.</b> Analisis nilai intensitas radiasi UVC dengan kaca film pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 2\sqrt{3}d$ . ....	74
<b>Tabel 5. 6.</b> Hasil analisis sebaran intensitas radiasi UVC 222 nm (0,0357 mW/cm <sup>2</sup> ) pada $d = 31$ cm. ....	80
<b>Tabel 5. 7.</b> Hasil analisis sebaran intensitas radiasi UVC 254 nm (0,2223 mW/cm <sup>2</sup> ) pada $d = 31$ cm. ....	84



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1.</b> Medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus [15].	8
<b>Gambar 3. 2.</b> Spektrum Gelombang Elektromagnetik [18].	10
<b>Gambar 3. 3.</b> Spektrum sinar UV [20].	11
<b>Gambar 3. 4.</b> Variasi UVB ambien (garis padat) dan UVA (garis putus-putus) selama hari musim panas yang cerah di United Kingdom [24].	13
<b>Gambar 3. 5.</b> Variasi harian UVB ambien (garis padat) dan UVA (garis putus-putus) sepanjang tahun 1994 diukur di [24].	13
<b>Gambar 3. 6.</b> Penyerapan radiasi optik oleh kulit manusia [33].	18
<b>Gambar 3. 7.</b> Respon serapan asam nukleat DNA dengan panjang gelombang UVC [1].	20
<b>Gambar 3. 8.</b> Emisi kosinus dari elemen diferensial [43].	26
<b>Gambar 3. 9.</b> Skema rangkaian fotodiode yang diintegrasikan dengan <i>current to voltage operational amplifier</i> [46].	27
<b>Gambar 3. 10.</b> Spektrum sensitivitas dari sensor UV <i>Light Meter</i> YK-37UVSD [44].	28
<b>Gambar 4. 1.</b> Diagram Alir Tata Laksana Penelitian.	30
<b>Gambar 4. 2.</b> Diagram blok rancangan tanpa kaca film.	32
<b>Gambar 4. 3.</b> Diagram blok rancangan dengan kaca film.	33
<b>Gambar 4. 4.</b> Tampak depan skema rancangan sistem tanpa kaca film.	33
<b>Gambar 4. 5.</b> Tampak depan skema rancangan sistem dengan kaca film.	34
<b>Gambar 4. 6.</b> Diagram alir pengambilan data intensitas radiasi UVC.	35
<b>Gambar 4. 7.</b> Hasil kalibrasi dari sensor UV <i>Light Meter</i> Lutron YK-37UVSD terhadap lampu UVC 254 nm [47].	36
<b>Gambar 4. 8.</b> Hasil olahan data kalibrasi pada Microsoft Excel.	37
<b>Gambar 4. 9.</b> Diagram alir dari pengolahan data Intensitas Radiasi UVC.	38
<b>Gambar 4. 10.</b> Diagram alir dari pengolahan data perancangan posisi dan ukuran kaca film.	41
<b>Gambar 4. 11.</b> Skema persebaran intensitas radiasi UVC tanpa kaca film.	42
<b>Gambar 4. 12.</b> Skema persebaran intensitas radiasi UVC dengan kaca film.	43
<b>Gambar 5. 1.</b> Kurva persebaran intensitas lampu UVC 254 nm dan 222 nm pada jarak 31 cm.	48
<b>Gambar 5. 2.</b> Dokumentasi pengambilan data intensitas radiasi UVC dengan kaca film pada percobaan pertama.	50
<b>Gambar 5. 3.</b> Dokumentasi pengambilan data intensitas radiasi UVC dengan kaca film pada percobaan kedua.	51
<b>Gambar 5. 4.</b> Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film WINCOS 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (sebelum pengondisian ruangan).	53



<b>Gambar 5. 5.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film 3M 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (sebelum pengondisian ruangan).....	53
<b>Gambar 5. 6.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film SUN GUARD 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (sebelum pengondisian ruangan).....	54
<b>Gambar 5. 7.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film NANO FILM 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (sebelum pengondisian ruangan).....	54
<b>Gambar 5. 8.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film WINCOS 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (setelah pengondisian ruangan).....	56
<b>Gambar 5. 9.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 222 nm dengan kaca film WINCOS 20% terhadap jarak sensor dari kaca film. ....	56
<b>Gambar 5. 10.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film 3M 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (setelah pengondisian ruangan).....	57
<b>Gambar 5. 11.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 222 nm dengan kaca film 3M 20% terhadap jarak sensor dari kaca film. ....	57
<b>Gambar 5. 12.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film SUN GUARD 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (setelah pengondisian ruangan).....	58
<b>Gambar 5. 13.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 222 nm dengan kaca film SUN GUARD 20% terhadap jarak sensor dari kaca film.....	58
<b>Gambar 5. 14.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 254 nm dengan kaca film NANO FILM 20% terhadap jarak sensor dari kaca film (setelah pengondisian ruangan).....	59
<b>Gambar 5. 15.</b>	Kurva hubungan antara intensitas radiasi UVC 222 nm dengan kaca film NANO FILM 20% terhadap jarak sensor dari kaca film.....	59
<b>Gambar 5. 16.</b>	Kurva intensitas radiasi UVC tanpa kaca film terhadap satuan panjang. ....	61
<b>Gambar 5. 17.</b>	Rancangan pola posisi kaca film. ....	63
<b>Gambar 5. 18.</b>	Kurva intensitas radiasi UVC terhadap satuan panjang pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 0,5d$ . ....	65
<b>Gambar 5. 19.</b>	Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 0,5d$ (tampak samping). ....	66
<b>Gambar 5. 20.</b>	Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = 0,5d$ (tampak belakang). ....	66
<b>Gambar 5. 21.</b>	Kurva intensitas radiasi UVC terhadap satuan panjang pada jarak antara dua sumber UVC terdekat $r = d$ . ....	68



- Gambar 5. 22.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = d$  (tampak samping). ..... 69
- Gambar 5. 23.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = d$  (tampak belakang). ..... 69
- Gambar 5. 24.** Kurva intensitas radiasi UVC dengan kaca film terhadap satuan panjang pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2d$ . ..... 71
- Gambar 5. 25.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2d$  (tampak samping). ..... 72
- Gambar 5. 26.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2d$  (tampak belakang). ..... 72
- Gambar 5. 27.** Kurva intensitas radiasi UVC dengan kaca film terhadap satuan panjang pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2\sqrt{3}d$ . 74
- Gambar 5. 28.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2\sqrt{3}d$  (tampak samping). ..... 75
- Gambar 5. 29.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film pada sistem sterilisasi dengan tiga sumber UVC pada jarak antara dua sumber UVC terdekat  $r = 2\sqrt{3}d$  (tampak samping). ..... 75
- Gambar 5. 30.** Rancangan sistem gerbang sterilisasi permukaan manusia berbasis UVC tanpa menggunakan kaca film. .... 77
- Gambar 5. 31.** Pola sebaran radiasi UVC 222 nm yang diterima oleh objek sterilisasi berdasarkan hasil perhitungan optika geometri. .... 79
- Gambar 5. 32.** Pola sebaran radiasi UVC 222 nm yang diterima oleh objek sterilisasi berdasarkan hasil pengukuran. .... 79
- Gambar 5. 33.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film yang direkomendasikan pada sistem sterilisasi berbasis UVC 222 nm. .... 81
- Gambar 5. 34.** Pola sebaran radiasi UVC 254 nm yang diterima oleh objek sterilisasi berdasarkan hasil perhitungan optika geometri. .... 83
- Gambar 5. 35.** Pola sebaran radiasi UVC 254 nm yang diterima oleh objek sterilisasi berdasarkan hasil pengukuran. .... 83
- Gambar 5. 36.** Perancangan posisi dan ukuran kaca film yang tidak direkomendasikan pada sistem sterilisasi berbasis UVC 254 nm. 85



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A. 1.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 222 nm Tanpa Kaca Film. ....	91
<b>Lampiran A. 2.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm Tanpa Kaca Film. ....	98
<b>Lampiran A. 3.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 222 nm dengan Kaca Film WINCOS 20%. ....	108
<b>Lampiran A. 4.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film WINCOS 20% (Sebelum Pengondisian Ruangan). ....	110
<b>Lampiran A. 5.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film WINCOS 20% (Setelah Pengondisian Ruangan). ....	112
<b>Lampiran A. 6.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 222 nm dengan Kaca Film 3M 20%. ....	114
<b>Lampiran A. 7.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film 3M 20% (Sebelum Pengondisian Ruangan). ....	116
<b>Lampiran A. 8.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film 3M 20% (Setelah Pengondisian Ruangan). ....	118
<b>Lampiran A. 9.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 222 nm dengan Kaca Film SUN GUARD 20%..	120
<b>Lampiran A. 10.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film SUN GUARD 20% (Sebelum Pengondisian Ruangan). ....	122
<b>Lampiran A. 11.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film SUN GUARD 20% (Setelah Pengondisian Ruangan). ....	124
<b>Lampiran A. 12.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 222 nm dengan Kaca Film NANO FILM 20%...	126
<b>Lampiran A. 13.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film NANO FILM 20% (Sebelum Pengondisian Ruangan). ....	128
<b>Lampiran A. 14.</b>	Hasil Pengambilan Data Intensitas Radiasi UVC pada Panjang Gelombang 254 nm dengan Kaca Film NANO FILM 20% (Setelah Pengondisian Ruangan). ....	130
<b>Lampiran B. 1.</b>	Intensitas Radiasi UVC di Setiap Titik Objek Sterilisasi Tanpa Kaca Film. ....	132
<b>Lampiran B. 2.</b>	Intensitas Radiasi UVC di Setiap Titik Objek Sterilisasi dengan Kaca Film Jika $r = 0,5d$ . ....	146





<b>Lampiran B. 3.</b>	Intensitas Radiasi UVC di Setiap Titik Objek Sterilisasi dengan Kaca Film Jika $r = d$ .....	150
<b>Lampiran B. 4.</b>	Intensitas Radiasi UVC di Setiap Titik Objek Sterilisasi dengan Kaca Film Jika $r = 2d$ .....	157
<b>Lampiran B. 5.</b>	Intensitas Radiasi UVC di Setiap Titik Objek Sterilisasi dengan Kaca Film Jika $r = 2\sqrt{3}d$ .....	170
<b>Lampiran C. 1.</b>	Skema rancangan sistem sebelum pengondisian ruangan (tampak depan). ....	192
<b>Lampiran C. 2.</b>	Skema rancangan sistem sebelum pengondisian ruangan (tampak belakang).....	192
<b>Lampiran C. 3.</b>	Skema rancangan sistem sebelum pengondisian ruangan (tampak samping). ....	193
<b>Lampiran C. 4.</b>	Skema rancangan sistem setelah pengondisian ruangan (tampak belakang).....	193

