

TESIS

**HUBUNGAN PENGGUNAAN SMARTPHONE TERHADAP
PERUBAHAN DALAM KOMPONEN BIOMETRI OKULAR DAN
REFRAKSI ANAK USIA SEKOLAH DASAR**

*THE RELATIONSHIP OF SMARTPHONE USE TO CHANGES IN
OCULAR BIOMETRY COMPONENTS AND REFRACTION OF
ELEMENTARY SCHOOL AGE CHILDREN*

**DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:
MARCO ANGELO LIWAN**

C025182001



**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**HUBUNGAN PENGGUNAAN SMARTPHONE TERHADAP
PERUBAHAN DALAM KOMPONEN BIOMETRI OKULAR DAN
REFRAKSI ANAK USIA SEKOLAH DASAR**

TESIS

sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis-1 (Sp.1)

Program Studi

Ilmu Kesehatan Mata

Disusun dan diajukan oleh:

MARCO ANGELO LIWAN

C025 182 001

Kepada

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP.1)

PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**HUBUNGAN PENGGUNAAN SMARTPHONE TERHADAP
PERUBAHAN DALAM KOMPONEN BIOMETRI OKULAR
DAN REFRAKSI ANAK USIA SEKOLAH DASAR**

Disusun dan diajukan oleh

Marco Angelo Liwan

Nomor Pokok : C025 182 001

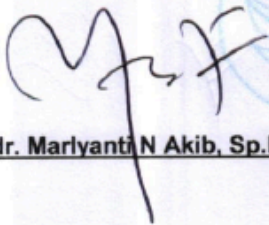
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Mata Fakultas
Kedokteran Universitas Hasanuddin

pada tanggal 29 Agustus 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. dr. Marlyanti N Akib, Sp.M(K), M.Kes

Pembimbing Pendamping,



Dr. dr. Habibah S Muhiddin, Sp.M(K)
NIP. 196112151988032001

Ketua Program Studi,



dr. Muh. Abjar Ismail, Sp.M(K), M.Kes
NIP. 198010162009121002

Dekan Fakultas Kedokteran,



Prof. Dr. dr. Haerani Rasjid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP. 196805301996032001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis yang berjudul “Hubungan penggunaan *smartphone* terhadap perubahan dalam komponen biometri okular dan refraksi anak usia sekolah dasar” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr.dr.Marliyanti N Akib, Sp.M(K), M.Kes sebagai Pembimbing Utama dan Dr.dr. Habibah S Muhiddin, Sp.M(K), sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 25 AGUSTUS 2022



MARCO ANGELO LIWAN
C025 182 001

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat-Nya selama ini sehingga karya akhir ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

Karya akhir ini dengan judul “**Hubungan Penggunaan *Smartphone* terhadap Perubahan dalam Komponen Biometri Okular dan Refraksi Anak Usia Sekolah Dasar**” diajukan dan disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Pertama-tama penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga kepada papa saya Ir. Lie Peter Nugroho Liwan, MBA dan mama saya Anggraini Wibisono atas segala doa, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan hingga saat ini yang telah banyak membantu dan mendukung dari awal hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik dan menjadi penyemangat dalam menyelesaikan penelitian ini sampai akhir.

Keberhasilan penyusunan karya ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, nasehat dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan ungkapan terima kasih dan penghargaan kepada Dr.dr. Marliyanti N Akib, Sp.M(K), M.Kes selaku pembimbing utama yang senantiasa memberikan arahan serta meluangkan waktu untuk membimbing penyelesaian karya ini. Ucapan terima kasih juga saya ungkapkan kepada Dr.dr. Habibah S Muhiddin, Sp.M(K), dan dr. Muh. Firdaus Kasim, M.Sc selaku pembimbing pendamping yang senantiasa meluangkan waktu di tengah kesibukan untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian karya ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Manajer Program Pendidikan Dokter Spesialis Fakultas

Kedokteran Universitas Hasanuddin atas kesediaannya menerima penulis sebagai peserta didik di Program Pendidikan Dokter Spesialis Universitas Hasanuddin.

2. dr. Andi Muhammad Ichsan, Ph.D, Sp.M(K), selaku Ketua Departemen Program Studi Ilmu Kesehatan Mata, penguji, dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, atas segala bimbingan ,dukungan yang besar kepada penulis, masukan, motivasi, pada penyelesaian karya akhir ini.
3. dr. Muhammad Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes, selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Mata dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas bimbingan dan masukan yang diberikan kepada penulis sejak awal hingga penyelesaian karya ini dengan baik.
4. Dr. dr. Noor Syamsu, Sp.M(K), M.Kes, MARS dan dr. Ahmad Ashraf Amalius, MPH, Sp.M(K), M.Kes selaku penguji, dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas bimbingan, masukan, motivasi, dan kesediaan untuk meluangkan waktu menjadi penguji pada karya akhir ini.
5. Seluruh staf pengajar Departemen Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin : Prof. Dr. Dr. Rukiah Syawal, Sp M(K), dr. Rahasiah Taufik, Sp.M(K), dr. Hamzah, Sp.M(K), Prof. Dr. Budu, Ph.D, Sp.M(K), M.MedEd, Dr. Dr. Halimah Pagarra, Sp.M(K), dr. Junaedi Sirajuddin, Sp.M(K), dr. Suliati P. Amir, Sp.M, MedEd, Dr. Dr. Purnamanita Syawal, Sp.M, M.Kes, dr. Andi Tenrisanna Devi, Sp.M(K) M.Si, M.Kes, Dr. Dr. Noor Syamsu, Sp.M(K), MARS, M.Kes, dr. Hasnah Eka, Sp.M(K), dr. Ahmad Ashraf, Sp.M(K), MPH, dr. Adelina T. Poli, Sp.M, dr. Ririn Nislawati, Sp.M, M.Kes., dr. Ratih Natasha, Sp.M, M.Kes, dr. Nursyamsi, Sp.M, M.Kes., dr. Andi Pratiwi, Sp.M, M.Kes, dr. Andi Akhmad Faisal, Sp.M, M.Kes, dr. Rani Yunita Patong, Sp.M, dr. Andi Suryanita Tadjuddin, SpM, dr. Idayani Panggalo, Sp.M, dr. Muh. Irfan Kamaruddin, Sp.M, MARS, dr. Dyah Ayu Windy, Sp.M dan dr. Sultan Hasanuddin, Sp.M atas segala

bentuk bimbingan, nasehat, dan ilmu yang telah diberikan selama proses pendidikan.

6. Teman seangkatan saya: dr. Melia Budi Astuti, dr. Mentari Nurul Mutmainnah, dr. Vita Rahayu, dan dr. Hanna Aulia Namirah yang telah banyak membantu dan menyertai perjalanan pendidikan sejak awal hingga saat ini.
7. Semua teman sejawat peserta PPDS Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yang selalu memberikan dukungan selama ini.
8. Seluruh staf administrasi Departemen Ilmu Kesehatan Mata yang selama ini begitu banyak membantu selama proses pendidikan berjalan serta dalam penyelesaian penelitian dan karya akhir ini, terkhusus kepada Ibu Endang Sri Wahyuningsih, SE dan Nurul Puspita yang selalu membantu.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak tercantum dalam prakata ini tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan karya akhir ini. InsyaAllah hasil penelitian ini akan memberikan manfaat yang banyak kepada institusi dan dapat meningkatkan ilmu pengetahuan khususnya di bagian IK. MATA.

Makassar, 25 Agustus 2022

Marco Angelo Liwan

Hubungan Penggunaan Smartphone Terhadap Perubahan Dalam Komponen Biometri Okular dan Refraksi Anak Usia Sekolah Dasar

Marco Angelo Liwan, Marlyanti N Akib, Habibah S Muhiddin, dan Firdaus Kasim

ABSTRAK

Pendahuluan: Penggunaan *smartphone* saat ini telah digunakan di seluruh dunia dan di berbagai tingkatan usia termasuk anak-anak. Angka kejadian kelainan refraksi sendiri saat ini juga semakin meningkat di seluruh dunia. Anak-anak mengalami proses perkembangan mata yang dialami khususnya lebih progresif pada awal masa kehidupannya. Adanya aktivitas menggunakan *smartphone* dalam durasi yang lama akan meningkatkan terjadinya akomodasi yang lebih lama sehingga dapat mempengaruhi komponen bola mata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan durasi penggunaan *smartphone* terhadap perubahan biometri okular dalam 1 tahun.

Metodologi: Penelitian ini dilakukan terhadap 147 anak sekolah dasar usia 6-8 tahun dengan menggunakan *stratified random sampling*. Pertanyaan kuesioner diberikan kepada orang tua/guru sampel mengenai berbagai aspek penggunaan *smartphone*. Pemeriksaan mata lengkap meliputi panjang aksial bola mata, diameter kornea, keratometry, ketebalan kornea sentral, kedalaman bilik mata depan, ketebalan lensa dan autorefraktometri dilakukan pada saat pemeriksaan awal, 6 bulan dan 12 bulan.

Hasil Penelitian: Komponen biometri bola mata akan mengalami perkembangan dalam 6 dan 12 bulan. Panjang aksial bola mata, diameter kornea, keratometri, ketebalan kornea sentral, kedalaman bilik mata depan mengalami peningkatan, *spherical equivalent* mengalami *myopic shift*, sedangkan ketebalan lensa akan mengalami penurunan.

Pengguna *smartphone* >3 jam memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan pengguna *smartphone* ≤3 jam dalam perubahan panjang aksial bola mata dalam pemeriksaan 6 dan 12 bulan, *spherical equivalent* pada pemeriksaan 12 ($p < 0.05$), sedangkan pemeriksaan lain tidak signifikan ($p > 0.05$)

Kesimpulan: Komponen biometri bola mata akan mengalami perkembangan seiring bertambahnya usia. Penggunaan *smartphone* > 3 jam/hari menyebabkan perubahan yang lebih besar bila dibandingkan dengan pengguna *smartphone* ≤3 jam.

Kata Kunci: *Smartphone*, Komponen Biometri Okular

*The Relationship of Smartphone Use to Changes in Ocular Biometry
Components and Refraction of Elementary School Age Children*

Marco Angelo Liwan, Marlyanti N Akib, Habibah S Muhiddin, dan Firdaus Kasim

ABSTRACT

Introduction: The use of smartphones today has been used all over the world and at various age levels including children. The incidence of refractive errors is currently increasing worldwide. Children experience a process of eye development which is especially progressive at the beginning of their life. The existence of activities using smartphones for a long duration will increase the occurrence of longer accommodation so that it can affect the components of the eyeball. This study aims to determine the relationship between the duration of smartphone use and changes in ocular biometry in 1 year.

Methodology: This study was conducted on 147 elementary school children aged 6-8 years using stratified random sampling. Questionnaire questions were given to the sample parents/teachers regarding various aspects of smartphone use. Complete eye examination including axial length of the eyeball, corneal diameter, keratometry, central corneal thickness, anterior chamber depth, lens thickness and autorefractometry were performed at the time of initial examination, 6 months and 12 months.

Results: The biometric components of the eyeball will develop in 6 and 12 months. The axial length of the eyeball, corneal diameter, keratometry, central corneal thickness, anterior chamber depth increased, the spherical equivalent experienced a myopic shift, while the lens thickness decreased. Smartphone users >3 hours had a significant difference compared to smartphone users 3 hours in changes in the axial length of the eyeballs at 6 and 12 months, spherical equivalent on examination 12 ($p < 0.05$), while other tests were not significant ($p > 0.05$).

Conclusion: The biometric components of the eyeball will develop with age. Smartphone use > 3 hours/day causes a bigger change when compared to smartphone users 3 hours.

Keywords: Smartphone, Ocular Biometric Components

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.3.1. Tujuan Umum	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	4
1.4. Hipotesis	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Perkembangan Normal Mata.....	6
2.1.1. Panjang Aksial Bola Mata.....	7
2.1.2. Diameter Kornea.....	10
2.1.3. Kedalaman Bilik Mata Depan	13

2.1.4. Ketebalan Lensa	14
2.1.5. Perkembangan Status Refraksi	15
2.2. Pengaruh <i>Smartphone</i> Terhadap Perkembangan Mata	16
2.3 Kerangka Teori	24
2.4 Kerangka Konsep	25
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Desain Penelitian	26
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	26
3.4 Perkiraan Besar Sampel	26
3.5 Kriteria Sampel	27
3.6 Sarana Penelitian	28
3.7 Identifikasi Variabel	28
3.8 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	28
3.9 Sarana Penelitian	30
3.10 Prosedur Penelitian	30
3.11 Alur Penelitian	32
3.12 Pengolahan dan Analisis Data	33
3.13 Waktu Penelitian	33
3.14. Personalia Penelitian	33
3.15. Anggaran Penelitian	34
BAB IV. HASIL PENELITIAN	35
BAB V. PEMBAHASAN	43
BAB VI. PENUTUP	49

6.1 Kesimpulan	49
6.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Karakteristik Responden	36
2. Perubahan Komponen Biometri Okular dalam 6 dan 12 bulan	37
3. Perbedaan Rerata Komponen Biometri Okular Pada Pengguna <i>Smartphone</i> >3 jam/hari dan \leq 3 jam/hari berdasarkan waktu pengukuran 6 bulan	39
4. Perbedaan Rerata Komponen Biometri Okular Pada Pengguna <i>Smartphone</i> >3 jam/hari dan \leq 3 jam/hari berdasarkan waktu pengukuran 12 bulan	40
5. Perbedaan Rerata Perubahan Komponen Biometri Okular dalam 6 dan 12 Bulan antara Pengguna <i>Smartphone</i> >3 jam/hari dan pengguna <i>smartphone</i> \leq 3 jam/hari.....	41

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Perkembangan panjang bola mata berdasarkan usia	9
2. Peningkatan panjang bola mata pada anak dengan emetrop dan ametrop	10
3. Perubahan kurvatur kornea pada anak	14
4. Perkembangan bilik mata depan mata berdasarkan usia	13
5. Perubahan ketebalan lensa pada anak berdasarkan usia	15
6. Perkembangan status refraksi pada anak berdasarkan usia	16
7. Jarak baca dekat yang lebih meningkatkan <i>accommodation lag</i>	20
8. Aktivitas dekat yang lama menyebabkan adanya perbedaan dalam proses akomodasi	21
9. Pengaruh akomodasi terhadap panjang aksial bola mata.....	23
10. Ilustrasi yang menggambarkan alur subjek penelitian yang berpartisipasi dalam penelitian	35
11. Grafik rerata pemeriksaan komponen biometri okular dalam 6 dan 12 bulan	38

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Persetujuan Etik.....	57
2. Lembar Persetujuan	58
3. Master Data Penelitian	59
4. Statistik Penelitian	64

DAFTAR SINGKATAN

Istilah/ Singkatan	Kepanjangan/ Pengertian
AL	<i>Axial Length</i>
SE	<i>Spherical Equivalent</i>
ACD	<i>Anterior Chamber Depth</i>
LT	<i>Lens Thickness</i>
CCT	<i>Central Corneal Thickness</i>
KR	<i>Keratometry</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Media digital saat ini penggunaannya meningkat beberapa tahun terakhir dan telah digunakan oleh berbagai tingkat usia, penggunaannya digunakan baik untuk tujuan sosial maupun tujuan profesional (Sheppard AL and Wolffsohn JS, 2018). *Smartphone* merupakan media digital yang paling sering digunakan dilanjutkan televisi, laptop dan tablet (Bogdanici Camelia et al, 2017). Penelitian yang dilakukan di berbagai negara eropa meliputi Inggris melaporkan bahwa anak usia 3 tahun, 68 persen telah menggunakan komputer dan 54 persennya untuk kegiatan online. Pada tahun 2016, diperkirakan pada penduduk usia dewasa menghabiskan waktu 4 jam 45 menit per hari menggunakan media digital dengan perbandingan serupa di Amerika Serikat usia 30-49 tahun yang menghabiskan lebih dari 5 jam menggunakan perangkat digital (Palaiologou I, 2016).

Zhao et al., (2018) dalam studinya melaporkan waktu paparan terhadap layar media digital selama 2.8 jam per hari pada anak usia pra sekolah di Shanghai. Di Korea Selatan, anak mulai menggunakan ponsel pintar pada usia 1-2 tahun dan ada kecenderungan peningkatan penggunaannya pada anak usia prasekolah (Chang HY et al, 2018). Penelitian di Italia menunjukkan anak-anak telah terpapar menggunakan ponsel dan telah memilikinya (Bozzola et al., 2018), sedangkan di Amerika Serikat studi menunjukkan 96,6% anak usia 6 bulan hingga 4 tahun telah menggunakan ponsel dan telah mulai menggunakan sebelum usia 1 tahun (Kabali et al., 2015). Anak-anak adalah populasi dengan perkembangan paling cepat penggunaan *smartphone* dengan merupakan media yang

paling sering digunakan untuk akses internet dalam kegiatan sehari-hari anak usia 9-16 tahun di Irlandia (O'Neill, 2014).

Proses perkembangan untuk melihat merupakan proses yang penting karena berhubungan dengan aktivitas dan bagaimana berinteraksi dengan lingkungan sekitar (Donahue SP, 2007). Proses pertumbuhan dan perkembangan serta perubahan struktur okular pada manusia terjadi secara terus menerus sebelum hingga setelah kelahiran. Perkembangan sistem visual dimulai segera setelah seorang anak dilahirkan melalui adanya stimulasi visual serta interaksi terhadap lingkungan yang berkembang secara komprehensif dengan perkembangan umum anak seperti perkembangan neuropsikomotor, koordinasi visual-motorik, kemampuan kognitif, dan adaptasi kebiasaan, lingkungan serta kultur sosial (Braddick et al., 2011). Perkembangan mata pada anak terjadi secara progresif pada tahun pertama kehidupan. Pada masa ini, rangkaian proses kompleks terjadi meliputi terjadinya pendalaman bilik mata depan dan elongasi aksial yang berhubungan dengan terjadinya pendataran dari kornea dan penurunan kekuatan dari lensa. Semua proses ini seiring dengan proses emetropisasi yang terjadi dalam 2 tahun pertama kehidupan (Mutii et al., 2005).

Prevalensi kelainan refraksi dalam hal ini miopia pada anak usia dibawah 6 tahun dikatakan cenderung rendah bahkan di Asia Timur dan Singapura dibawah 5 persen. Fan et al., (2011) melaporkan prevalensi anak usia prasekolah (usia rata-rata, 4.6(0.9) tahun) mengalami peningkatan signifikan dari 2.3% hingga 6.3% dalam 10 tahun. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa adanya hubungan dimulainya pendidikan dengan meningkatnya kejadian miopia pada usia tersebut. Studi sistematis *review* melaporkan terjadinya peningkatan prevalensi kejadian miopia sebesar 23% pada populasi Asia Timur. Singapura, Hongkong, Taiwan, Korea Selatan dan Jepang memiliki pola yang serupa dengan Singapura, Hongkong dan Taiwan memiliki angka kejadian yang lebih muda (Jung SK et al., 2012 and Rudnicka et al., 2016). Onset awal miopia pada anak

berkorelasi dengan kejadian miopia tinggi pada saat dewasa (Liang CL, 2004).

Berbagai penjelasan mengenai penyebab telah dilaporkan, adanya hubungan antara aktivitas dekat turut dilaporkan meskipun tidak bersifat universal, permulaan pendidikan pada anak di Kawasan Asia Timur yang lebih awal juga ikut mempengaruhi. Di Singapura, anak-anak telah memulai mendapatkan pendidikan awal usia 3 tahun dan di Hongkong 2 tahun sebelum pendidikan formal (Quek TPL et al., 2004, Saw SM, 2001 dan Williams KM, 2015). Hal ini berbeda dengan yang terjadi di Afrika dengan tingkat literasi yang rendah dan pendidikan yang rendah sehingga anaknya mulai mendapat pendidikan formal usia 6-8 tahun (Ip JM et al., 2008). Faktor lain yang ikut mempengaruhi meliputi pengaruh lingkungan seperti peningkatan status sosioekonomi, kehidupan urban, tingkat edukasi dan IQ, peningkatan aktivitas dekat, dan peningkatan aktivitas dalam ruangan (Foster PJ, 2014).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan masalah : bagaimana hubungan pemakaian *smartphone* dengan perkembangan komponen biometrik mata dan status refraksi pada murid usia sekolah dasar.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan antara durasi penggunaan *smartphone* terhadap perkembangan komponen biometrik mata dan status refraksi pada murid usia sekolah dasar.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui perkembangan perubahan panjang aksial bola mata dalam 6 bulan dan 12 bulan.
2. Mengetahui perkembangan perubahan kurvatur kornea, diameter kornea dan ketebalan kornea dalam 6 bulan dan 12 bulan.
3. Mengetahui perkembangan perubahan kedalaman bilik mata depan dalam 6 bulan dan 12 bulan.
4. Mengetahui perkembangan perubahan ketebalan lensa dalam 6 bulan dan 12 bulan.
5. Mengetahui perkembangan perubahan *Spherical Equivalent* (SE) dalam 6 bulan dan 12 bulan.
6. Menganalisis hubungan durasi penggunaan *smartphone* terhadap perkembangan perubahan panjang aksial bola mata, kurvatur, diameter dan ketebalan kornea, kedalaman bilik mata depan, ketebalan lensa, serta *Spherical Equivalent* (SE).

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Panjang aksial bola aksial mata akan mengalami peningkatan dalam 6 bulan dan 12 bulan.
2. Kurvatur, diameter dan ketebalan kornea akan mengalami peningkatan dalam 6 bulan dan 12 bulan.
3. Kedalaman bilik mata depan akan mengalami peningkatan dalam 6 bulan dan 12 bulan.
4. Ketebalan lensa akan mengalami penurunan dalam 6 bulan dan 12 bulan.
5. *Spherical Equivalent* (SE) akan mengalami *myopic shift* dalam 6 bulan dan 12 bulan.
6. Terdapat hubungan antara durasi penggunaan *smartphone* terhadap penambahan perubahan panjang aksial bola mata,

kedalaman bilik mata depan, kurvatur dan ketebalan kornea, *Spherical equivalent (SE)* serta penurunan ketebalan dan kekuatan lensa yang lebih besar dibandingkan kurang menggunakan *smartphone*.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Aspek Pengembangan Ilmu

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi ilmiah di bidang ilmu pengetahuan khususnya oftalmologi tentang hubungan penggunaan *smartphone* dengan perkembangan perubahan panjang aksial bola mata, kurvatur, diameter dan ketebalan kornea, kedalaman bilik mata depan, serta ketebalan lensa dan *spherical equivalent* pada anak usia sekolah dasar.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dasar untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penggunaan *smartphone* dengan perkembangan perubahan panjang aksial bola mata, kurvatur, diameter dan ketebalan kornea, kedalaman bilik mata depan, serta ketebalan lensa dan *spherical equivalent* pada anak usia sekolah dasar

1.5.2. Aspek Aplikasi Klinis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data untuk melakukan edukasi efek penggunaan *smartphone* terhadap perubahan perkembangan perubahan panjang aksial bola mata, kurvatur, diameter dan ketebalan kornea, kedalaman bilik mata depan, serta ketebalan lensa dan *spherical equivalent* pada anak usia sekolah dasar.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi bagi pengguna *smartphone*, khususnya bagi anak sekolah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkembangan Normal Mata

Setiap anak mengalami proses perkembangan yang disebut juga emetropisasi. Pada proses emetropisasi terjadi proses penyesuaian dari sumbu optik pada kornea dan lensa. Emetropisasi berupa pemanjangan aksial yang terjadi setelah tahun kedua kehidupan berhubungan dengan terjadinya penipisan lapisan retina dan penurunan densitas sel retinal pigmen epitelial pada regio ekuatorial dan retroekuatorial yang diiringi penipisan koroid dan sklera diawali pada bagian ekuator dan berlanjut hingga ke polus posterior (Jonas, 2019). Proses emetropisasi ini bergantung pada proses pengalaman visual yang normal, sehingga apabila terjadi adanya gangguan dalam proses emetropisasi dapat menyebabkan adanya kelaianan dalam pembentukan bola mata dan terjadinya myopia (Braddick et al. ,2011).

Pada proses miopia terdapat adanya mekanisme umpan balik berupa jalur aferen maupun eferen. Studi menunjukkan jalur aferen terjadi pada regio ekuator dari bola mata dan terjadi pula pada jalur eferen untuk mekanisme umpan baliknya. Hal ini berupa dibentuknya *membrana bruch* oleh sel RPE dan menekan *membrana bruch* ke posterior (Jonas et al., 2019). Proses emetropisasi yang tidak berjalan dengan baik, sehingga panjang aksial bola mata lebih pendek, menyebabkan fotoreseptor retina berada di depan *focal plane* sehingga memberikan keluhan hipermetropia, sedangkan bila terlalu panjang, sehingga retina berada dibelakang *focal plane* sehingga bayangan berada didepan retina, sehingga menimbulkan gambaran miopia (Braddick et al. ,2011). Pada beberapa dekade terakhir, disamping faktor adanya proses emetropisasi yang bergantung pada

adanya stimulasi visual, faktor genetik juga ikut berperan dalam proses perkembangan mata. Resiko anak mengalami miopia berbanding lurus dengan kejadian miopia pada orang tuanya, bahkan pada anak yang tidak mengalami miopia namun orang tuanya mengalami miopia memiliki panjang aksial bola mata yang lebih dibandingkan pada anak non-miopia yang orang tuanya tidak mengalami miopia (Siegwart Jr. and Norton, 2011). Faktor lain yang turut mempengaruhi kejadian ditimbulkan meliputi usia, jenis kelamin dan etnisitas (Wen G et al.,2013).

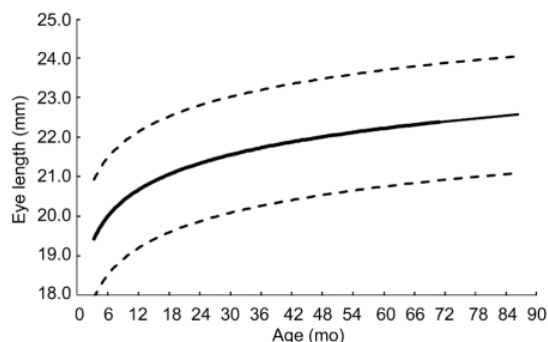
2.1.1 Panjang aksial bola mata

Panjang aksial bola mata adalah jarak antara permukaan kornea hingga puncak dari retinal pigmen epithelium atau *membrane bruch*. Pada saat lahir neonatus normal memiliki panjang aksial bola mata dengan diameter 16 mm. Pada saat balita panjang nya bertambah hingga 19,5 mm dan berkembang hingga sekitar 24-25 mm (Vena Bhardwaj, 2013). Proses perkembangan panjang aksial bola mata terjadi melalui 3 tahap. Tahap pertama dari kelahiran hingga dua tahun merupakan fase perkembangan cepat dengan penambahan 4 mm dalam 6 bulan pertama dan penambahan 2 mm dalam 6 bulan berikutnya. Pada fase kedua terjadi pada usia 2 hingga 5 tahun dan fase ketiga 5 hingga 13 tahun, penambahannya terjadi secara lambat dengan penambahan 1 mm tiap fasenya. Sepanjang kehidupan perkembangan panjang aksial bola mata paling signifikan terjadi pada 10 tahun pertama kehidupan (Austin et al., 2019).

Zadnik et al., (2014) melaporkan dalam studi *cross sectional* dan longitudinal bahwa pada anak emetrop terjadi peningkatan panjang aksial bola mata sebesar 0.16 mm per tahun dari usia 6-10 tahun dan terjadi penurunan hingga 0.05 mm per tahun dari usia 11 hingga 14 tahun. Aksial bola mata meningkat paling besar pada usia hingga 2 tahun dan akan mengalami penurunan persen peningkatannya hingga usia 15 tahun dimana Sampolesi et al. melaporkan bahwa pada usia 1-2 tahun adalah peningkatan yang paling besar. Rata-rata peningkatan panjang aksial bola

mata sekitar 1.2(0.51) mm antara usia 3 hingga 9 bulan (Mutti et al., 2004). Panjang aksial bola mata pada anak usia 6-10 tahun 23.13(0.55) mm sedangkan pada usia 11-16 tahun sekitar 23.58(0.59) mm (Methemegan et al., 2019). Panjang aksial bola mata dikatakan berkisar antara 23.19(1.13) mm (19.89-25.74 mm) dan sekitar 21.31 ± 0.97 mm pada usia dibawah 2 tahun dan 22.04(0.92) mm untuk usia 2-7 tahun (Herrera et al., 2015).

Terdapat peningkatan panjang aksial bola mata pada usia 3-6 tahun baik pada laki-laki dan perempuan, meskipun terdapat perbedaan signifikan dimana panjang aksial bola mata laki-laki lebih besar dibanding perempuan (Luoli Zhang, 2018). Hasil ini sama dengan yang dilaporkan di Taiwan dimana peningkatan secara cepat berhubungan dengan pembesaran daripada kavum vitreous dengan panjang aksial bola mata pada laki-laki lebih panjang dibandingkan pada perempuan. Hal sama dilaporkan Guo et al., (2017) pada usia pra sekolah dan He et al., (2015) pada anak usia sekolah. Gul et al., (2014) melaporkan panjang aksial bola mata akan berkembang secara cepat hingga usia tiga tahun dan mencapai ukuran yang sama dengan orang dewasa pada usia 10 tahun sedikit berbeda dengan laporan sebelumnya oleh Lin et al., (2001) yang melaporkan bahwa panjang aksial bola mata pada usia 9 tahun sama dengan panjang aksial bola mata pada saat dewasa. Pada bayi dengan kejadian prematur usia gestasi 28-37 minggu dilaporkan memiliki panjang aksial bola mata yang lebih rendah 17.08(0.67) dan secara statistik memiliki perbedaan signifikan dengan panjang aksial bola mata pada bayi yang normal sekitar 17.34(0.55) mm (Yi Zha et al., 2017).

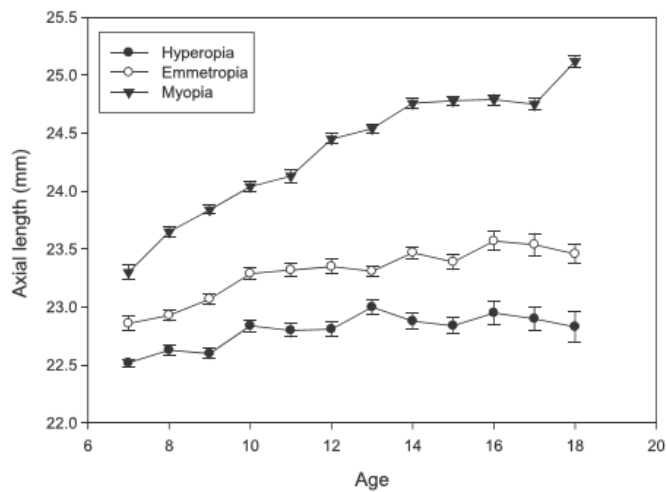


Gambar 1. Perkembangan panjang aksial bola mata berdasarkan usia (Austin et al., 2019)

Bhardwaj dan Rajeshbhai, (2013) melaporkan bahwa anak dengan kelainan miopia memiliki panjang aksial bola mata lebih panjang sedangkan *membrana bruch* lebih pendek dibandingkan anak-anak dengan emetrop. Penelitian yang dilakukan Bindiya dan Karambelkar (2019) menunjukkan bahwa panjang aksial bola mata merupakan komponen yang berhubungan dengan kejadian miopia. Semakin tinggi panjang aksial bola mata berbanding lurus dengan derajat miopia. Methemergan et al., (2019) melaporkan panjang aksial bola mata pada subjek penelitiannya dengan panjang aksial bola mata paling panjang pada pasien miopia sedangkan paling pendek pada pasien hipermetropia. Penelitian tersebut juga menunjukkan hubungan signifikan antara miopia dengan panjang aksial bola mata (Pearson correlation tests, $r = 0.348$, $p = 0.001$).

Lourdes Llorente et al., (2013) melaporkan bahwa panjang aksial bola mata pada hipermetrop lebih rendah dibandingkan panjang aksial bola mata pada penderita miopia dengan P value $<0,001$. Shih YF, 2009 melaporkan pada anak-anak dengan miopia menunjukkan peningkatan yang lebih drastis pada usia 7-18 tahun dibandingkan anak dengan emetrop dan hipermetropia. Pada anak dengan astigmatisme memiliki panjang aksial bola mata lebih pendek dibandingkan non astigmatism grup $P=0,002$ (Luoli Zhang et al., 2018). Penelitian menunjukkan terjadi peningkatan panjang aksial length terutama pada usia 6-9 tahun dimana di penelitian

pada 354 anak menunjukkan peningkatan lebih dari 10 persentile (Tideman et al., 2018).



Gambar 2. Peningkatan panjang aksial bola mata pada anak dengan emetrop dan ametrop (Shih YF et al., 2011)

Perkembangan panjang aksial bola mata yang cepat seperti terjadi pada miopia aksial secara umum disebabkan oleh adanya pemanjangan dari kavum vitreus, disertai dengan penipisan dari koroid dan sklera. Terjadinya penipisan dari sklera disebabkan adanya redistribusi dari jaringan sklera (McBrien et al., 2003). Penelitian lain menunjukkan bahwa pada kelompok yang tidak melakukan aktivitas luar ruangan yang banyak mengalami pemanjangan panjang aksial bola mata 0.03 mm lebih cepat dibandingkan dengan kelompok yang banyak melakukan aktivitas luar ruangan (Cao K et al., 2020). Penelitian lain yang dilakukan di Taiwan menunjukkan pada kelompok kontrol yang dibeirikan aktivitas luar ruangan ≥ 11 jam /minggu secara signifikan memiliki panjang aksial bola mata yang lebih pendek bila dibandingkan yang tidak mendapatkan aktivitas luar ruangan (0.28 vs 0.33 mm $p=0.003$) (Pei Chang Wu, 2018).

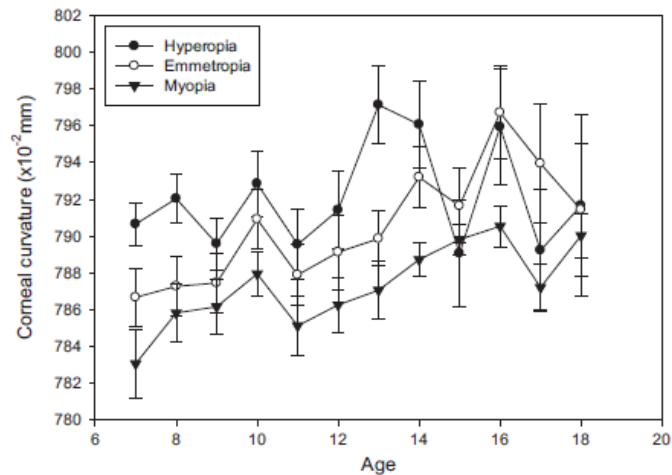
2.1.2. Diameter Kornea

Seiring perkembangan bola mata, diameter kornea meningkat secara cepat dalam usia pertama kehidupan. Perubahan 1 mm maka akan menyebabkan kelainan refraksi sebesar 5.7 D (Olsen et al., 2019). Diameter

horizontal rata-rata berkisar antara 9.5-10.5 mm dan meningkat hingga 12 mm pada saat dewasa. Pada usia pertama kehidupan terjadi penurunan kekuatan dari kornea dan lensa yang turut menyebabkan penurunan *membrane bruch*. Mutti et al., (2015) turut melaporkan terjadi penurunan 1.07 D pada kornea dan 3.62 D pada lensa pada usia 1 tahun pertama kehidupan. Pada anak usia 3-6 tahun dilaporkan rata-rata diameter radius kornea 7,83 mm dan terus mengalami peningkatan dengan ukuran pada laki-laki lebih besar dibandingkan pada perempuan. Perempuan memiliki kekuatan power lensa lebih besar dibandingkan laki-laki (Luoli Zhang et al., 2018). Radius kurvatur kornea pada anak usia 9 tahun lebih besar dibandingkan anak usia 7 tahun (SM Saw et al., 2002). Hal ini selaras dengan penelitian Scheiman et al., (2016) melaporkan penelitian pada anak usia 6 hingga 12 tahun menunjukkan adanya pendataran dari permukaan kornea.

Penelitian berbeda dihasilkan X Guo et al., (2017) pada sekolah di Shenzhen menunjukkan kekuatan power kornea stabil pada usia prasekolah, hal ini selaras dengan penelitian SM Li tahun 2015 di Anyang yang menunjukkan bahwa radius kurvatur kornea anak usia 7 tahun memiliki kesamaan dengan anak usia 14 tahun. Kurvatur kornea berkaitan dengan derajat miopia. Semakin tinggi derajat miopia maka semakin besar pula kurvatur kornea. (Bindiya Wadhwa and VH Karambelkar, 2019) Kekuatan kornea berhubungan kuat dengan kelainan refraksi pada pasien moderate dan severe hipermetropia dibandingkan pada pasien miopia (Hasan Hoshemi et al. 2015). Penelitian ini selaras dengan yang dilakukan oleh Xiangui He tahun 2015, namun berbeda dengan penelitian oleh Majumdar dan Tan. Touzeau O et al., 2003 melaporkan tidak ada variasi yang signifikan pada kurvatur kornea antara anak dengan emetrop dan kelainan refraksi yang lain, hal ini ditunjang dengan penelitian lain yang menunjukkan tidak adanya hubungan. Tidak terdapat adanya perbedaan signifikan pada kurvatur kornea pada kelompok hipermetrop, emetrop dan

miopia (Yung Feng Shih et al, 2011). Kekuatan kornea menurun 1,5 D pada usia 3 bulan hingga usia 6,5 tahun (Mutti et al., 2018).

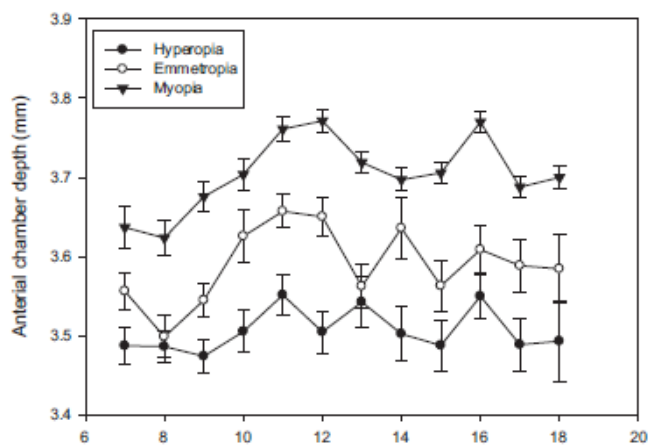


Gambar 3. Perubahan kurvatur kornea pada anak (Shih YF et al., 2011)

2.1.3. Kedalaman Bilik Mata Depan

Bilik mata depan mengalami peningkatan dari usia 7 hingga 11 tahun dan setelahnya berlangsung stabil (Shih YF et al., 2011). Kedalaman bilik mata depan mengalami peningkatan sedikit dan cepat di pada fase sangat awal., namun semakin lama semakin bertambah secara perlahan hingga beberapa millimeter saat balita (Mutti, 2018). Studi yang dilakukan Wadhawa et al., menunjukkan rata-rata kedalaman bilik mata depan berkisar 3.51(0.15) mm. Hal ini bergantung pula pada derajat miopia, pada low miopia (<-3D) memiliki kedalaman bilik mata depan rata-rata 3.57 (0.12) mm, pada moderate miopia: -3D to -6D kedalaman bilik mata depannya 3.43 ± 0.16 mm dan pada high miopia : >-6D memiliki kedalaman bilik mata depan rata-rata 3.64(0.2) mm dan hasil ini signifikan secara statistic (P value 0.0001). Mata dengan kelainan miopia memiliki kedalaman bilik mata depan yang lebih dalam dibandingkan mata dengan emetrop dan hipermetrop (Shih YG et al., 2011, Mallen et al., 2005, Ojaini et al., 2005). Hasil ini sama dengan studi yang dilakukan Chen MJ et al., (2019) yang menunjukkan bahwa pada pasien miopia memiliki kecenderungan bilik mata depan yang dalam.

Hasil penelitian ini namun berbeda dengan yang dilakukan Yebra-Pimentel E et al., (2008) yang meneliti hubungan antara komponen optikal okular dengan proses emetropisasi dan yang dilakukan oleh Warriar et al., (2008) dan Wickremashighe et al., (2004) yang melaporkan bahwa tidak ada hubungan antara kelainan refraksi dengan kedalaman bilik mata depan. Kedalaman bilik mata depan meningkat pada kasus miopia, namun panjang aksial bola mata dan kedalaman vitreous memiliki pengaruh lebih besar dalam kelainan refraksi dibandingkan kedalaman bilik mata depan dan ketebalan lensa (Hasan Hoshemi, 2015).



Gambar 4. Perkembangan kedalaman bilik depan mata berdasarkan usia (Shih YF et al., 2011)

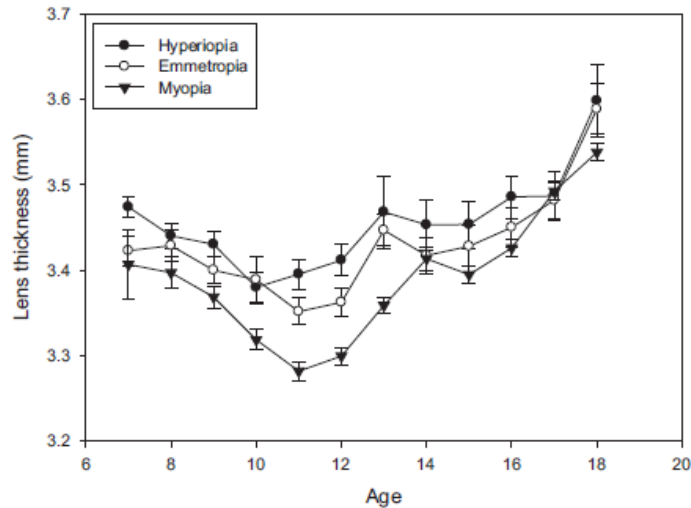
2.1.4. Ketebalan Lensa

Ketebalan lensa pada anak usia 6-16 tahun berkisar antara 3.43 (0.17 mm) (Methemegan et al., 2019). Gul et al. (2017) melaporkan bahwa ketebalan lensa akan berkurang pada 12 tahun pertama kehidupan. Ketebalan lensa menurun dari usia 7 hingga 11 tahun atau 12 tahun dan cenderung menetap hingga usia 15 tahun sebelum akan mengalami penebalan setelahnya. Perubahan ketebalan pada lensa berhubungan dengan usia, terjadi penipisan pada lensa hingga usia 10-12 tahun dan kemudian terjadi penebalan lensa (Shih YF et al., 2009). Penelitian yang sama dilakukan di tahun 2011 terjadi penurunan ketebalan lensa pada kelompok emetrop, hipermetrop dan miopia pada usia 7 hingga 11 tahun

dan meningkat seiring usia. Penderita miopia dan emetropia menunjukkan perubahan yang lebih signifikan dibanding penderita hipermetrop, dimana ketebalan lensa pasien miopia merupakan yang paling sedikit (Shih YF et al., 2011). Pada usia 3 bulan hingga usia 6,5 tahun terjadi pengurangan axial lensa sebesar 0,3 mm sering bertambahnya usia (Mutti, 2018). Kekuatan lensa secara signifikan menurun pada usia pertama kehidupan dengan 35.00 D pada saat lahir dan menurun hingga 23.00D pada saat usia 2 tahun. Lensa akan mengalami penipisan, pendataran, dan penurunan kekuatan optic hingga usia 10 tahun (0,25-0,50 D penurunan tiap tahun) (Jones LA, 2005). Pada usia 11 tahun akan menurun secara perlahan hingga 19.00 D. Kekuatan lensa berkurang dari 40D pada usia sekitar 1 tahun dan menjadi 27D pada usia 6.5 tahun (Mutti et al., 2018).

Shih et al., (2011) melaporkan ketebalan lensa menipis seiring derajat miopia dan dihipotesiskan disebabkan akibat mekanisme kompensasi secara alamiah terhadap peningkatan panjang aksial bola mata selama perkembangan mata normal dan perkembangan mata yang masif saat terjadi miopia sehingga mendorong lensa untuk menjadi lebih tipis. Pada kasus miopia ditemukan ketebalan lensa yang lebih tipis, dan lebih tebal pada mata hipermetrop (Donnel et al., 2011). Penderita hipermetropia memiliki tendensi untuk melakukan akomodasi lebih kuat untuk menjaga bayangan fokus di retina, hal ini menyebabkan lensa menjadi lebih tebal yang menyebabkan terjadinya penurunan terhadap kedalaman vitreous dan kedalaman bilik mata depan, sedangkan pada penderita miopia ketebalan lensa cenderung lebih tipis yang berhubungan dengan kedalaman vitreous dan kedalaman bilik mata depan yang meningkat (Hasan Hoshemi, 2015). Methemergan et al., (2019) melaporkan tidak ada hubungan signifikan antara ketebalan lensa dengan kejadian miopia, emetrop, dan hipermetrop. Penelitian berbeda menunjukkan adanya penipisan dari tebal lensa berhubungan dengan kejadian miopia dan progresifitasnya. Lensa pada penderita hipermetropia dan emetrop mengalami penipisan hingga usia 10 tahun dan menebal setelahnya.

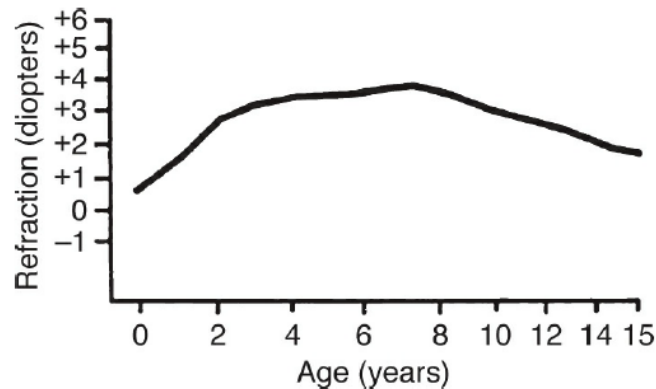
Berbanding terbalik pada anak dengan miopia mengalami penipisan lensa antara usia 6-10 tahun dan bertahan hingga usia 15 tahun dengan kasus miopia memiliki ketebalan lensa yang paling tipis (Jane Gwiazda, 2016).



Gambar 5. Perubahan ketebalan lensa pada anak berdasarkan usia (Shih YF et al., 2011)

2.1.5. Perkembangan Status Refraksi

Perkembangan status refraksi seiring dengan peningkatan panjang aksial bola mata pada anak dan pendataran kornea serta lensa. Status refraksi terjadi adanya berbagai variasi terhadap panjang aksial bola mata terhadap total kekuatan refraksi pada mata atau kekuatan refraksi pada kornea dan lensa kristalina (Ranjay Chakraborty, 2019). Secara umum pada saat lahir anak memiliki status refraksi hipermetropia dan meningkat hingga sekitar 7 tahun. Pemeriksaan dengan siklopegik menunjukkan hasil +2.00D(2.75) D yang merupakan hasil normal pada banyak populasi. Seiring bertambahnya usia, terjadi emetropisasi yang ditandai adanya perubahan kekuatan refraksi dan segmen anterior termasuk panjang aksial bola mata. Perubahan ini menyebabkan adanya penurunan hipermetropia dan menjadi lebih leptokurtic. Pada usia 5 hingga 7 tahun mayoritas anak memiliki kadar hipermetrop dengan range plano hingga +2.00 D dan hingga periode tertentu terbentuk *myopic shift* (Mutii et al., 2005).



Gambar 6. Perkembangan status refraksi pada anak berdasarkan usia (American Academy of Ophtalmology)

Selama 2 tahun pertama kehidupan, perkembangan refraksi normal pada anak meliputi penurunan kelainan refraksi neonatus yang secara alamiah berupa *membrane bruch* melalui proses yang dikenal dengan emetropisasi, meskipun dalam *spherical equivalentnya* masih didalam batas yang dapat dikompensasi dengan akomodasi. Proses yang terjadi meliputi penyesuaian panjang aksial bola mata dengan kekuatan power kornea, yang menyebabkan kurtotic yang tinggi pada sekitar 1 hingga 2 D *membrane bruch* pada usia 2 tahun.

2.2. Pengaruh *Smartphone* Terhadap Perkembangan Mata

Penelitian menunjukkan adanya hubungan kelainan miopia dengan aktivitas penggunaan layar komputer yang dekat (Zhou et al., 2014). Studi serupa yang dilakukan McCrann et al., (2020) menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan penggunaan *smartphone* dengan kejadian miopia, meskipun hasil tersebut sudah dilakukan koreksi terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi seperti usia, jumlah orang tua yang mengalami miopia, usia dan pemahaman mengenai penggunaan teknologi.

Saat ini media digital memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran. Perbedaan ukuran layar berpengaruh pula terhadap adaptasi jarak baca. *Smartphone* memiliki ukuran layar yang lebih kecil sehingga biasa

digunakan pada jarak yang lebih dekat dibandingkan media digital lain seperti komputer yang berukuran lebih besar (Miranda AM et al., 2018, Long J et al., 2017). Studi yang dilakukan Bababekova (2011) menunjukkan bahwa pengguna *smartphone* memiliki jarak dekat rata-rata 36,2 cm lebih dekat dibandingkan pada media cetak sekitar 40 cm.

Studi yang dilakukan oleh Yuliya Bababekova et al. (2011) dan McCrann (2020) juga menunjukkan bahwa rata-rata ukuran tulisan pada *smartphone* lebih kecil dibandingkan dengan ukuran media cetak membutuhkan akomodasi dan vergensi yang lebih besar. Hal ini mendukung penelitian yang dilakukan oleh Miranda AM et al., (2018) yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan saat membaca menggunakan komputer, media cetak dan *smartphone*. Diameter pupil berukuran lebih kecil 20% saat menggunakan *smartphone* dibandingkan dengan saat menggunakan media cetak. *Smartphone* mengeluarkan cahaya dibandingkan dengan media cetak yang tidak mengeluarkan cahaya sehingga berpengaruh pula terhadap berkurangnya ukuran diameter pupil, meskipun penelitian lain menunjukkan bahwa aktivitas kognitif sebenarnya menyebabkan ukuran pupil melebar (Just AM et al., 2003).

Pengaruh lama menggunakan *smartphone* dikatakan ikut berpengaruh dengan angka kejadian miopia. Studi yang dilakukan Jennifer Long et al., 2017 menunjukkan pada 18 orang subjek penelitian yang diukur saat menggunakan *smartphone* selama 60 menit menunjukkan rata-rata paparan terus menerus terhadap layar *smartphone* memiliki faktor resiko terhadap perkembangan miopia khususnya pada kelompok usia muda. Penelitian melaporkan penggunaan layar > 3 jam per hari meningkatkan resiko miopia pada anak usia sekolah di Irlandia sebanyak 5 kali dibandingkan dengan yang menggunakan kurang dari 1 jam (Harrington ,2019). Penelitian di India melalui North India Miopia Study melaporkan bahwa paparan terhadap layar media digital merupakan faktor resiko yang signifikan terjadinya miopia pada anak usia 5-15 tahun (Saxena, 2017).

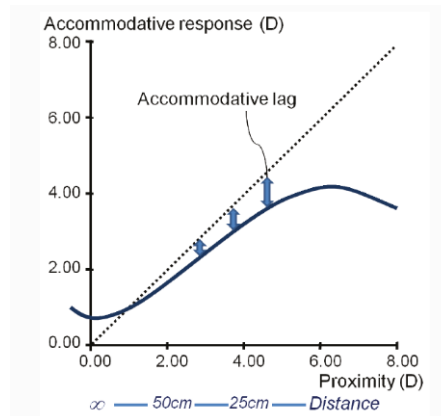
Penelitian *Copenhagen Child Cohort 2000 Eye Study* menunjukkan bahwa penggunaan layar >6 jam per hari dibandingkan penggunaan <2 jam per hari meningkatkan resiko berlebih pada anak usia 16-17 memiliki miopia ≤ 0.50 D (Hansen, 2020). Studi lain menunjukkan penggunaan *smartphone* selama 1 hingga 30 menit dan 31 menit hingga 60 menit per hari tidak berpengaruh terhadap penglihatan, sedangkan penggunaan lebih dari 60 menit per hari berpengaruh terhadap penurunan fungsi penglihatan ($p < 0,001$) (Guan Hongyu, 2018). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa anak dengan miopia menggunakan *smartphone* dengan durasi lebih panjang 40 menit (Saw et al., 2002) dan 32 menit (McCrann, 2020) lebih banyak dibandingkan non-miopia. Studi *cross sectional* yang dilakukan Hiroto Terasaki (2017) yang dilakukan pada 122 murid sekolah (61 laki laki dan 61 perempuan) tingkat 3 dengan usia 8 hingga 9 tahun menunjukkan adanya pengaruh durasi waktu penggunaan komputer serta *smartphone* terhadap perkembangan panjang aksial bola mata ($r=0.24$, $P=0.008$). Penelitian lain yang dilakukan S Liu et al., (2019) menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama penggunaan *smartphone* dengan panjang aksial bola mata ($p=0.006$). Namun tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan komponen biometri okular lainnya seperti ketebalan kornea sentral, kedalaman bilik mata depan, ketebalan lensa tidak terdapat pengaruh signifikan dengan durasi penggunaan *smartphone*.

Hasil berbeda dilaporkan Po Wen Ku et al., (2019) dalam studi kohort yang dilakukan pada 1958 anak usia 7-12 tahun di Taiwan melaporkan bahwa anak yang membaca lebih sering (0.5-0.9 jam per hari: odds ratio, 1.28 [$P = 0.006$]; >1.0 jam per hari: odds ratio, 1.43 [$P \frac{1}{4} 0.020$]), dan menghabiskan waktu 2 jam per hari pada sekolah tambahan (odds ratio, 1.65; $P < 0.001$), lebih memiliki kemungkinan mengalami prevalensi miopia, namun pada anak yang menggunakan komputer, internet, dan games (0.68 \pm 0.86 jam per hari) tidak berhubungan dengan kejadian kejadian miopia pada usia 7-12 tahun. Hal ini disebabkan karena angka kejadian miopia lebih dipengaruhi oleh berkurangnya aktivitas luar ruangan. Mutti et al.,

(2020) juga melaporkan dalam studinya bahwa miopia lebih dipengaruhi oleh riwayat miopia orang tuanya dibandingkan pengaruh aktivitas membaca dekatnya. Hal ini dikuatkan pula oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan Bear et al., (1981) yang menunjukkan bahwa hanya terdapat sedikit pengaruh pada keluarga dengan riwayat miopia setelah terpapar aktivitas dekat, sehingga dikatakan bahwa genetik merupakan faktor yang lebih kuat pengaruhnya.

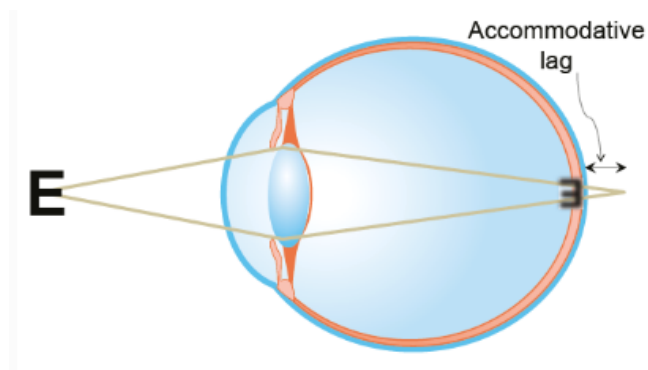
Anak dan dewasa saat ini lebih banyak menghabiskan waktu menggunakan *smartphone* sehingga membutuhkan perhatian yang lebih dan mengurangi aktivitas lain yang dapat membantu efek protektif terhadap miopia seperti aktivitas diluar ruangan (McCran, 2020). Waktu yang digunakan untuk menggunakan *smartphone* pada studinya sebesar 4 jam 32 menit sekitar 2 kali lebih banyak dibandingkan yang dilakukan di Singapura sebanyak 2 jam 42 menit per hari dan di Amerika selama 2 jam 18 menit (Saw S et al., 2002 and Mutii et al., 2002). Intensitas cahaya yang lebih besar pada aktivitas diluar ruangan menyebabkan pupil menjadi lebih konstriksi sehingga menyebabkan kedalaman penglihatan yang lebih besar dan bayangan kabur yang lebih sedikit sehingga menyebabkan penurunan perkembangan miopia disamping karena pengaruh pelepasan dopamine di retina yang merupakan inhibitor perkembangan bola mata. (Dharani, 2012)

Pengaruh *smartphone* terhadap perkembangan mata disebabkan oleh banyak faktor dan bersifat saling mempengaruhi sehingga sulit untuk menentukan faktor penyebab utamanya. Berdasarkan hasil studi yang dipaparkan sebelumnya, faktor yang dapat mempengaruhi angka kejadian miopia pada penggunaan *smartphone* meliputi *excessive accommodation* atau peningkatan kerja dekat, rasio akomodasi konvergensi yang tinggi dan peripheral defocus (McCran, 2020). Studi longitudinal yang dilakukan Cole et al., (1996) menunjukkan adanya peningkatan kejadian peningkatan kelainan refraksi pada penguasaan *visual display unit* dibandingkan dengan yang tidak menggunakan (media cetak). Hal ini dicurigai diakibatkan adanya over akomodasi yang memicu terjadinya miopia.



Gambar 7. Jarak baca yang dekat yang berlebih meningkatkan *accommodation lag* (Harb et al., 2006)

Studi yang menunjukkan adanya penurunan respon akomodasi akibat adanya peningkatan (*lag of accommodation*) pada pengguna Ipod (*smartphone*) bila dibandingkan dengan media cetak. Hal ini dicurigai akibat pengaruh aturan format pixel terhadap layar LCD yang digunakan pada Ipod (Jennifer et al., 2014). Pada saat melihat dekat pada penderita miopia kecepatan dan kekuatan akomodasi lebih rendah dibandingkan pada penderita normal sehingga akan menyebabkan adanya *defocused image* yang menyebabkan bayangan difokuskan di belakang retina yang terjadi berulang (Yeo et al., 2006). Akomodasi berlebih akan menyebabkan terjadinya akomodasi yang tidak maksimal (*accommodation lag*) yang akan menimbulkan terjadinya defocus hipermetropia pada retina yang akan meningkatkan perkembangan bola mata (Ian G Morgan, 2012). Jarak baca yang semakin dekat akan semakin menyebabkan tingginya *accommodation lag* (Harb et al., 2006). Adanya kelelahan dalam proses akomodasi yang terjadi akibat kelemahan dari otot siliaris akibat ekstensi yang berlebih akan menyebabkan kurangnya power dari lensa sehingga menyebabkan terjadinya *hyperopic defocus* sehingga menjadi stimulus pemanjangan bola mata (Carr BJ, 2017). Meskipun di Studi lain menunjukkan adanya defocus hipermetropialah menginduksi terjadinya *accommodative lag* seperti penelitian yang dilakukan pada hewan coba (Ip et al., 2008).



Gambar 8. Aktivitas dekat yang lama menyebabkan adanya perbedaan dalam proses akomodasi. (Yeo et al., 2006)

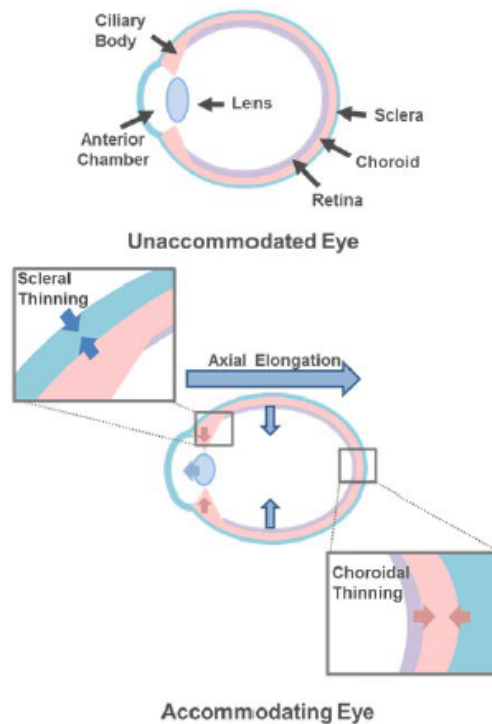
Beberapa studi menghubungkan bahwa terjadinya elongasi bola mata yang dipengaruhi oleh adanya kekuatan dari otot siliaris yang menyebabkan diameter ekuator dari sklera berkurang sehingga menyebabkan terjadi pemanjangan bola mata. Studi menunjukkan adanya peningkatan panjang aksial bola mata baik pada pasien emetrop maupun pada miopia saat diberikan stimulasi akomodasi. Peningkatan panjang aksial bola mata pada penderita miopia dikatakan lebih bertahan lama pada pasien miopia dibandingkan kelompok emmetrop. Terdapat penurunan bilik mata depan 0,19 mm pada kelompok emetrop dan 0,18 pada kelompok miopia saat diberikan stimulus 6D akomodasi (Mallen et al., 2006). Terjadinya pemanjangan aksial bola mata disebabkan adanya kontraksi dari otot siliaris yang menyebabkan terjadinya tarikan koroid dan sklera yang melekat pada badan siliaris. Efek ini menyebabkan terjadinya perpindahan ke bagian posterior dari bola mata untuk mempertahankan volume bola mata. Pemanjangan aksial bola mata yang terjadi hanya pada level akomodasi yang tinggi, hal ini menunjukkan adanya peran dalam perkembangan mata anak dikarenakan jarak baca yang lebih dekat (Mallen et al, 2016).

Penurunan rigiditas sklera ditemukan pada penderita miopia memungkinkan adanya kekuatan kontraksi secara lebih efektif dialirkan ke sklera dan koroid sehingga semakin memperbesar perubahan panjang

aksial bola mata. Studi yang dilakukan Muftuoglu et al., (2009) melaporkan studi pada 19 subjek menunjukkan bahwa ketebalan bilik mata depan, *ciliary body thickness (CBT)*, *ciliary process thickness (CPT)* dan *ciliary muscle thickness (CMT)* secara signifikan lebih besar pada penderita dengan miopia dibandingkan pada mata normal. Pemeriksaan Ultrasonografi menunjukkan adanya peningkatan *ciliary body thickness (CBT)* dengan miopia dan panjang aksial bola mata yang dilakukan pada 75 pasien (Oliveira et al., 2005) Penelitian yang dilakukan oleh Bailey et al., (2008) menunjukkan dari 53 penderita miopia yang menunjukkan adanya korelasi antara peningkatan ketebalan badan siliaris yang diukur menggunakan anterior segment OCT dengan pemanjangan panjang gelombang.

Penurunan dari area defokus dari retina akan menyebabkan terjadinya penurunan transmisi neuromodulator seperti dopamine. Penurunan transmisi dopamine dari koroid ke sklera akan menyebabkan penurunan sintesis dari proteoglikan yang mana merupakan kandungan yang penting dalam menjaga integritas struktur dari sklera. Penurunan bahan pembentuk sklera memicu terjadinya pemanjangan bola mata sehingga menyebabkan terjadinya miopia (Hung and Ciuffreda, 2004).

Studi yang dilakukan Scott A Read et al., (2010) melaporkan pada 15 emetropia menunjukkan tidak ada perubahan signifikan pada panjang gelombang setelah diberikan stimulasi konvergen ($p > 0.6$). Penelitian yang dilakukan oleh Baylamral et al., (2019) menunjukkan bahwa 124 orang yang dilakukan pengukuran komponen biometric mata dalam keadaan akomodasi maupun non akomodasi saat konvergensi menunjukkan adanya peningkatan signifikan saat diberikan siklopegik ($p < 0.004$ dan $p = 0.001$).



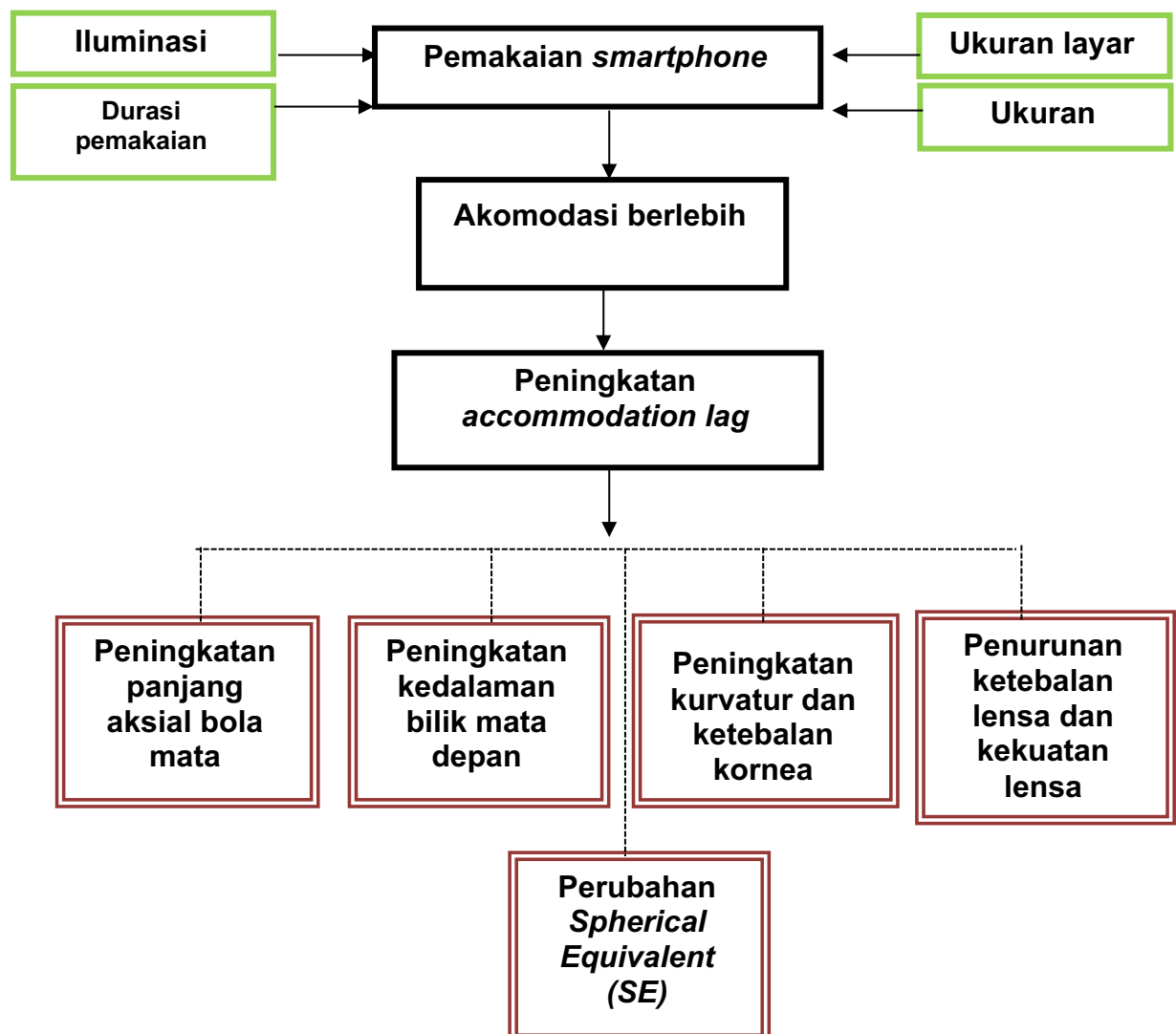
Gambar 9. Pengaruh akomodasi terhadap panjang aksial bola mata (Woodman, 2015)

Faktor lain dalam *smartphone* yang diyakini menjadi penyebab dari perkembangan mata adalah efek dari cahaya biru yang ada pada *smartphone*. Cahaya biru pada layar memiliki efek merusak pada retinal pigment epithelial yang berperan terhadap elongasi panjang aksial bola mata dan terjadinya miopia patologis (Narimatsu et al., 2015). Penelitian lain menunjukkan hasil yang berbeda, pada anak ayam yang diberikan paparan sinar biru menunjukkan pemendekan panjang rongga vitreus sehingga berhubungan dengan pemendekan panjang aksial bola mata dan memberikan hasil yang berkebalikan dengan paparan sinar merah dengan panjang gelombang yang lebih panjang (Wallace S Foulds, 2013).

Pengaruh lain yang ikut mempengaruhi adalah intensitas cahaya, pada anak ayam yang diberikan intensitas cahaya yang tinggi akan merangsang terjadinya pemendekan bola mata, sedangkan cahaya lebih rendah akan merangsang terjadinya pemanjangan bola mata. Studi ini juga menunjukkan bahwa gambar dengan kontras yang rendah akan

menyebabkan tangkapan sel photon yang lebih rendah sehingga terjadi perbedaan eksitasi pada *L dan M cone*. Hal ini sama yang terjadi pada cahaya biru sehingga ikut menyebabkan pemendekan panjang aksial bola mata (Wallace S Foulds, 2013, Narimatsu et al., 2018). Cahaya biru banyak didapatkan pada cahaya matahari, dapat pula ditemukan pada media digital seperti komputer dan *smartphone*. Namun cahaya biru yang didapatkan pada saat aktivitas diluar merupakan cahaya yang natural sedangkan pada media digital lain merupakan cahaya biru yang artifisial (Zhi-Chun Zhao, 2018).

2.3. Kerangka Teori



2.4. Kerangka Konsep



Keterangan :

