

ANALISIS REDUKSI INTENSITAS CAHAYA PADA *CONTACT LENSES* DAN DAMPAKNYA BAGI PEMAKAI

Bhekti Kumorowati^{1,*}, Mahardika Prasetya Aji², Sulhadi³, Fuad Ardani Rahman⁴

^{1,2,3}Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang, Indonesia 50229

⁴Program Studi Teknika PIP Semarang, Jalan Singosari No.2A, Kota Semarang, Indonesia 50241

*Email: bhektikumorowati@students.unnes.ac.id

Abstrak

Analisis reduksi intensitas cahaya yang melewati *contact lenses* (lensa kontak) dan identifikasi kemampuan lensa kontak sebagai pelindung mata dilakukan dengan mengukur reduksi intensitas cahaya setelah menembus lensa kontak, kemudian menetapkan fokus bahasan yang mencakup kemampuan cahaya menembus lensa kontak, kajian dari sudut pandang fisika kuantum, dan analisis fisis lensa kontak sebagai pelindung mata. Dampak negatif akibat paparan cahaya matahari yaitu berupa kerusakan jaringan retina mata. Kerusakan jaringan ini merupakan akibat besarnya panjang gelombang sinar UV, bukan dari intensitas cahaya. Dengan demikian lensa kontak yang tidak dilapisi anti UV tidak mampu menjadi pelindung dari kerusakan jaringan mata. Lensa kontak tersebut berperan sebagai polarizer yang mampu mereduksi intensitas cahaya saja. Jika intensitas cahaya yang masuk ke mata berkurang, maka akan mengurangi efek silau yang menjadikan penglihatan semakin jelas. Daya reduksi intensitas cahaya oleh lensa kontak berbanding lurus dengan kadar air yang dilihat berdasarkan tren besar koefisien atenuasi (koefisien penyerapan). Koefisien atenuasi yang dihasilkan lensa kontak berkadar air 38% dan 60% untuk sumber cahaya yang dihasilkan laser pointer sebesar 0,46 dan 0,58; sumber lampu *Fluorescent* sebesar 0,34 dan 0,40; serta cahaya matahari sebesar 0,41 dan 0,45. Rekomendasi pemilihan kadar air sebuah lensa kontak bergantung pada produksi air mata pemakai. Jika produksi air mata pemakai cenderung banyak, direkomendasikan memakai lensa kontak berkadar air tinggi agar posisi lensa kontak tidak mudah bergeser, meskipun daya reduksi intensitas cahaya cenderung kecil, begitu sebaliknya.

Kata-kata kunci: *Lensa Kontak, Intensitas Cahaya, Panjang Gelombang, Fotoelektron*

Abstract

The analysis of light intensity reduction that pass the contact lenses and the identification of contact lenses' ability as the eyes protector are conducted by measuring light intensity reduction after penetrate contact lenses, then decide the focus of the topic that involved the light's ability to penetrate contact lenses, investigation from the quantum physics point of view, and analysis of physical lenses as eyes protector. The negative impact of sunlight radiation is the damage of retina tissue in the eyes. The damage of this tissue is the consequence of the bigness of wavelength; it doesn't come from the light intensity. Thereby, the contact lenses that are not layered by anti UV can't be protector from the damage of eyes tissue. Those contact lenses play role as polarizer that is only able to reduce the light intensity. If the light intensity that is entering the eyes decreased, as a result, it will decrease dazzled effect which causes eyesight clearer. Power of light intensity reduction from contact lenses is in line with water-content seen based on the trend of attenuation coefficient quantity. Attenuation coefficient produced by contact lenses which has 38% of water content is 0,46 and 60% of light source produce by laser pointer is 0,56, fluorescent light source is 0,34 and 0,40, and sun light is 0,41 and 0,45. Recommendation in choosing water-content in contact lenses depends on the user's tears production. If the user's tears production is rather in a great quantity, it is recommended to use contact lenses with high water-content in order that the position of contact lenses is not easy to shift, although the power of light intensity reduction is rather small, vice versa.

Keywords: *Contact Lenses, Light Intensity, Wavelength, Photoelectron*

1. Pendahuluan

Di era kini, berbagai usaha telah berani dilakukan banyak orang untuk menunjang penampilan atau aktivitas mereka, salah satunya adalah memakai *contact lenses* (lensa kontak). Tujuan memakai lensa kontak adalah untuk mengoreksi masalah ametropia, tetapi dapat digunakan untuk tujuan terapeutik sebagai pemenuhan alasan kesehatan [1] dan penunjang kecantikan untuk menonjolkan atau mengubah warna mata [2],[3]. Sekitar 100 juta orang diperkirakan akan memakai lensa kontak dan akan terus meningkat secara eksponensial [1].

Disposable lenses yang berwarna seperti lensa kosmetik paling digemari karena mampu mengoreksi emetropi, menunjang kecantikan dengan berbagai pilihan warna, harga lebih murah, dan jangka penyimpanan lama. Meskipun demikian, dapat terjadi kontra indikasi seperti infeksi dan perubahan signifikan terhadap selaput air mata [4].

Mata sebagai indera penglihat sangat sensitif terhadap cahaya. Ketika mata melihat suatu benda, berkas cahaya yang dipantulkan benda akan masuk ke mata dan akan difokuskan oleh lensa agar bayangan benda jatuh tepat di retina [5]. Jika sinar UV yang masuk ke mata secara langsung dapat berpotensi merusak mata dan menyebabkan penyakit berat. Penyakit berat yang dimaksud disini adalah penyakit yang membutuhkan biaya mahal untuk menyembuhkannya, seperti pada tahun 2016 di Korea Selatan, 63,4% orang yang bekerja di bawah paparan sinar UV positif menderita photokeratitis [6]. Selain itu tahun 1976 ditemukan 319 pasien yang terdaftar pada sebuah klinik mata di Nepal menderita *Solar Retinopathy* [7].

2. Metode Penelitian

Reduksi intensitas cahaya setelah menembus lensa kontak dihitung dengan formula (1), kemudian menetapkan fokus bahasan yang mencakup kemampuan cahaya. menembus lensa kontak, kajian dari sudut pandang fisika kuantum, dan analisis fisis lensa kontak sebagai pelindung mata

$$*\% \text{Reduksi Intensitas Cahaya} = \frac{I_f - I_i}{I_i} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

I_i = Intensitas Cahaya sebelum melewati lensa kontak (lux)

I_f = Intensitas Cahaya setelah melewati lensa kontak (lux)

*Hasil negatif menunjukkan terjadi penurunan nilai dan sebaliknya

Alat dan bahan untuk memperoleh data meliputi lensa kontak, sumber cahaya, dan luxmeter. Pertama, lensa kontak dengan kadar air berbeda-beda dan tidak

Di sisi lain, kacamata hitam atau lebih sering disebut *sunglasses* telah diyakini dapat melindungi mata dari buruknya radiasi sinar UV. Tidak hanya kacamata berwarna hitam, tetapi kacamata transparan pun sudah banyak yang menawarkan perlindungan terhadap radiasi sinar UV. Baik kacamata hitam atau transparan tersebut bekerja dengan memanfaatkan sifat polarisasi cahaya. Polarisasi cahaya merupakan peristiwa terserapnya arah getar cahaya pada gelombang transversal seperti cahaya matahari. Terserapnya arah getar ditandai dengan berkurangnya intensitas cahaya yang melewati suatu medium. Polarisasi alamiah dapat terjadi pada permukaan air. Yohanes Surya, pakar fisika, menekankan bahwa gelombang cahaya yang mengenai permukaan air tidak semuanya dapat menembus permukaan itu [8].

Sementara itu, lensa kontak memiliki kadar air berbeda-beda. Kadar air pada lensa kontak menunjukkan kemampuan lensa kontak dalam menyerap air yang ada di sekitarnya, ketika lensa kontak dipakai pada mata, maka air yang diserap oleh lensa kontak adalah air mata. Semakin besar kadar air yang tertera pada label kemasan, maka semakin banyak pula air mata yang nantinya diserap oleh lensa kontak. Yohannes Surya menjelaskan lebih lanjut bahwa polarisasi alamiah terjadi pada permukaan air, maka pada lensa kontak yang memiliki kadar air dapat mereduksi intensitas cahaya [8]. Jika demikian, lensa kontak tentu dapat dijadikan sebagai pelindung mata seperti *sunglasses* dan dapat dijadikan sebagai alat *preventive* terhadap bahaya penyakit mata akibat paparan cahaya. Dalam rangka membuktikan asumsi tersebut, perlu dilakukan analisis reduksi intensitas cahaya pada lensa kontak dan dampaknya bagi pemakai.

dilapisi anti-UV (anti ultraviolet). Lensa yang digunakan merupakan jenis lensa kosmetik, lensa ini dapat mengubah warna mata atau mewarnai mata untuk penglihatan luar ruang yang lebih jelas [4]. Kadar air lensa kontak sebagai variabel bebas dipilih dengan tujuan untuk membandingkan besarnya reduksi intensitas cahaya. Besar kadar air yang diambil sebagai sampel adalah 38%, 42%, 45%, 48%, 55%, dan 60% yang tertera pada kemasan produk lensa kontak yang selanjutnya secara berurutan disebut sampel A, B, C, D, E, dan F. Kadar air pada lensa kontak menunjukkan kemampuan lensa menyerap air dari lingkungan sekitarnya (air mata) dan besaran angka kadar air adalah batas maksimal air yang dapat disimpan oleh lensa. Misal, kadar air lensa kontak adalah 38%, artinya lensa kontak mampu menyimpan 38% air dan jika kandungan air pada lensa kurang dari 38%, maka lensa akan

menyerap air dari air mata hingga kandungan air pada lensa mencapai 38%.

Bahan pembuat lensa sampel A, B, D, dan E adalah Polyhema (2-Hidroxyethyl methacrylate) yaitu sejenis polymer yang membentuk hydrogel dan bersifat hidrofilik. Sampel C berbahan Ocuflcon, merupakan perpaduan Polyhema dengan Methacrylic Acid (MA) yang memiliki permeabilitas dalam meloloskan Oksigen lebih baik dibandingkan Polyhema. Sampel F berbahan Hema (Hidroxyethyl methacrylate), merupakan homopolymer dari polyhema. Kemampuan permeabilitasnya lebih rendah dibandingkan polyhema. Perbedaan bahan ini hanya berdampak pada kemampuan oksigen menembus lensa [9]. Kekuatan lensa kontak dibuat sama, yaitu sebesar -3,25 dioptri (lensa cekung berkekuatan 3,25 dioptri). Lensa cekung dipilih agar cahaya dapat terkumpul pada satu titik sehingga memudahkan peneliti melakukan pengamatan.

Kedua, sumber cahaya. Sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya matahari pada pukul 12.00, lampu *fluorescent* (5 W, 47 lm/W, 50-60 Hz), dan laser pointer. Panjang gelombang untuk masing-masing cahaya ditampilkan pada Tabel 1 yang selanjutnya dapat dihitung besarnya energi yang dibawa cahaya tersebut dengan Formula (2).

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

Tabel 1. Karakteristik Sumber Cahaya

Sumber Cahaya	λ (m)	E (J)
Laser Pointer	$6,71 \times 10^{-7}$	$2,95 \times 10^{-19}$
Lampu Fluorescent	$6 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	$3,3 \times 10^{-33} - 6,6 \times 10^{-39}$
Cahaya matahari	$1 \times 10^{-14} - 1 \times 10^{-3}$	$1,98 \times 10^{-15} - 1,98 \times 10^{-22}$

Percobaan dengan cahaya yang bersumber dari lampu dan laser dilakukan dalam kondisi gelap agar intensitas yang terukur luxmeter mendekati intensitas sebenarnya. Sementara untuk sumber cahaya matahari pada pukul 12.00 karena intensitas cahaya matahari tertinggi pada rentang pukul 11.00–13.00 [10]. Ketiga, luxmeter. Luxmeter digunakan untuk mengukur Iluminasi sumber cahaya dari sumber cahaya (laser pointer, lampu *fluorescent*, dan cahaya matahari). Iluminasi merupakan besaran intensitas penerangan dari cahaya yang mengenai suatu permukaan dengan satuan lux atau lumen/m² dengan simbol E_p .

$$E_p = \frac{I}{r^2} \quad (3)$$

Formula (3) menunjukkan bahwa intensitas penerangan sebanding dengan intensitas cahaya dan

berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber cahaya dari titik pengamatan. Pengukuran besarnya iluminasi dari laser pointer dan lampu *fluorescent* berjarak sangat dekat (kurang dari 5 cm), maka kuadrat jarak ini bernilai kecil dan dapat diabaikan. Sementara pengukuran iluminasi cahaya matahari jarak antara matahari dengan bumi cukup jauh, tetapi intensitas cahaya yang dipancarkan matahari jauh lebih besar, maka kuadrat jarak bernilai kecil dan dapat diabaikan. Oleh karena itu, dapat dibuat sebuah pendekatan bahwa besarnya intensitas penerangan yang terukur oleh luxmeter dianggap sebagai intensitas cahaya.

Ketika cahaya melewati lensa, maka sebagian intensitas cahaya akan diserap dan berkurang sesuai dengan persamaan Lambert-Beer pada Formula (4). Dari persamaan tersebut dapat dicari hubungan antara tebal penyerap yang diperlukan untuk mereduksi intensitas cahaya menjadi harga tertentu yang dinyatakan dalam koefisien atenuasi μ .

$$I_f = I_i e^{-\mu x} \quad (4)$$

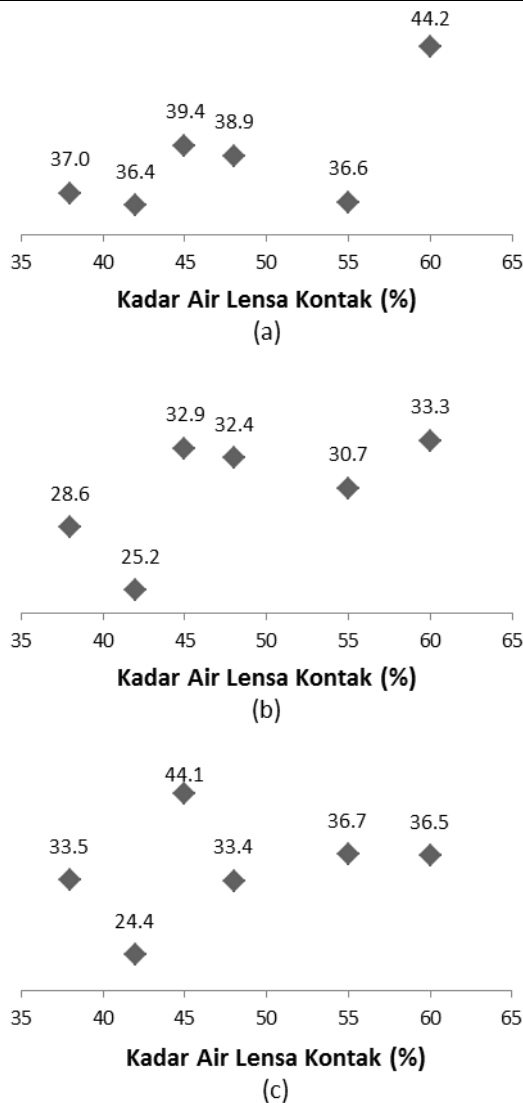
Besaran μ pada Formula (3) merupakan slope grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap ketebalan bahan (lensa kontak) x . Dikarenakan lensa kontak yang digunakan memiliki kekuatan yang sama, yaitu -3,25 dioptri, maka x bernilai sama untuk semua kadar air. Oleh karena itu, x tidak berpengaruh pada reduksi intensitas, sehingga dapat dianalogikan bahwa $\mu x = \alpha =$ koefisien penyerapan lensa kontak.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2 dan persentase reduksi antarsampel disajikan pada Gambar 1. Data Tabel 2 dihitung dengan formula (1) akan menghasilkan persentase reduksi intensitas cahaya bernilai negatif. Tanda negatif menunjukkan terjadi penurunan intensitas cahaya setelah melewati lensa kontak. Misalkan data sampel A yang disinari oleh cahaya laser pointer, persentase reduksi sebesar -37%, artinya sampel A mampu mengurangi intensitas cahaya laser pointer sebesar 37%. Gambar 1 menampilkan hasil positif untuk memudahkan membaca grafik. Fenomena tersebut bersesuaian dengan peristiwa polarisasi dimana cahaya yang melewati polarisator akan berkurang. Artinya peran lensa kontak sebagai polarisator, sama-sama mengurangi intensitas cahaya. Gambar 1 memperlihatkan tren reduksi intensitas cahaya cenderung naik berbanding lurus dengan kadar air. Semakin besar kadar air yang dikandung pada lensa kontak maka semakin banyak pula intensitas cahaya yang dapat direduksi.

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan

Sampel		A	B	C	D	E	F	
Kadar Air (%)		38	42	45	48	55	60	
Intensitas Cahaya	Laser Pointer	I_i	973,7					
		I_f	613,5	619,2	590,3	595,7	617,8	543,2
		α	0,46	0,45	0,50	0,49	0,45	0,58
	Lampu Fluorescent	I_i	626,8					
		I_f	447,5	468,8	420,5	423,8	434,3	418,2
		α	0,34	0,29	0,40	0,39	0,37	0,40
	Cahaya matahari	I_i	91650,0					
		I_f	60933,3	69300,0	51166,7	61016,7	58066,7	58216,7
		α	0,41	0,28	0,58	0,41	0,46	0,45



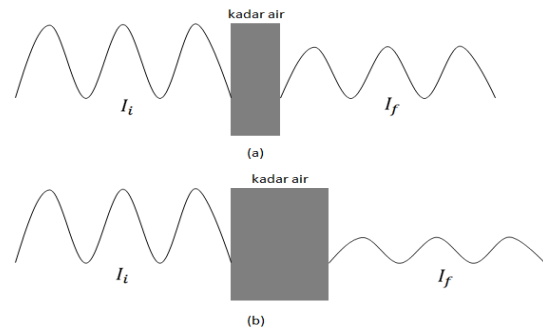
Gambar 1. Persentase Reduksi Intensitas Cahaya (a) Laser Pointer, (b) Lampu Fluorescent, dan (c) Cahaya matahari

Kemampuan Cahaya Menembus Lensa Kontak

Jika diasumsikan bahwa kerapatan air pada seluruh lensa adalah sama, maka perbedaan kadar air dapat dianalogikan seperti bahan yang memiliki ketebalan berbeda - beda. Dengan demikian, peristiwa

reduksi intensitas cahaya oleh lensa kontak dapat diilustrasikan pada Gambar 2.

Besarnya reduksi dipengaruhi oleh karakteristik bahan dalam menyerap intensitas yang ditunjukkan oleh besaran koefisien penyerapan α pada Tabel 2 dan jenis cahaya yang menembus lensa. Ketiga cahaya yang dijadikan sumber memiliki panjang gelombang berbeda dan membawa energi yang berbeda pula (Tabel 1). Semakin besar energi yang dibawa cahaya, cahaya akan menembus lensa semakin kuat sehingga reduksi intensitas semakin besar yang akan mempengaruhi gradien reduksi intensitas cahaya. Berdasarkan Gambar 1, diperoleh gradien (a) 0,236; (b) 0,232; dan (c) 0,237 dengan gradien terkecil adalah lampu fluorescent dan tertinggi adalah cahaya matahari. Terlihat pada Tabel 1, untuk lampu fluorescent, energi yang dibawa sangat kecil dibanding energi cahaya lainnya, maka kemampuan cahaya lampu menembus lensa kontak sangat kecil sehingga membentuk gradien reduksi intensitas cahaya yang kecil pula.



Gambar 2. Ilustrasi Reduksi Intensitas Cahaya pada Lensa Kontak Kadar Air (a) Rendah dan (b) Tinggi

Kajian dari Sudut Pandang Fisika Kuantum

Fisika kuantum mampu menjelaskan dengan baik tentang fenomena mikroskopis sehingga postulat-postulat fisika kuantum dapat berlaku pada jaringan retina yang merupakan bagian mikroskopis dari mata. Contohnya kejadian rusaknya jaringan retina mata akibat radiasi sinar UV atau disebut Solar Retinopathy. Rusaknya jaringan retina mengakibatkan pembentukan bayangan tidak sempurna dimana

penderita akan melihat bayangan titik hitam pada pandangannya [11]. Kejadian tersebut dapat dianalogikan seperti efek fotolistrik.

Efek fotolistrik adalah gejala terlepasnya elektron pada logam akibat disinari cahaya atau gelombang elektromagnetik pada umumnya [12]. Beberapa kesimpulan dari percobaan efek fotolistrik yaitu penyebab elektron terlepas dari logam adalah panjang gelombang cahaya yang menumbuk logam dengan nilai tertentu (harus lebih kecil dari panjang gelombang ambang), intensitas cahaya hanya akan meningkatkan jumlah fotoelektron, yaitu elektron yang terlepas dari logam [12]. Sumber cahaya dengan frekuensi sama dan intensitas berbeda, fotoelektron dihasilkan lebih banyak oleh sumber cahaya dengan intensitas yang lebih kuat [13]. Intensitas cahaya diartikan sebagai energi tiap foton dikalikan cacah foton yang menembus satu satuan luas permukaan secara tegak lurus tiap satu satuan waktu. Dengan demikian, besar kecilnya intensitas cahaya menunjukkan besar kecilnya cacah foton yang mengenai logam.

Frekuensi merupakan besaran yang berbanding terbalik dengan panjang gelombang, f adalah frekuensi cahaya (Hz), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8) m/s, λ adalah panjang gelombang (m), maka dapat dikatakan bahwa terlepasnya logam pada efek fotolistrik diakibatkan oleh cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Jadi, jika logam ditumbuk dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang lebih dari panjang gelombang ambang, maka elektron pada logam tidak akan terlepas dan sebesar apapun intensitas cahaya yang dihasilkan oleh cahaya tersebut tidak akan meningkatkan jumlah elektron karena tidak ada elektron yang dilepaskan.

Kesesuaian analogi dijelaskan dengan memisalkan jaringan mata sebagai logam dan sinar UV sebagai sumber cahaya yang mengenai mata atau logam. Jika cahaya matahari mengenai mata secara langsung, sinar tersebut akan membawa radikal bebas yang kemudian bereaksi dengan enzim lysosomal pada mata dan akan merusak membran *photoreceptor* pada retina [14]. Sumber radikal bebas terbesar yang telah diteliti bersumber dari sinar biru dan sinar ultraviolet B (UVB) dengan panjang gelombang pendek [14]. Radikal bebas merupakan molekul yang kehilangan satu buah elektron dari pasangan elektron bebasnya, sehingga radikal bebas dapat disebut sebagai fotoelektron [15].

Jika intensitas sinar UV ditingkatkan, maka cacah foton akan semakin banyak sehingga jangkauan untuk merusak retina semakin besar. Intensitas cahaya matahari umumnya memberikan cahaya berlebih pada ruangan. Kondisi demikian bisa mengakibatkan cahaya terlalu kuat sehingga mengakibatkan silau [16]. Sehingga, jika yang mengenai mata adalah cahaya yang memiliki panjang gelombang lebih besar dari panjang gelombang ambang, maka tidak

berpotensi mengakibatkan *Solar Retinopathy*. Besarnya cacah foton (Intensitas cahaya) dari cahaya tersebut yang masuk ke mata hanya akan memberikan efek silau.

Analisis Fisis Lensa Kontak sebagai Pelindung Mata

Pelindung mata memiliki jenis yang berbeda berdasarkan fungsinya salah satunya yaitu sebagai anti-UV dan sebagai polarizer (filter). Pertama, sebagai anti-UV, pelindung mata ditambahkan lapisan anti-UV untuk memblokir radiasi sinar UV. Kedua, sebagai polarisator, pelindung mata hanya akan mereduksi intensitas cahaya yang masuk tanpa mereduksi anti-UV. Dapat dimungkinkan pula dilakukan perpaduan fungsi keduanya, yaitu sebagai polarizer dan anti-UV.

Matahari memancarkan sinar UV dengan rentang panjang gelombang 100 – 400 nanometer. Oleh karena itu, pelindung mata untuk menghalau sinar UV harus memberikan proteksi dari panjang gelombang 100 – 400 nanometer. Sementara itu, silau akibat kelebihan cahaya matahari menimbulkan ketidaknyamanan visual dan bisa melelahkan mata [16]. Untuk menghalau silau, diperlukan pelindung mata yang berfungsi sebagai polarisator. Dengan demikian, lensa kontak dapat melindungi mata dari silau dan jika dilapisi dengan anti-UV dapat melindungi mata dari kerusakan jaringan retina.

4. Simpulan

Dampak negatif akibat paparan cahaya matahari yaitu berupa kerusakan jaringan retina mata. Kerusakan jaringan ini merupakan akibat besarnya panjang gelombang sinar UV, bukan dari intensitas cahaya. Dengan demikian lensa kontak yang tidak dilapisi anti UV tidak mampu menjadi pelindung dari kerusakan jaringan mata. Lensa kontak tersebut berperan sebagai polarizer yang mampu mereduksi intensitas cahaya saja. Jika intensitas cahaya yang masuk ke mata berkurang, maka akan mengurangi efek silau yang menjadikan penglihatan semakin jelas. Daya reduksi intensitas cahaya oleh lensa kontak berbanding lurus dengan kadar air yang dikandungnya. Rekomendasi pemilihan kadar air sebuah lensa kontak bergantung pada produksi air mata pemakai. Jika produksi air mata pemakai cenderung banyak, direkomendasikan memakai lensa kontak berkadar air tinggi agar posisi lensa kontak tidak mudah bergeser, meskipun daya reduksi intensitas cahaya cenderung kecil, begitu sebaliknya.

Daftar Acuan

- [1] Alvarez, Carmen Lorenzo, Haruyuki Hiratani, and Angel Concheiro. Contact Lenses for Drug Delivery: Achieving Sustained Release with Novel Systems. *American Journal of Drug Delivery*. Volume 4, Issue 3 (2006), pp. 131-151.
- [2] Mihov, D and B. Katerska. Some Biocompatible Materials Used in Medical Practice. *Trakia Journal of Sciences*. Volume 8, Issue 2 (2010), pp 119-125.
- [3] L. Y. Dekhtyar. Lancere, UV Radiation Influence on Prosthetic PMMA Surface Charge, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering of IFMBE Proceedings 39 (2013), pp. 2302-2304.
- [4] Mark J. Mannis, Karla Zadnik, Cleusa Coral-Ghanem and Newton Kara-Jose. *Contact Lenses in Ophthalmic Practice*. New York, Springer (2004), pp. 1-297.
- [5] Pristiadi Utomo. *Fisika Interaktif untuk SMA/MA*. Jakarta, Azka Press (2007), p 89.
- [6] Kwon, Do-Hyeong, Jai-Dong Moon, Won-Ju Park, Won-Yang Kang, Soo-Hyeon Kim, Hyeong-Min Lim, Ji-Sung Ahn, and Hong-Jae Chae. Case Series of Keratitis in Poultry Abattoir Workers Induced by Exposure to the Ultraviolet Disinfection Lamp. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*. 28:3 (2016), pp. 1-6.
- [7] Rai, N., L. Thuladar, Felix Brandt, G.B. Arden, Thomas A. Berninger. Solar Retinopathy. *Documenta Ophthalmologica*. Volume 95, Issue 2 (1998), pp. 99-108.
- [8] Surya, Yohannes. Sunglasses kesehatan mata. Online. Tersedia di yohannessurya.com/download/penulis/Teknologi_35.pdf
- [9] Jones, Lydon and Brian Tighe. High-Dk Silicone Hydrogel Lenses: Silicon Hydrogels. Juli 2004. Online. Tersedia di siliconehydrogels.org/editorials/index_july.asp
- [10] Asy'ari, Hasyim, Jatmiko, and Angga. Intensitas Cahaya Matahari terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS (2013)
- [11] A.D.H. and M.Z.W. Sinar Surya Perusak Mata. *Harian Kompas*. 2 Maret 2016. Online. Tersedia di print.kompas.com/baca/2016/03/02/Sinar-Surya-Perusak-Mata
- [12] Sutopo. *Pengantar Fisika Kuantum*. Malang, Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang (2003), pp. 35-54.
- [13] Agus Purwanto. *Fisika Kuantum*. Yogyakarta: Gavamedia (2005), p. 13.
- [14] William Tasman and Edward A. Jaeger. *The Wills Eye Hospital: Atlas of Clinical Ophthalmology*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins (2001), p. 185.
- [15] Heri Winarsi. *Antioksidan Alami & Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan*. Yogyakarta, Kanisius (2011), p. 16.
- [16] Heinz Frick and FX. Bambang Suskiyanto. *Dasar – dasar Arsitektur Ekologis*. Cetakan ke-5. Yogyakarta, Kanisius (2011), p. 32.