

**KORELASI KADAR SERUM VITAMIN D3 (25(OH)D3)
TERHADAP KEJADIAN MIOPIA PADA ANAK USIA 13 – 15 TAHUN**

*CORRELATION OF SERUM LEVELS OF VITAMIN D3 (25(OH)D3)
TO THE INCIDENCE OF MYOPIA IN CHILDREN AGED 13 – 15 YEARS*

VIVIYANTI



**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

M A K A S S A R

2022

**KORELASI KADAR SERUM VITAMIN D3 (25(OH)D3)
TERHADAP KEJADIAN MIOPIA PADA ANAK USIA 13 – 15 TAHUN**

Tesis

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

Program Studi
Ilmu Kesehatan Mata

Disusun dan diajukan oleh:

VIVIYANTI
C025 181 001

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP.1)
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**KORELASI KADAR SERUM VITAMIN D3 (25(OH)D3) TERHADAP KEJADIAN
MIOPIA PADA ANAK USIA 13-15 TAHUN**

Disusun dan diajukan oleh

Viviyanti

Nomor Pokok : C 025 181 001

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 07 September 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. dr. Marlyanti N. Akib, Sp.M(K), M.Kes
NIP. 111060828

Pembimbing Pendamping,



dr. Ahmad Ashraf A. MPH, Sp.M(K), M.Kes
NIP. 198101062014041001

Ketua Program Studi,



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

Dekan Fakultas Kedokteran,



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

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis yang berjudul "Korelasi Kadar Serum Vitamin D3 (25(OH)D3 Terhadap Kejadian Miopia Anak Usia 13-15 Tahun" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. dr. Marlyanti N. Akib, Sp.M(K), M.Kes. sebagai Pembimbing Utama dan dr. Ahmad Ashraf Amalius, MPH, Sp.M(K), M.Kes. 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, September 2022



VIVIYANTI
C 025 181 001

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat-Nya sehingga karya akhir ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Karya akhir ini dengan judul **“KORELASI KADAR SERUM VITAMIN D3 (25(OH)D3) TERHADAP KEJADIAN MIOPIA ANAK USIA 13-15 TAHUN”**, 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 suami saya tercinta Dr. Muhajirin Dean, S.Farm, M.Sc, Apt, dan kepada keempat orang tua saya terkasih, Dr. Wahidin M.Si, Ny. Nuryani Ali, Dr. Ismail Dean, SE, Ny. Atin P. Salmah, atas segala doa, kesabaran, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan hingga saat ini. 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. Marlyanti 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 kepada dr. Ahmad Ashraf Amalius, MPH, Sp.M(K), M.Kes dan dr. Joko Hendarto, M.Biomed, Ph.D selaku pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu di tengah kesibukan untuk memberikan arahan dalam penyelesaian karya ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Ketua Tim Koordinasi 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 dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, atas segala bimbingan dan dukungan yang besar kepada penulis dalam menjalani masa pendidikan spesialis.
3. dr. Muhammad Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes, selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Mata, sekaligus sebagai penguji dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, atas kesediaan meluangkan waktu, memberi bimbingan, dan masukan kepada penulis sejak awal hingga penyelesaian karya ini dengan baik.
4. Dr. dr. Purnamanita Syawal, Sp.M, MARS 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. dr. Habibah S. Muhiddin, 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. 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. dr. Marlyanti N. Akib, Sp.M(K), M.Kes, dr. Soraya Taufik, Sp.M, 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 dan dr. Dyah Ayu Windy, Sp.M atas segala bentuk bimbingan, nasehat, dan ilmu yang telah diberikan selama proses pendidikan.

6. dr. Eunike, Sp.M atas bimbingan dan ilmu yang diberikan selama menjalani stase luar di daerah.
7. Staf Poli Mata RS UNHAS dan staf dokter dan perawat di Puskesmas yang ada di Kecamatan Tamalanrea yang telah membantu dalam proses penelitian.
8. Teman seangkatan : dr. La Ode Hamzah, dr. Fachria Jumiah, dr. Rasmiati Rahim, dr. Hikban Fiqih, dr. Ade Septriana, dr. Ardy Gisnawan dan dr. Stephanie Tanjung yang telah banyak membantu, memotivasi dan menyertai perjalanan pendidikan sejak awal hingga saat ini.
9. Semua teman sejawat peserta PPDS Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yang selalu memberikan dukungan selama ini.
10. 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.

Makassar, September 2022

Viviyanti

Korelasi Kadar Serum Vitamin D3 (25(OH)D3) Terhadap Kejadian Miopia Pada Anak Usia 13-15 Tahun

Viviyanti, Marlyanti N. Akib, Ahmad Ashraf Amalius, Joko Hendarto

ABSTRAK

Pendahuluan: Gangguan refraksi adalah gangguan penglihatan yang paling sering terjadi pada anak, dan miopia adalah salah satunya yang berkembang cukup pesat pada anak usia sekolah. Onset dan progresivitas miopia sangat multifaktorial yang merupakan kombinasi dari beberapa faktor risiko, termasuk salah satunya adalah yang berhubungan dengan kadar vitamin D.

Metodologi: Penelitian ini dilakukan terhadap 147 subjek anak miopia usia 13-15 tahun yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dengan metode observasi *cross-sectional* selama 5 bulan. Formulir kuesioner diberikan kepada orang tua subjek mengenai berbagai aspek yang berhubungan dengan vitamin D dan miopia. Pemeriksaan oftalmologi dan pengambilan sampel darah dilakukan pada subjek kemudian diuji secara analisis statistik untuk mencari korelasinya dengan durasi aktivitas *outdoor*, ukuran derajat miopia serta ukuran panjang aksial bola mata subjek.

Hasil Penelitian: Kadar serum vitamin D3 memiliki nilai korelasi yang kuat dengan durasi aktivitas *outdoor* ($R=0.79; p=0.00$). sementara itu, kadar serum vitamin D3 dengan derajat miopia dan ukuran panjang aksial bola mata subjek menunjukkan nilai korelasi yang sangat kuat dengan nilai masing-masing koefisien korelasi sebesar $R=-0.84$ dan $R=-0.81$ ($p=0.00$).

Kesimpulan: Terdapat korelasi antara kadar serum vitamin D3 dengan durasi aktivitas *outdoor*, derajat miopia, dan ukuran panjang aksial bola mata anak penderita miopia usia 13-15 tahun.

Kata Kunci: *Myopia, Vitamin D, Outdoor Activity, Axial Length*

*Correlation of Serum Levels of Vitamin D3 (25(OH)D3)
to The Incidence of Myopia in Children Aged 13-15 Years*

Viviyanti, Marlyanti N. Akib, Ahmad Ashraf Amalius, Joko Hendarto

ABSTRACT

Introduction: Refractive disorders are the most common visual disturbances in children, and myopia is one of them that develops quite rapidly in school-age children. The onset and progression of myopia is very multifactorial which is a combination of several risk factors, including one related to vitamin D levels.

Methodology: This study was conducted on 147 myopic children aged 13-15 years who met the inclusion and exclusion criteria using cross-sectional observation for 5 months. A questionnaire form was given to the subject's parents regarding various aspects related to vitamin D and myopia. Ophthalmological examination and blood sampling were carried out on the subject and then analyzed for the correlation with the duration of outdoor activity, the degree of myopia and the axial length of the eyeball of the subject.

Results: Serum vitamin D3 levels have a strong correlation with the duration of outdoor activity ($R=0.79;p=0.00$). Meanwhile, serum levels of vitamin D3 with the degree of myopia and the size of the axial length of the eyeball of the subject showed a very strong correlation value with the respective correlation coefficient values of $R=-0.84$ and $R=-0.81$ ($p=0.00$).

Conclusion: There is a correlation between serum vitamin D3 levels with the duration of outdoor activity, the degree of myopia, and the size of the axial length of the eyeball in children with myopia aged 13-15 years.

Keywords: Myopia, Vitamin D, Outdoor Activity, Axial Length

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PEGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHA	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1. Miopia Pada Anak	6
2.2. Faktor Risiko Miopia	15
2.3. Vitamin D (25(OH)D)	21
2.4. Hubungan Vitamin D terhadap Kejadian Miopia	28
2.5. Kerangka Teori	34
2.6. Kerangka Konsep	35
Bab III Metode Penelitian	36
3.1. Desain Penelitian	36
3.2. Tempat Penelitian	36
3.3. Waktu Penelitian	36
3.4. Populasi dan Sampel Penelitian	36
3.5. Perkiraan Besar Sampel	37
3.6. Metode Pengumpulan Sampel	38
3.7. Sarana Penelitian	38
3.8. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	39
3.9. Prosedur Penelitian	41
3.10. Analisis Data	41

3.11. Izin Penelitian dan Kelayakan Etik	42
3.12. Alur Penelitian	43
Bab IV Hasil Penelitian	44
Bab V Pembahasan	51
Bab VI Penutup	60
6.1 Kesimpulan	60
6.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian	44
Tabel 2. Rerata kadar Vitamin D3 berdasarkan jenis kelamin.....	46
Tabel 3. Rerata kadar Vitamin D3 berdasarkan kelompok usia	47
Tabel 4. Rerata dan Korelasi kadar Vitamin D3 dengan durasi aktivitas <i>outdoor</i>	47
Tabel 5. Rerata dan Korelasi kadar Vitamin D3 dengan derajat miopia	48
Tabel 6. Signifikansi kadar serum vitamin D3 berdasarkan 2 kelompok derajat miopia	49
Tabel 7. Rerata dan Korelasi kadar Vitamin D3 dengan ukuran <i>axial lenght</i>	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 1. Prevalensi kejadian miopia di seluruh dunia	7
Gambar 2. Diagram perkembangan prevalensi miopia dan perkiraan kasus miopia dari 2030-2050.....	8
Gambar 3. Grafik pertumbuhan <i>axial length</i> berdasarkan usia	9
Gambar 4. Perbandingan titik fokus sinar yang jatuh di retina pada mata emetropia dan mata miopia	11
Gambar 5. Proses akomodasi saat melihat dekat	12
Gambar 6. Sintesis vitamin D	27
Gambar 7. Produksi dan aktivasi vitamin D.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1.Rekomendasi Persetujuan Komisi Etik.....	67
2.Formulir Persetujuan	68
3.Formulir Kuesioner	69
Tabel	
4.Data Subjek Penelitian.....	72
5.Output Data Analisis	79

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AL	<i>Axial Lenght</i>
25(OH)D3	Vitamin D3
IMT	Indeks Massa Tubuh
UVB	<i>Ultraviolet-B</i>
MED	<i>Minimal Erythermal Dose</i>
IU	<i>Internationa Unit</i>
nmol/L	Nanomol/liter
ng/mL	Nanogram/milliliter
mcg	Microgram
DBP	<i>Vitamin D Binding Protein</i>
VDR	<i>Vitamin D Receptor</i>
MMP	<i>Matrix-Metallo Proteinase</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gangguan penglihatan merupakan gangguan kesehatan yang cukup sering terjadi di dunia. Mata merupakan organ vital yang digunakan sebagai indera penglihatan. Oleh karena itu ketika mata bermasalah, aktivitas pun ikut terhambat. Penyakit mata bisa menyerang siapa saja, termasuk anak. Usia anak merupakan kategori usia pertumbuhan sehingga seluruh organ tubuhnya mesti dirawat dengan baik, termasuk organ mata. Gangguan mata pada usia anak adalah salah satu hal yang sulit terlihat sebab anak biasanya jarang mengeluhkan kondisi penglihatannya, terutama pada anak usia pra-sekolah (Harb and Wildsoet, 2019).

Terdapat beberapa penyakit yang sering menyebabkan gangguan penglihatan pada usia anak. Masalah yang paling umum didapatkan adalah gangguan refraksi, kemudian diikuti oleh mata juling atau biasa disebut sebagai strabismus, katarak kongenital, ambliopia atau mata malas, *Retinopathy of Prematurity* (ROP), tumor mata yang berupa Retinoblastoma, dan Glaukoma Kongenital. Strabismus, Retinoblastoma maupun Ambliopia bisa terjadi pada umur berapapun pada anak. Kelainan mata oleh karena ROP sering terjadi pada anak dengan riwayat kelahiran prematur, sedangkan Glaukoma kongenital sering terjadi pada usia awal kehidupan anak. Gangguan penglihatan berupa katarak tidak hanya terjadi pada usia lanjut, tetapi bisa juga terjadi pada usia bayi maupun anak (Hung, Mahadas and Mohammad, 2016).

Gangguan refraksi adalah gangguan penglihatan yang paling sering terjadi pada anak. Gangguan ini berupa miopia, hipermetropia, maupun astigmatisme. Miopia merupakan salah satu kelainan refraksi yang terjadi

apabila bayangan benda yang terletak jauh difokuskan di depan retina pada mata yang tidak berakomodasi. Penderita miopia akan melihat jelas pada jarak dekat dan akan melihat buram jika jarak jauh. Miopia telah ditetapkan oleh WHO (*World Health Organization*) sebagai salah satu prioritas untuk mengendalikan dan mencegah kebutaan di dunia pada tahun 2020. Berdasarkan penelitian CLEERE (*Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error*) menyatakan bahwa orang Asia memiliki prevalensi miopia yang tinggi yaitu sekitar 18,5%. Bahkan secara global telah berkembang istilah “Pandemi Miopia” yang disebabkan oleh prediksi kejadian miopia yang cenderung terus meningkat setiap tahun. Laporan Angka kelainan refraksi di Indonesia pada tahun 2013 juga mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi. Prevalensi gangguan refraksi di Indonesia mencapai 22.6 % dari semua usia dan berada pada kisaran 10.8 % pada usia sekolah menengah pertama (De Jong, 2018).

Sebagian besar miopia berkembang pada anak usia sekolah. Hal ini didasari oleh berbagai faktor risiko yang mencetuskan terjadinya miopia. Miopia yang telah terjadi selanjutnya akan mengalami progresivitas seiring bertambahnya usia anak dan berbagai faktor yang mempengaruhinya. Organisasi kesehatan dunia (WHO) mengakui bahwa miopia jika tidak dikoreksi penuh merupakan penyebab utama gangguan penglihatan. Orang-orang dengan miopia tinggi berisiko menjadi miopia patologis dan berpotensi menjadi buta bila tidak dikoreksi (Hung, Mahadas and Mohammad, 2016).

Onset dan progresivitas miopia sangat multifaktorial yang merupakan kombinasi dari beberapa faktor risiko. Faktor risiko miopia yang paling sering disebutkan adalah kombinasi antara faktor genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan terdiri dari kebiasaan aktivitas dekat yang berhubungan dengan status akomodasi, durasi aktivitas *outdoor* yang berhubungan dengan kadar vitamin D, dan juga pola tidur berdasarkan penelitian terbaru mengenai faktor risiko miopia (Coviltir *et al.*, 2019).

Penelitian epidemiologi telah menunjukkan bahwa aktivitas di luar ruangan yang terpapar sinar matahari langsung mampu memberikan perlindungan terhadap perkembangan miopia dengan menghambat pertumbuhan panjang sumbu bola mata (*Axial Length*). Aktivitas *outdoor* terpapar sinar matahari ini selanjutnya dihubungkan dengan jumlah kadar vitamin D yang terdapat dalam darah. Vitamin D kemudian dinilai memiliki peran yang penting terhadap proses *remodeling* sklera yang kemudian berhubungan dengan ukuran panjang sumbu bola mata. Oleh karena itu, banyak penelitian yang telah menyelidiki bagaimana status vitamin D dalam kaitannya dengan gangguan refraksi miopia. Namun, hal berbeda ditemukan pada beberapa penelitian lain, yang menyatakan bahwa tidak terdapat kaitan antara kadar serum vitamin D dengan miopia yang terjadi pada anak. Hal ini memberikan informasi bahwa penelitian mengenai hubungan kadar vitamin D dengan kejadian miopia pada anak masih menjadi kontroversi hingga saat ini (Pan, Qian and Saw, 2017).

Penelitian mengenai miopia sudah banyak dilakukan dalam kaitannya dengan hal lain. Namun, penelitian tentang miopia yang dihubungkan dengan kadar serum vitamin D dalam darah anak penderita miopia menurut berbagai sumber dan literatur belum banyak dilakukan di Indonesia dan bahkan belum pernah dilakukan di wilayah kota Makassar.

Oleh karena masih terdapat kontroversi mengenai kaitan antara kadar serum vitamin D dengan kejadian miopia pada anak, dan juga penelitian mengenai keterkaitan antara dua variabel ini belum pernah dilakukan khususnya di kota Makassar, maka peneliti tertarik untuk mengidentifikasi kadar serum vitamin D dalam darah anak dengan miopia usia 13-15 tahun.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana korelasi kadar serum vitamin D3 dengan penderita miopia usia 13-15 tahun di kota Makassar bila dihubungkan dengan durasi aktivitas *outdoor*, derajat miopia, dan ukuran panjang aksial bola mata anak (*Axial Length*).

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui korelasi antara kadar serum vitamin D3 dengan anak penderita miopia usia 13-15 tahun di Kota Makassar.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui korelasi antara kadar serum vitamin D3 dengan durasi aktivitas *outdoor* pada anak penderita miopia usia 13-15 tahun di Kota Makassar.
2. Mengetahui korelasi kadar serum vitamin D3 dengan derajat miopia pada anak usia 13-15 tahun di Kota Makassar.
3. Mengetahui korelasi kadar serum vitamin D3 dengan ukuran panjang aksial bola mata anak penderita miopia usia 13-15 tahun di Kota Makassar.

1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah dan tujuan pada sub bab sebelumnya maka akan diajukan hipotesis sebagai berikut :

- a. Kadar serum vitamin D3 pada anak penderita miopia akan semakin rendah jika durasi aktivitas *outdoor* semakin sedikit.

- b. Kadar serum vitamin D3 pada anak penderita miopia akan semakin rendah jika derajat miopia anak semakin tinggi.
- c. Kadar serum vitamin D3 pada anak penderita miopia akan semakin rendah jika ukuran panjang aksial bola mata anak semakin besar.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1 Aspek Pengembangan Ilmu

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan ilmiah khususnya dalam bidang oftalmologi mengenai korelasi kadar serum vitamin D3 dengan penderita miopia usia 13-15 tahun bila dihubungkan dengan durasi aktivitas *outdoor*, derajat miopia dan panjang aksial bola mata anak penderita miopia.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai data acuan bagi penelitian selanjutnya pada tingkat komunitas tertentu mengenai hubungan kadar serum vitamin D3 dengan penderita miopia usia 13-15 tahun bila dihubungkan dengan durasi aktivitas *outdoor*, derajat miopia, dan panjang aksial bola mata anak penderita miopia.

1.5.2 Aspek Aplikasi Klinis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data untuk melakukan edukasi kepada orang tua, anak, dan pihak sekolah mengenai kejadian miopia yang terjadi pada usia sekolah berdasarkan hubungannya dengan kadar serum vitamin D3.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri Universitas Hasanuddin khususnya pada departemen Ilmu Kesehatan Mata, pihak pendidik sekolah anak maupun pada orang tua mengenai data demografi kejadian miopia pada anak usia 13-15 tahun di kota Makassar

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

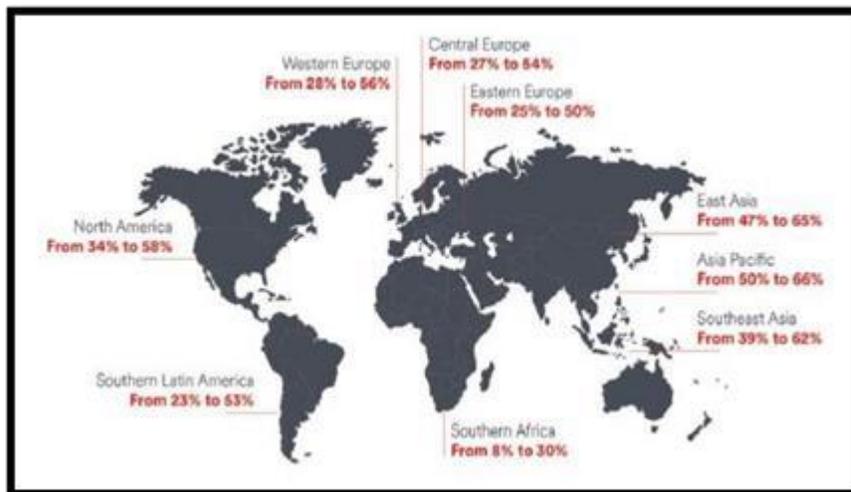
Miopia adalah kelainan refraksi yang hampir selalu menduduki urutan pertama dibandingkan kelainan-kelainan refraksi yang lain. Prevalensi miopia cenderung mengalami peningkatan terutama pada anak usia sekolah. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya frekuensi melakukan aktivitas jarak dekat seperti membaca, menonton atau bermain gawai (Matsumura, Kuo and Saw, 2019).

Sebelum memasuki penjelasan yang lebih rinci mengenai faktor risiko apa saja yang menyebabkan terjadinya miopia pada anak, terlebih dahulu akan dijelaskan mengenai epidemiologi, patofisiologi, dan komplikasi miopia pada anak.

2.1. Miopia pada Anak

2.1.1. Epidemiologi

Miopia merupakan kelainan refraksi yang tersering di seluruh dunia. Kejadian miopia yang terus meningkat dalam 50 tahun terakhir diperkirakan sudah mencapai 1,6 miliar penduduk di seluruh dunia. Menurut perhitungan WHO, jika tidak dilakukan tindakan pencegahan dan pengobatan terhadap miopia, jumlah penderita akan semakin meningkat setiap tahun. Menurut WHO, prevalensi miopia pada anak berkisar antara 39 % di Asia Tenggara (terutama di Singapura) hingga 66% pada wilayah Pasifik Barat. Terdapat pula penelitian yang menyebutkan bahwa prevalensi miopia di kawasan asia terutama di wilayah daratan Cina dan sekitarnya menunjukkan angka yang sangat tinggi yaitu sekitar 50 % – 65 % yang sudah mencakup sebagian besar wilayah bagian di negara Cina termasuk Taiwan dan Hongkong. Prevalensi yang terbilang tinggi ini berhubungan erat dengan faktor risiko miopia yang akan dijelaskan selanjutnya (Harb and Wildsoet, 2019).



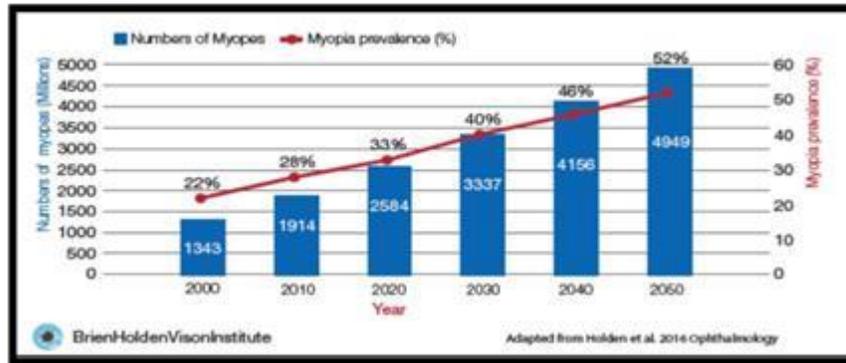
Gambar 1. Prevalensi kejadian Miopia di seluruh dunia. (Pozaric *et al.*, 2020)

Pada tahun 2020, *Institute of Eye Research* memperkirakan jumlah penderita miopia akan mencapai 2,5 miliar penduduk. Prevalensi miopia ditemukan bervariasi sesuai dengan kelompok etnis dan letak geografis. Asia dilaporkan menduduki posisi pertama dengan Cina sebagai negara dengan angka miopia tertinggi di dunia (Morgan, 2016).

Gangguan penglihatan dan kebutaan di Indonesia juga semakin lama terus mengalami peningkatan dengan prevalensi mencapai 1,5%. Gangguan refraksi merupakan penyebab utama ke-2 terjadinya gangguan penglihatan dengan prevalensi 22.6 %. Angka gangguan refraksi berdasarkan laporan Riskesdas 2013 menunjukkan prevalensi refraksi terkoreksi di Indonesia sebesar 4,6% (Pozarickij *et al.*, 2020).

Prevalensi miopia pada wanita ditemukan cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan prevalensinya pada pria. Pada *National Eye Institute* juga melaporkan prevalensi kasus miopia pada tahun 2010 sebesar 54% pada wanita dan 46% kasus miopia pada pria. Pada penderita yang lebih muda, kejadian miopia ditemukan meningkat seiring dengan penambahan

usianya. Namun, pada orang tua, terdapat penurunan prevalensi miopia (Holden, 2015).

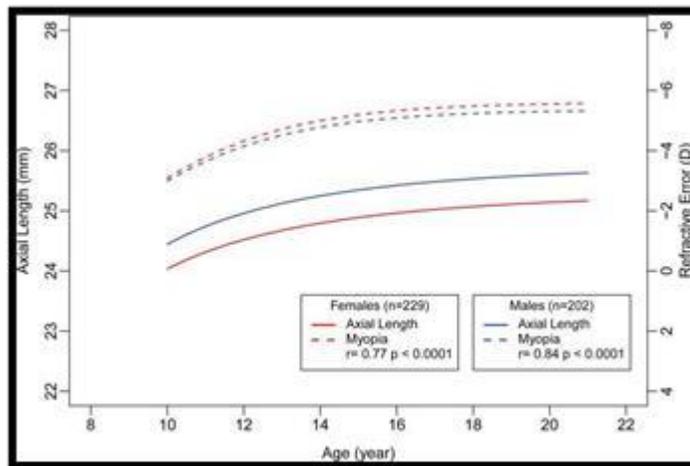


Gambar 2. Diagram perkembangan prevalensi miopia sejak 2000-2020 dan perkiraan kasus miopia dari 2030-2050.(Harb and Wildsoet, 2019)

2.1.2. Emetropisasi

Emetropisasi berasal dari kata emetropia. Emetropia didefinisikan sebagai suatu keadaan yang menggambarkan sinar paralel cahaya dapat difokuskan tepat di retina. Mata emetropia akan mempunyai penglihatan yang normal. Pada kondisi emetropia sinar sejajar difokuskan tepat di retina. Pada saat melihat objek yang dekat, sinar difokuskan di belakang retina. Fokus bisa tepat lagi pada retina apabila terjadi proses akomodasi dengan cara meningkatkan kekuatan bias lensa (Chakraborty, Read and Vincent, 2020). Komponen utama mata yang berperan dalam proses refraksi adalah kornea, lensa dan panjang aksial bola mata. Kornea merupakan lapisan jernih yang terdapat di bagian anterior bola mata. Kornea memiliki daya refraksi sebesar 43 dioptri. Lensa merupakan struktur bikonveks yang terletak di belakang posterior chamber dan pupil. Diameter ekuator lensa sekitar 6,5 mm pada saat lahir, dan kemudian bertambah menjadi sekitar 9-10 mm pada dekade ke 2-3 kehidupan. Lensa memiliki daya refraksi sebesar 20 D (Woodman-Pieterse *et al.*, 2018).

Lensa memiliki kemampuan untuk mengatur kekuatan refraksinya melalui proses akomodasi. Akomodasi terjadi akibat kerjasama lensa dan kontraksi otot siliaris. Daya akomodasi tersebut akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya usia. Pada usia 8 tahun daya akomodasi lensa dapat mencapai 14 D. Pada usia lebih dari 18 tahun daya akomodasi lensa mulai menurun sampai menjadi 9 D dan akan terus turun menjadi 1 D pada saat usia 64 tahun (Hung, Mahadas and Mohammad, 2016).



Gambar 3. Grafik pertumbuhan *axial length* berdasarkan usia (Jonas, Ohno-Matsui and Panda-Jonas, 2019).

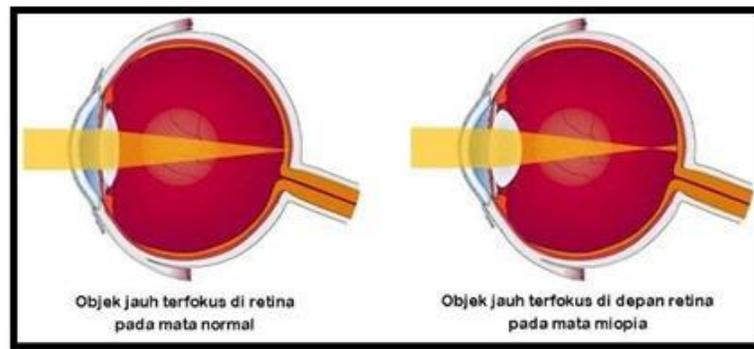
Ukuran panjang aksial bola mata pada saat lahir adalah sekitar 16 milimeter, dan menjadi 23 milimeter saat dewasa. Penambahan panjang aksial bola mata sebagian besar terjadi pada tahun pertama kehidupan. Proses penambahan panjang aksial bola mata dapat dibagi dalam 3 fase. Fase pertama merupakan fase yang tercepat yang dalam kurun waktu 6 bulan pertama panjang aksial bola mata bertambah sebanyak 4 mm. Fase kedua (2-8 tahun) dan ketiga (8-15 tahun), penambahan panjang aksial bola mata hanya 1 mm pada masing-masing fase. Kemampuan refraksi mata berubah sesuai dengan pertambahan panjang aksial dan perubahan struktur kornea serta lensa. Pada saat bayi baru lahir, penglihatannya cenderung

hipermetropia sampai berusia 7 tahun, kemudian setelah itu mulai mengalami perubahan menuju ke arah emetropia (Jonas, Ohno-Matsui and Panda-Jonas, 2019).

Panjang aksial adalah faktor yang tidak tetap selama perkembangan bola mata, yang memiliki hubungan erat dengan status refraktif, karena semakin panjang aksial mata maka semakin memungkinkan untuk terkena miopia. Mengontrol elongasi dari aksial mata selama periode pertumbuhan adalah hal yang paling penting untuk mencapai penglihatan normal (Wang, Xie and Wang, 2018).

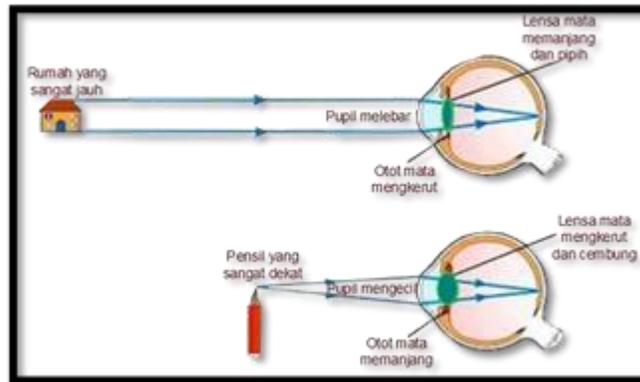
2.1.3. Patofisiologi Miopia

Miopia merupakan kelainan refraksi dengan bayangan sinar dari suatu objek yang jauh difokuskan di depan retina pada mata yang tidak berakomodasi. Kelainan refraksi ini dapat disebabkan oleh berbagai hal, antara lain perubahan kelengkungan kornea dan lensa, perubahan indeks bias media refraksi, dan perubahan panjang aksial bola mata. Adapun beberapa kelainan anatomi yang bisa didapatkan pada penderita miopia antara lain kelengkungan kornea yang cenderung lebih cembung ke anterior, bilik mata depan yang relatif lebih dalam, pupil yang biasanya lebih lebar, otot siliaris yang cenderung lebih hipertrofi, lensa yang bisa didapatkan lebih mencembung, dan gambaran retina yang lebih tipis dari normal atau disebut sebagai gambaran retina "*tigroid*" (Haarman *et al.*, 2020).



Gambar 4. Perbandingan titik fokus sinar yang jatuh di retina pada mata emetropia dan mata miopia.(De Jong, 2018)

Miopia terjadi pada saat otot siliaris relaksasi total sehingga cahaya dari objek yang letaknya jauh difokuskan di depan retina. Keadaan seperti ini terjadi akibat dari bola mata yang terlalu panjang, atau karena daya bias sistem lensa terlalu kuat. Tidak ada mekanisme bagi miopia untuk mengurangi kekuatan lensa karena otot siliaris dalam keadaan relaksasi sempurna. Pasien dengan miopia tidak mempunyai mekanisme untuk memfokuskan bayangan dari objek jauh dengan tepat di retina. Namun, jika objek didekatkan ke mata, bayangan akan menjadi cukup dekat sehingga dapat difokuskan tepat di retina. Saat objek terus didekatkan ke mata, mata akan menggunakan mekanisme akomodasi agar bayangan yang terbentuk tetap terfokus jelas. Pasien dengan miopia mempunyai titik jauh yang terbatas untuk penglihatan jelas (Chakraborty, Read and Vincent, 2020).



Gambar 5. Proses akomodasi saat melihat dekat.(De Jong, 2018)

Berdasarkan etiologinya, miopia terbagi menjadi 3, yaitu miopia akibat pertambahan panjang sumbu bola mata (*axial length myopia*), miopia akibat perubahan kurvatura media refrakta (*curvature myopia*), dan miopia akibat perubahan indeks bias media refrakta (*index myopia*). Ketiga etiologi ini merupakan penyebab utama terjadinya miopia pada anak (Tanjung, Amra and Sari, 2021).

2.1.3.1 Miopia akibat Pertambahan Panjang Aksial Bola Mata

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa salah satu penyebab terjadinya miopia adalah adanya pertambahan ukuran panjang bola mata seiring dengan pertambahan usia anak. Beberapa teori telah menjelaskan tentang patofisiologi miopia berdasarkan etiologi penambahan ukuran *Axial Length* (Matsumura, Kuo and Saw, 2019).

a. Teori menurut Duke Elder. S

1. Teori Mekanik

Teori dikemukakan pada abad ke 19, yang menyatakan bahwa terjadinya miopia disebabkan karena peregangan sklera. Peregangan ini dapat terjadi

pada sklera yang normal maupun yang sudah lemah. Adanya konvergensi yang berlebihan, akomodasi yang terus-menerus dan kontraksi otot orbikularis okuli akan mengakibatkan tekanan intra okuler meningkat dan selanjutnya menimbulkan peregangan sklera. Pada proses akomodasi, juga terjadi kontraksi muskulus siliaris sehingga akan menarik koroid yang lama-kelamaan akan menyebabkan atrofi. Konvergensi dan posisi bola mata kearah inferior pada waktu membaca menyebabkan polus posterior tertarik oleh nervus optik. Adanya pelemahan sklera diduga menjadi penyebab membesarnya bola mata. Pelemahan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kongesti sklera, inflamasi sklera, malnutrisi, endokrin, atau akibat skleromalasia (Ouyang *et al.*, 2019).

2. Teori Biologi

Teori ini timbul setelah pengamatan bahwa miopia aksial bersifat hereditas, yang ditandai oleh penipisan bola mata yang hanya terjadi di daerah polus posterior, degenerasi retina yang terjadi sekunder setelah atrofi koroid dan adanya perubahan-perubahan atrofi yang tidak sesuai dengan besarnya pemanjangan bola mata (Woodman-Pieterse *et al.*, 2018).

Faktor yang menyebabkan timbulnya miopia terdapat pada jaringan ektodermal yaitu retina, sedangkan jaringan mesodermal di sekitarnya tetap normal. Retina tumbuh lebih menonjol dibanding dengan koroid dan sklera. Pertumbuhan retina yang abnormal ini diikuti dengan penipisan sklera dan peregangan koroid. Koroid yang peka terhadap regangan akan menjadi atrofi. Seperti diketahui pertumbuhan sklera berhenti pada janin berumur 5 bulan sedangkan bagian posterior retina masih tumbuh terus sehingga bagian posterior sklera menjadi paling tipis (Wang, Xie and Wang, 2018).

b. Teori menurut David A. Goss

Faktor utama dari miopia patologi ini adalah peningkatan panjang aksial bola mata, yang disebabkan oleh penurunan kuantitas dan perubahan karakteristik anatomi dari jaringan kolagen sklera. Sklera merupakan jaringan penyokong utama dari segmen posterior. Dalam keadaan normal tersusun dari ikatan-ikatan serabut kolagen yang padat. Ikatan-ikatan tersebut terdiri dari pita lebar dan teranyam. Pada kondisi miopia berat, diameter serabut kolagen sklera mengalami penurunan (Schache and Baird, 2012).

Pada subjek dengan derajat miopia tinggi akan mengalami penurunan kuantitas dan kualitas dari serabut kolagen sklera. Sudut ikatan antara serabut kolagen sklera akan lebih melebar anyamannya sehingga tampak kurang terpola. Perubahan-perubahan ini dijumpai pada polus posterior sehingga akan menyebabkan regangan dan penipisan pada sklera yang akhirnya akan menambah panjang aksial bola mata (Yue *et al.*, 2020).

2.1.3.2 Miopia akibat Perubahan Kurvatur

Mata memiliki panjang aksial bola mata normal, tetapi kelengkungan dari kornea lebih curam dari rata – rata, misalnya pada kasus keratokonus. Bila diakibatkan karena lensa, maka akan didapatkan kelengkungan lensa bertambah seperti pada hiperglikemia sedang atau berat, yang menyebabkan lensa membesar (Schache and Baird, 2012).

2.1.3.3 Miopia akibat Perubahan Indeks Bias

Miopia karena peningkatan indeks refraksi dari pada lensa berhubungan dengan permulaan dini atau tingkat menengah dari katarak nuklear sklerotik. Penyebab ini merupakan penyebab umum terjadinya miopia pada usia tua. Perubahan kekerasan lensa meningkatkan indeks refraksi,

dengan demikian membuat mata menjadi miopik (Matsumura, Kuo and Saw, 2019).

2.2. Faktor Risiko Miopia pada Anak

2.2.1. Faktor Risiko *Unmodified*

Kelompok faktor risiko miopia yang tidak dapat dimodifikasi antara lain adalah genetik, jenis kelamin, dan ras (Coviltir *et al.*, 2019).

1. Genetik

Faktor genetik dapat menurunkan sifat kelainan refraksi kepada keturunannya baik secara autosomal dominan maupun autosomal resesif. Sebagai pembuktian pernyataan adanya pengaruh genetik terhadap kejadian miopia yaitu dengan melakukan studi sebagai langkah awal. Seorang anak yang memiliki kedua orang tua menderita miopia, mempunyai risiko lebih besar terkena miopia dibanding anak yang hanya salah satu atau tidak satupun orang tuanya menderita miopia. Riwayat miopia tinggi keluarga juga akan mempengaruhi level dan onset miopia. Berdasarkan kondisi yang memperlihatkan beberapa anak yang menderita miopia ternyata memiliki orang tua yang miopia, menunjukkan bahwa memang terdapat faktor herediter yang berperan dalam etiopatogenesis miopia. Hal tersebut semakin diperkuat dengan adanya penelitian pada anak kembar yang dilaporkan bahwa kejadian miopia pada kedua saudara lebih sering terjadi pada kembar monozigot dibandingkan dengan kembar dizigot (Wojciechowski and Cheng, 2018).

2. Jenis Kelamin

Jenis kelamin memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kejadian miopia pada anak. Berdasarkan penelitian, anak perempuan

biasanya lebih cenderung memiliki prevalensi yang tinggi terhadap kejadian miopia dibandingkan pada anak lelaki. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya hidup atau kebiasaan (*behavioural*); anak perempuan lebih banyak menghabiskan waktunya di dalam rumah jika dibandingkan dengan anak lelaki, sehingga penglihatan jauh pada anak perempuan lebih sedikit digunakan. Adanya alasan ini menyebabkan anak perempuan lebih cenderung menderita miopia dibandingkan anak lelaki. Selain hal tersebut, terdapat teori yang menyatakan bahwa pertumbuhan panjang aksial bola mata pada anak perempuan lebih cepat dibandingkan pada laki-laki. Akan tetapi penyebab belum diketahui secara jelas sampai saat ini (Mutti and Marks, 2011).

3. Ras

Ras Asia merupakan kelompok terbesar penyumbang prevalensi kejadian miopia yang cukup tinggi di dunia. Salah satu penelitian menunjukkan hasil bahwa antara anak yang mengalami miopia di Singapura dan di Sydney memiliki perbedaan prevalensi yang cukup jauh yaitu sekitar 29% anak dengan etnis Asia-Singapura menderita miopia dan sekitar 3.3 % etnis Eropa dan Australia yang menderita miopia. Beberapa penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa prevalensi miopia pada ras Cina (Ramamurthy, Lin Chua and Saw, 2015).

2.2.2 Faktor Risiko *Modified*

Faktor risiko miopia pada anak yang dapat dimodifikasi adalah yang berhubungan dengan lingkungan. Adapun hal-hal yang berhubungan dengan faktor lingkungan tersebut antara lain :

1. Sosial Ekonomi

Faktor sosial ekonomi ternyata memiliki pengaruh terhadap timbulnya miopia pada anak. Anak yang berasal dari keluarga yang tergolong menengah ke atas, memiliki akses yang cukup tinggi terhadap berbagai informasi dan ilmu pengetahuan melalui berbagai media, terutama media gawai yang sangat populer untuk zaman sekarang. Tingginya akses terhadap media tersebut juga mempengaruhi gaya hidup anak terutama di daerah perkotaan. Dengan adanya gawai yang mampu menyediakan segala informasi dan hiburan untuk anak, menjadikan anak lebih sering menghabiskan waktunya di dalam rumah selama berjam-jam dengan menatap layar gawai yang diperoleh dengan mudah dari orangtua dengan tingkat ekonomi menengah ke atas. Jika dibandingkan dengan anak yang berasal dari keluarga yang tergolong ekonomi menengah ke bawah, orang tua memiliki keterbatasan pengadaan perangkat gawai, sehingga anak lebih cenderung menghabiskan waktunya di luar ruangan (Harb and Wildsoet, 2019).

2. Tingkat Pendidikan

Perubahan prevalensi miopia yang cepat pada kelompok anak dapat berhubungan dengan tingkat edukasi. Banyak penelitian yang dilakukan mengenai efek edukasi terhadap prevalensi miopia. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa terdapat korelasi yang kuat pada seseorang yang memiliki tingkat edukasi yang tinggi terhadap peningkatan prevalensi miopia, terutama pada populasi Afrika dan Asia (Yazar *et al.*, 2014).

Banyak penelitian yang menunjukkan keterkaitan yang erat antara miopia dan *Intelligence Quotient* (IQ). Anak dengan miopia akan bertambah nilai koreksinya seiring dengan tingkat pendidikannya yang bertambah yang diukur berdasarkan nilai IQ-nya. Rerata anak dengan miopia memiliki nilai IQ

yang lebih tinggi sekitar 7 - 8% bila dibandingkan populasi lainnya (Pozarickij *et al.*, 2020).

3. Status Akomodasi

Faktor risiko lain yang timbul akibat adanya korelasi antara tingkat pendidikan dengan kejadian miopia adalah pengaruh status akomodasi. Akomodasi yang berlebihan disebabkan oleh aktivitas melihat dekat yang terlalu sering dilakukan. Tingkat pendidikan anak dengan IQ yang tinggi cenderung memiliki aktivitas belajar yang lebih banyak terutama membaca dan penggunaan layar gawai. Aktivitas membaca dalam jarak dekat ini tentu saja berkaitan erat dengan akomodasi dan konvergensi (Schmid and Harkin, 2017).

Hubungan antara akomodasi dan konvergensi sudah diketahui sejak lama. Proses vergensi pada mata berubah sesuai dengan akomodasi. Akomodasi mata berubah saat vergensi berubah. Oleh karena itu, akomodasi dan konvergensi merupakan sesuatu yang harus dipertahankan untuk melihat jelas pada saat akan melihat dekat (De Jong, 2018).

Aktivitas melihat dekat dalam jangka waktu lama merupakan salah satu faktor risiko terjadinya miopia pada anak. Banyak penelitian yang telah dilakukan menyatakan adanya hubungan yang signifikan antara aktivitas melihat dekat dengan kejadian miopia anak. Aktivitas melihat dekat yang sering diteliti pada anak sekolah dasar adalah membaca, menulis, menonton televisi, penggunaan komputer dan bermain video *games*. Miopia dihubungkan dengan aktivitas melihat dekat terutama dengan jarak yang terlalu dekat dan durasi yang lama saat melakukan aktivitas tersebut (Zhou *et al.*, 2017).

4. **Aktivitas Luar Ruangan (*Outdoor Activity*)**

Aktivitas di luar ruangan berhubungan dengan penggunaan penglihatan jarak jauh dan durasi pajanan sinar matahari yang diterima oleh tubuh di tempat yang tidak dibatasi oleh ruang. Kegiatan ini berkaitan erat dengan kondisi lingkungan seperti daerah perkotaan yang padat akan mengakibatkan sempitnya ruang bermain, sehingga anak cenderung melakukan aktivitas di dalam ruangan (*indoor*). Oleh karena itu, anak jarang menggunakan penglihatan jauhnya. Terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan hasil prevalensi miopia pada kelompok aktivitas luar ruangan lebih sedikit dibanding kelompok aktivitas dalam ruangan; dan secara statistik menunjukkan perbedaan yang bermakna (Jiang *et al.*, 2018).

Pada saat melihat jarak jauh, otot siliaris mata akan berelaksasi sehingga kerja mata akan ringan dan kondisi lensa mata dalam keadaan memipih. Oleh karena itu bayangan akan tetap jatuh tepat di retina. Berbeda halnya ketika melihat jarak dekat dan dibatasi oleh ruang, otot siliaris mata akan berkontraksi dan terus teregang, kondisi lensa pun dalam keadaan cembung. Hal tersebut merupakan mekanisme alami tubuh. Namun ketika intensitas kontraksi otot siliaris lebih lama dari intensitas relaksasi, maka kerja mata akan sangat berat dan terbiasa dalam keadaan lensa cembung, sehingga dapat berujung pada keadaan miopia (Cuellar-Partida *et al.*, 2017).

Aktivitas di luar ruangan juga dikaitkan dengan jumlah penyerapan sinar matahari yang diterima oleh mata. Hal ini berdasarkan teori mengenai hubungan antara jumlah penyerapan cahaya matahari dengan pembentukan vitamin D. Penyebab utama defisiensi vitamin D adalah kurangnya pajanan sinar matahari, sehingga sintesis vitamin D di kulit menurun. Selain itu kebutuhan tubuh akan vitamin D tidak dapat seluruhnya dipenuhi dari asupan sumber bahan makanan, karena jumlah bahan makanan yang mengandung vitamin D sangat sedikit, disamping itu makanan yang telah difortifikasi vitamin D belum cukup untuk memenuhi kebutuhan tubuh.

Kekurangan paparan sinar matahari dapat disebabkan karena aktivitas yang mengharuskan untuk sedikit berada di luar ruangan seperti pekerjaan di dalam ruangan. Aktivitas di luar ruangan pun juga berisiko terkena defisiensi vitamin D apabila tidak diimbangi dengan asupan nutrisi vitamin D yang adekuat (Williams *et al.*, 2017).

Paparan sinar matahari sebesar satu satuan *Minimal Erythematol Dose* (MED) yaitu mulai munculnya kemerahan yang ringan di kulit, sudah dapat meningkatkan konsentrasi vitamin D yang setara dengan suplementasi 1.000 - 2.000 IU. Intensitas UVB sinar matahari adalah rendah pada pukul 07.00 pagi, meningkat pada jam-jam berikutnya sampai dengan pukul 11.00; setelah pukul 11.00 intensitas ini relatif stabil dan tinggi sampai dengan pukul 14.00 untuk kemudian menurun, dan pada pukul 16.00 mencapai intensitas yang sama dengan pada pukul 07.00. Penelitian oleh Holick melaporkan bahwa waktu pajanan yang dibutuhkan pada intensitas 1 MED/jam adalah 1 jam atau sama dengan 60 menit (Pan, Qian and Saw, 2017).

Jika intensitas pajanan adalah 2 MED/jam, maka lama pajanan akan lebih singkat. Intensitas ultraviolet puncaknya pada pukul 11.00-13.00 selama 1-2 MED/jam. Namun, intensitas panas pada rentang waktu tersebut diduga akan menyebabkan ketidaknyamanan sehingga akan menurunkan kepatuhan. Selain itu, rentang waktu tersebut dirasa tidak optimal untuk subyek penelitian sehingga alternatif dipilih pukul 09.00. Paparan sinar matahari di bagian wajah dan lengan selama 30-60 menit pada pukul 09.00 atau pukul 11.00-13.00 selama 30 menit sudah meningkatkan konsentrasi vitamin D sebesar 1.500 IU tiap kali pemaparan. Sebaiknya untuk mencegah defisiensi vitamin D dapat dilakukan dengan terpapar sinar matahari selama 60-90 menit/hari pada orang kulit putih, dan sekitar 90-120 menit/hari untuk yang berkulit gelap, atau setidaknya 14 jam/minggu (Carswell *et al.*, 2018).

Pada era pandemi saat ini yang berlangsung mulai awal tahun 2020, aktivitas *outdoor* oleh setiap orang dibatasi. Pemerintah setempat memberlakukan aturan untuk lebih banyak di rumah (*stay at home*) dan boleh keluar rumah jika mendesak. Selain itu, pendidikan juga dilakukan lebih banyak di rumah, yaitu anak sekolah sekolah dan belajar secara online dengan menggunakan gawai. Hal ini tentu saja mempengaruhi jumlah jam aktivitas *outdoor* anak, sehingga anak lebih sering melakukan aktivitas *indoor* yang lebih banyak melibatkan penglihatan jarak dekat dibandingkan penglihatan jarak jauh. Jika anak lebih banyak menggunakan penglihatan jarak dekat, tentu saja hal ini memaksa anak untuk terus-menerus melakukan akomodasi, sehingga pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya miopia. Aturan pada saat pandemi ini sangat ketat diterapkan terutama pada 2 tahun awal berlangsungnya pandemi. Setelah melewati 2 tahun pandemi, orang-orang sudah mulai agak dilonggarkan untuk keluar rumah, namun tetap berlaku aturan untuk jaga jarak aman sejauh 1 meter terhadap sesama (Banerjee, Nath and Sen, 2020).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menginvestigasi keterkaitan antara kadar vitamin D berdasarkan durasi aktivitas luar ruangan dengan onset dan progresivitas miopia pada anak. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa pada anak-anak penderita miopia dengan durasi aktivitas di luar ruangan yang terbatas (kurang dari 2 jam), ternyata memiliki kadar serum vitamin D yang lebih rendah dibandingkan pada anak non-miopia (Tang *et al.*, 2019).

2.3. Vitamin D (25(OH)D)

2.3.1. Defenisi

Vitamin D merupakan salah satu mikronutrien yang bersifat larut dalam lemak yang berperan dalam metabolisme kalsium dan fosfat, homeostasis

kalsium, kesehatan vaskuler, diferensiasi dan proliferasi sel. Vitamin D juga disebut “*sunshine vitamin*” dan sering dikaitkan dengan beberapa penyakit mulai dari penyakit degeneratif sampai keganasan. Bukti menunjukkan apabila kadar vitamin D lebih tinggi dari yang dibutuhkan untuk menjaga homeostasis kalsium dapat mengurangi risiko resistensi insulin, obesitas, sindrom metabolik, dan keganasan (Carlberg, 2019).

Berdasarkan penelitian kolaborasi antara Indonesia dan Malaysia yang dilakukan oleh TJ Green dkk menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi serum vitamin D (25(OH)D) peserta penelitian sebesar 48 nmol/L dan prevalensi defisiensi vitamin D di Indonesia sebesar 63%. Berdasarkan studi yang dilakukan di Indonesia dan Malaysia dapat disimpulkan bahwa orang yang tinggal di dekat garis ekuator atau negara tropis tidak menjanjikan kecukupan vitamin D dalam tubuh (Holick, 2017).

Menjaga kadar vitamin D selalu adekuat dapat membantu mengurangi risiko fraktur osteoporotik. Kadar vitamin D yang tidak adekuat selain menyebabkan gangguan kesehatan skeletal seperti riketsia, osteoporosis, dan osteomalasia juga dikaitkan dengan penyakit non-skeletal seperti kesehatan gigi yang buruk, meningkatkan risiko diabetes tipe 1 dan juga kanker. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setiati, paparan sinar matahari yang mengandung UVB yang akan mengawali sintesis vitamin D juga dapat menurunkan konsentrasi hormone paratiroid (Carswell *et al.*, 2018).

Defisiensi vitamin D hanya akan terjadi ketika kulit kekurangan paparan sinar matahari dan kurangnya asupan sumber vitamin D dalam kondisi diet. Seiring berkembangnya zaman, tidak sedikit orang yang mengurangi paparan sinar matahari karena perubahan lingkungan dan takut akan kanker kulit. Penggunaan tabir surya, pakaian yang tertutup, dan bekerja di dalam ruangan akan menyebabkan menurunnya sintesis vitamin D dalam tubuh (Wilson *et al.*, 2017).

2.3.2. Kadar Vitamin D

Pengukuran kadar vitamin D dalam tubuh paling akurat dengan mengukur kadar vitamin D3 (25(OH)D3) yang merupakan bentuk aktif dari vitamin D yang tersebar diseluruh tubuh. Kadar Vitamin D3 (25(OH)D3) dalam serum dianjurkan pada level 30-100 ng/ml. Sumber yang berbeda menyatakan kadar optimal vitamin D 25-OH berkisar 30-80 ng/ml. Sedangkan kadar dalam darah yang baik berkisar antara 40-60 ng/ml atau 100–150 nmol/l. Kadar normal serum vitamin D di setiap laboratorium dapat terjadi sedikit perbedaan yang wajar. Status kadar vitamin D dapat dilihat pada tabel. Kadar 25(OH)D3 dengan rentang 10–30 ng/ml (25–50 nmol/L) dapat dikatakan insufisiensi relatif vitamin D dan kadar > 30 ng/ml merupakan kadar optimal/normal. Apabila kadar 25(OH)D3 > 150 ng/ml (374 nmol/L) dapat dikatakan kemungkinan terjadi toksisitas vitamin D. Terdapat beberapa sumber yang mengatakan bahwa semakin tinggi asupan vitamin D terutama melalui paparan sinar matahari, maka semakin baik untuk mencegah berbagai penyakit seperti kanker prostat, kanker kolorektal, dan sindrom metabolik lainnya (Tuckey, Cheng and Slominski, 2019).

Tabel kadar Vitamin D3 (25(OH)D3) dalam serum

Interpretasi	Kadar 25(OH)D3	
Defisiensi	< 25 nmol/L	< 10 ng/mL
Insufisiensi	25-50 nmol/L	10-30 ng/mL
Sufisiensi	>50 nmol/L	>30 ng/mL

Sumber : ((Kwon, Choi and La, 2016)

2.3.3. Sumber Vitamin D

Sumber vitamin D berasal dari endogen dan eksogen. Sumber endogen merupakan sumber dominan yaitu vitamin D yang disintesis ketika sinar ultraviolet B (UVB) dari sinar matahari mengenai lapisan epidermis dan

dermis kulit. Sumber eksogen yaitu berasal dari makanan yang dikonsumsi dan suplemen vitamin D. Sumber vitamin D yang berasal dari sinar matahari selanjutnya disebut sebagai vitamin D3 (25(OH)D3) dan sumber vitamin D yang berasal dari asupan nutrisi selanjutnya dikenal sebagai vitamin D2 (25(OH)D2). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, vitamin D yang bersumber dari makanan saja ternyata belum cukup untuk memenuhi kebutuhan vitamin D dalam tubuh (Carlberg, 2019).

1. Sinar Matahari

Paparan sinar matahari yang mengandung sinar UVB pada kulit akan mengawali sintesis vitamin D ketika panas tubuh mengubah pre-vitamin D yaitu 7-dehidrokolesterol yang tersebar di seluruh tubuh menjadi bentuk akhir yang lebih aktif. Vitamin D yang berasal dari dalam tubuh akan berada di kapiler kulit lebih lama dibandingkan dengan vitamin D yang berasal dari makanan dan suplemen. Terpapar sinar matahari 120 menit setiap 2-3 kali perminggu sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan vitamin D tubuh. Waktu yang baik untuk berjemur di bawah sinar matahari yaitu mulai pukul 11.00-14.00 ketika sinar UVB memuncak dan relatif stabil yakni 1-2 MED/jam. Ketika sinar UVB memuncak waktu untuk berjemur dapat semakin singkat. Kebutuhan vitamin D pada tubuh dapat dipenuhi sebesar 80-100% oleh vitamin D yang disintesis pada kulit ketika terpapar sinar matahari secara langsung. Untuk menjaga kadar vitamin D dalam tubuh tetap tercukupi, minimal 20% permukaan kulit harus terpapar sinar matahari secara langsung tanpa terhalang pakaian atau tabir surya (Tuckey, Cheng and Slominski, 2019).

2. Makanan

Vitamin D yang berasal dari makanan dapat dibedakan menjadi tiga, yakni yang berasal dari sumber asli, Air Susu Ibu (ASI), dan suplemen.

Sumber vitamin D yang berasal dari sumber asli umumnya berasal dari protein hewani, di antaranya ikan laut (salmon, tuna dan tongkol), susu dan beberapa produk turunannya (susu dan keju), telur, jamur, dan *oatmeal* (Carlberg, 2019).

Pemberian suplemen vitamin D biasanya untuk mengatasi kondisi defisiensi vitamin D. Suplemen yang mengandung kadar vitamin D tinggi adalah minyak hati ikan Cod. Seseorang yang rutin konsumsi minyak ikan minimal 3-4 kali/minggu dapat mengoptimalkan kebutuhan vitamin D dalam tubuhnya. Namun, setelah dilakukan beberapa penelitian oleh beberapa ahli gizi baik di dalam negeri maupun di luar negeri, ditemukan fakta bahwa asupan vitamin D yang didapat dari makanan yang mengandung vitamin D saja ternyata belum mencukupi kebutuhan kadar normal plasma sehingga vitamin D yang disintesis pada kulit ketika terpapar sinar matahari merupakan sumber utama bagi tubuh (Holick, 2017).

2.3.4. Sintesis Vitamin D

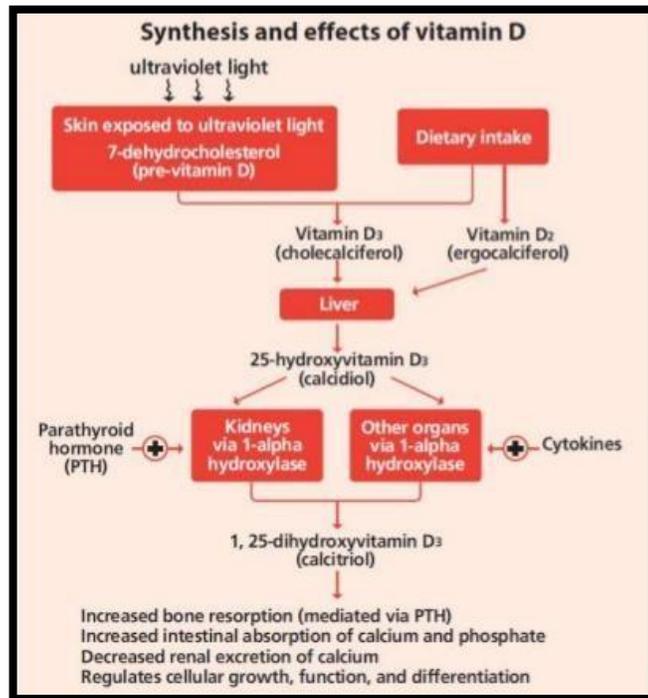
Mekanisme foto produksi vitamin D diawali dengan sintesis 7-dehidrokolesterol (pro-vitamin D3). Pada hewan vertebrata dan juga manusia, 7-dehidrokolesterol dibentuk dalam jumlah yang banyak pada kulit bagian epidermis dan dermis dan bergabung bersama membran plasma lipid bilayer. Saat kulit terpapar oleh sinar matahari, 7-dehidrokolesterol akan menyerap radiasi sinar UVB dengan panjang gelombang 290-315 nm yang kemudian memecah dan mengubah ikatan cincin kimia pada 7-dehidrokolesterol menjadi previtamin D3. Pre-vitamin D3 secara termodinamik bersifat tidak stabil yang menyebabkan isomerisasi menjadi vitamin D3 akibat induksi suhu (Wilson *et al.*, 2017).

Radiasi sinar UVB akan tetap diabsorpsi setelah pre-vitamin D3 dan vitamin D3 terbentuk yang menyebabkan hasil samping foto produksi lainnya. Setelah terpapar oleh radiasi sinar UVB dalam waktu lama, perubahan 7-

dehidrokolesterol akan mencapai keadaan optimal yaitu ketika 7-dehidrokolesterol yang berada di kulit diubah sebanyak 10-15%. Sehingga dapat disimpulkan walaupun terpapar oleh sinar matahari yang berlebih tidak akan menyebabkan intoksikasi vitamin D3 (Carswell *et al.*, 2018).

Vitamin D3 secara struktur tidak cocok berada di lapisan lemak pada membran plasma, yang kemudian dipindahkan ke ruang ekstraseluler dan kapiler kulit oleh vitamin D *Binding Protein* (DBP). Masuknya vitamin D3 bersama DBP ke sirkulasi tubuh akan meningkatkan kadar vitamin D3 dalam serum hingga 48 jam selanjutnya. Selanjutnya kadar vitamin D3 akan menurun dengan waktu paruh mulai 36 jam hingga 48 jam. Distribusi vitamin D3 yang bersifat larut dalam lemak ke jaringan adiposa akan memperpanjang waktu paruh menjadi hingga 2 bulan (Carlberg, 2019).

Metabolisme vitamin D3 terjadi di hepar yang merubah vitamin D3 menjadi 25(OH)D3 oleh enzim vitamin D-25 hidroksilase. Kadar 25(OH)D3 digunakan untuk pemeriksaan penilaian kadar vitamin D3 dalam tubuh. Waktu paruh 25(OH)D3 dalam serum yaitu 15 hari. Selanjutnya 25(OH)D3 akan diangkut ke ginjal dan mengalami hidroksilasi dengan bantuan CYP27B2 menjadi 24,25 (OH)₂D yang memiliki fungsi terbatas dan 1,25(OH)₂D₃ yang merupakan bentuk aktif vitamin D yang akan dihambat oleh kadar kalsium dan fosfat yang tinggi dan distimulasi oleh hormon paratiroid (Tuckey, Cheng and Slominski, 2019).



Gambar 6. Sintesis vitamin D.(Carlberg, 2019)

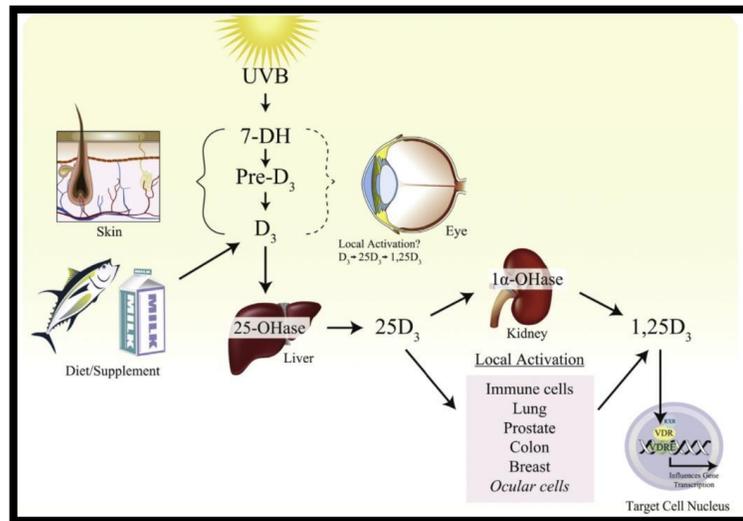
2.3.5. Defisiensi Vitamin D

Penyebab terjadinya defisiensi vitamin D dapat disebabkan oleh banyak faktor. Penurunan asupan melalui diet, sintesis, dan cadangannya, ibu menyusui, degradasi 25(OH)D₃ merupakan beberapa penyebab yang mempengaruhi kadar vitamin D dalam tubuh. Untuk mempermudah, faktor penyebab defisiensi vitamin D dapat dibedakan menjadi dua yaitu defisiensi terkait radiasi UVB dan defisiensi terkait kondisi medis/fisik. Defisiensi terkait UVB berhubungan dengan usia, pigmentasi kulit, pakaian, penggunaan tabir surya dan musim pada suatu daerah. Adapun defisiensi vitamin D yang berhubungan dengan kondisi medis yang tersering adalah Osteoporosis, Rakitis, kelemahan otot, keganasan, gangguan malabsorpsi lemak, penyakit ginjal kronik, gangguan hepar, obesitas, dan penggunaan obat-obat anti konvulsan (Holick, 2017).

2.4. Hubungan Vitamin D dengan Kejadian Miopia

Vitamin D merupakan salah satu komponen penting pada tubuh manusia. Secara umum sintesis vitamin D dimulai ketika *7-dehydrocholesterol* di kulit diubah menjadi provitamin D3 (*cholcalciferol*) oleh sinar ultra violet B (UVB) dengan panjang gelombang 290-320 nm. Molekul ini kemudian diubah menjadi bentuk nonaktif yang penting untuk diagnostik disebut *25-hydroxycholcalciferol* (25(OH)D3, atau *25-hydroxyvitamin D3*) yang dihidroksilasi di hati. Kadar vitamin D ditentukan dengan mengukur 25(OH)D3 serum. Konsentrasi serum minimum untuk 25(OH)D3 sebesar 30 ng/mL diperlukan untuk mendapatkan efek vitamin D yang menguntungkan (Reins and McDermott, 2015).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, paparan sinar matahari yang mengandung UVB yang akan mengawali sintesis vitamin D. Defisiensi vitamin D hanya akan terjadi ketika kulit kekurangan paparan sinar matahari dan kurangnya asupan sumber vitamin D dalam kondisi diet. Seiring berkembangnya zaman, tidak sedikit orang yang mengurangi paparan sinar matahari karena perubahan lingkungan dan takut akan kanker kulit. Penggunaan tabir surya, pakaian yang tertutup, dan bekerja di dalam ruangan akan menyebabkan menurunnya sintesis vitamin D dalam tubuh. Selain hal tersebut, didapatkan pula bahwa vitamin D dapat diproduksi secara lokal oleh jaringan khusus di tubuh. Pada organ mata, target sel vitamin D pertama kali diidentifikasi oleh kehadiran Vitamin D - *dependent calcium binding protein*, atau yang biasa disebut sebagai *calbindin*, yang ternyata bekerja aktif di sel retina manusia (Malik *et al.*, 2020).



Gambar 7. Produksi dan aktivasi vitamin D (Tang *et al.*, 2019).

Pada pewarnaan imunohistokimia berikutnya, didapatkan keberadaan *Vitamin D Receptor* (VDR) pada epitel kornea, lensa, badan siliar, lapisan *Retinal Pigment Epithelium*, dan endotel kornea. Oleh karena ekspresi vitamin D *hydroxylases* (CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1, dan CYP24A1) terdapat pada lapisan epitel dan endothelial kornea, sklera, epitel badan siliar, serta pada lapisan RPE retina maka hal ini dapat memberikan informasi bahwa sel okuler memiliki mesin sendiri untuk mengaktifkan dan mengatur sendiri metabolisme Vitamin D, yang tentunya tetap membutuhkan bantuan paparan sinar matahari. Setelah diselidiki ternyata memang kebanyakan sel tersebut didapatkan mampu mengkonversi 25D₃ menjadi 1.25D₃ yang merupakan bentuk aktif dari vitamin D. Hal yang sangat menarik pada penelitian ini adalah ternyata epitel di limbus kornea mampu memproduksi vitamin D yang sama seperti pada kulit berdasarkan uji kultur sel tersebut di bawah paparan sinar matahari (Yazar *et al.*, 2014).

Perkembangan miopia sangat multifaktorial yang merupakan kombinasi dari faktor genetik dan lingkungan. Hal ini berperan dalam peningkatan ukuran panjang aksial bola mata. Penelitian epidemiologi telah menunjukkan bahwa aktivitas di luar ruangan mampu memberikan

perlindungan terhadap perkembangan miopia. Oleh karena itu, status vitamin D dan variasi genetiknya sedang diselidiki dalam kaitannya dengan miopia (Guggenheim *et al.*, 2014).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan adanya hubungan antara kadar vitamin D dengan kejadian miopia pada anak. Namun, terdapat juga beberapa penelitian yang menjelaskan bahwa tidak terdapat hubungan antara kadar vitamin D dengan gangguan refraksi berupa miopia (Li *et al.*, 2022).

Beberapa mekanisme telah dikemukakan untuk berkembangnya miopia. Salah satu hipotesis adalah vitamin D mungkin memiliki peran dalam terjadinya miopia. Pada 1930-an dan 1940-an, beberapa peneliti telah menyelidiki hubungan miopia dengan vitamin D secara eksperimen dan klinis. Mutti dan kawan-kawan melakukan penelitian pada 22 subyek yang berumur antara 13-25 tahun, yang terdiri dari 14 subyek miopia dan 8 non miopia mendapatkan bahwa kadar vitamin D darah pada subyek miopia lebih rendah 3,4 ng/mL dari non miopia, atau kadar vitamin D darah miopia ($13,95 \pm 3.75$ ng/mL) dan non miopia (16.02 ± 5.11 ng/mL), serta tidak ada perbedaan dengan waktu yang dihabiskan di luar ruangan (miopia = $12,9 \pm 7,8$ jam, non miopia = $13,6 \pm 5,8$ jam) terhadap kadar vitamin D darah (Mutti and Marks, 2011).

Choi dan kawan-kawan melaporkan penelitian yang dilakukan oleh *Korea National Health and Nutritional Examination Surveys* (KNHANES) dari 2.038 remaja yang berusia 13 sampai 18 tahun. Dilakukan pemeriksaan konsentrasi serum 25(OH)D3 dan faktor risiko potensial lainnya. Pada penelitian ini didapatkan 80,1% memiliki miopia ringan ($-0,5$ Dioptri atau lebih) dan 8,9% diantaranya memiliki miopia tinggi (-6.0 D atau lebih). Umur, jumlah asupan kalsium, daerah tempat tinggal, penghasilan orang tua, dan merokok secara signifikan berbeda diantara kelompok-kelompok tersebut sesuai dengan sferikal ekuivalen (SE). Pada kelompok miopia tinggi,

konsentrasi serum 25(OH)D3 lebih rendah daripada kelompok non miopia (Kwon, Choi and La, 2016).

McCullough dan kawan-kawan pada tahun 2010 melakukan penelitian pada 4.700 orang yang terdiri dari 2.588 wanita dan 2.135 laki-laki, didapatkan kadar vitamin D darah laki-laki lebih tinggi daripada wanita karena pengaruh dari aktivitas diluar ruangan laki-laki lebih banyak daripada wanita serta komposisi lemak wanita lebih tebal daripada laki-laki. Dam dan kawan-kawan juga mendapatkan hasil yang sama dalam penelitian *cross sectional* yang dilakukan pada 538 orang Belanda yang terdiri dari 271 laki-laki dan 267 wanita bahwa kadar vitamin D darah laki-laki lebih tinggi daripada wanita (Cuellar-Partida *et al.*, 2017).

Penelitian Rose Mark dan kawan-kawan pada tahun 2016 melaporkan tingginya tingkat aktivitas di luar ruangan (kegiatan olahraga dan rekreasi) dikaitkan prevalensi miopia yang rendah. Mekanisme hubungan diantara keduanya belum dipahami dengan jelas. Namun dianggap bahwa intensitas cahaya yang lebih tinggi di luar ruangan menyebabkan pelepasan dopamin dari retina, dan dopamin dapat menghambat pertumbuhan atau pemanjangan sklera (Chakraborty *et al.*, 2018).

Dirani Zee dan kawan-kawan pada tahun 2013 melaporkan anak yang menghabiskan lebih banyak waktu di luar rumah dapat terlindungi terhadap perkembangan miopia pada anak-anak. Total kegiatan *outdoor* (jam/hari) yang dikaitkan dengan miopia, setelah disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin, etnis, jenis sekolah, buku yang dibaca setiap minggu, tingginya miopia orangtua, pendidikan orang tua dan kecerdasan intelektual (Raveendra Murthy and Raghu, 2021).

Berdasarkan beberapa penelitian di atas maka akan muncul pertanyaan tentang bagaimana sebenarnya pengaruh vitamin D terhadap kejadian miopia pada anak. Pada *The Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error Study* (CLEERE) menunjukkan bahwa hipertropi otot siliaris menyebabkan terjadinya gangguan kontraksi,

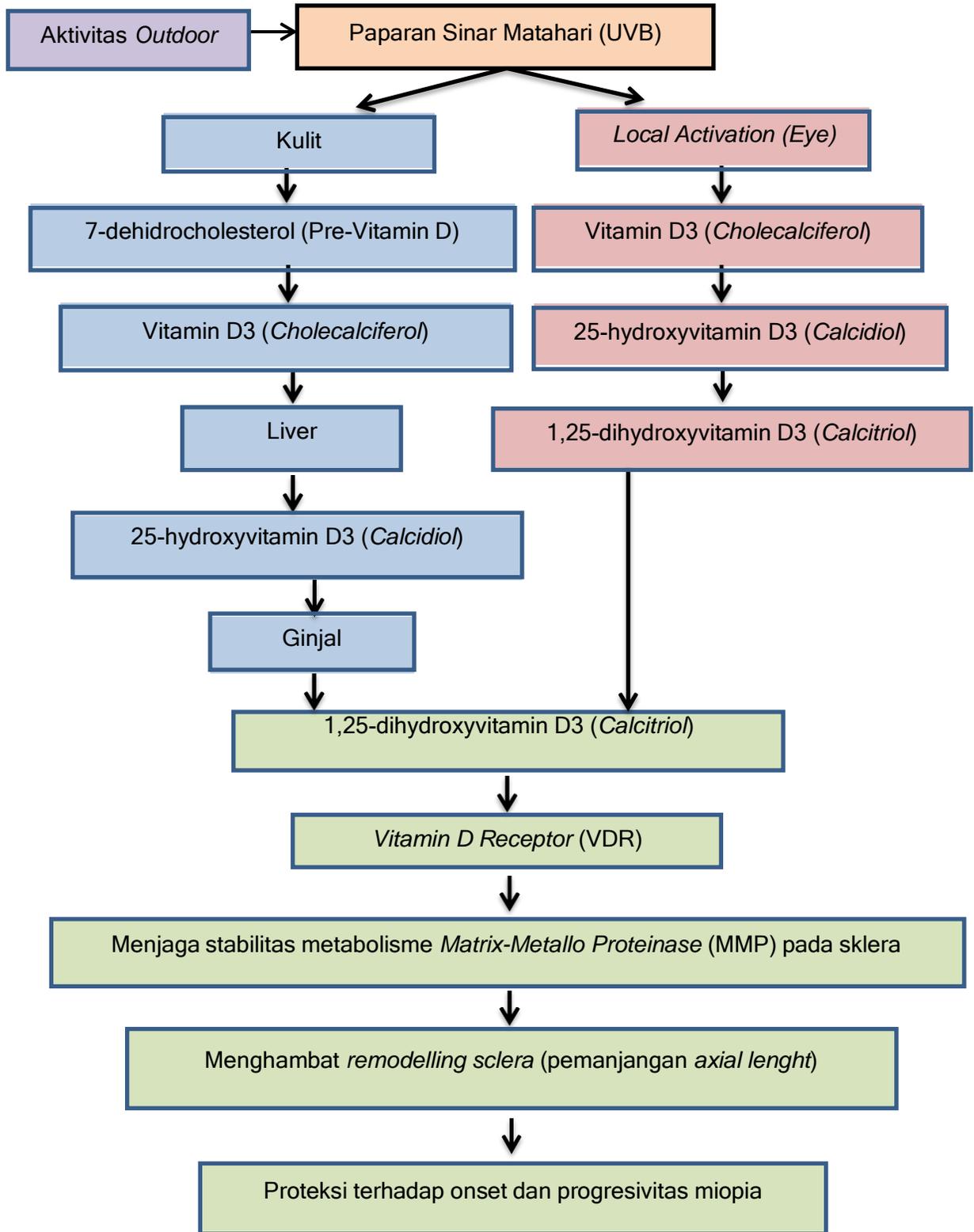
peregangan lensa menjadi terhambat sehingga tidak dapat mengkompensasi pemanjangan bola mata dan terjadi miopia. Jika hipertrofi otot membantu cincin siliaris menjadi lebih lentur sehingga dapat mempertahankan peregangan lensa selama pertumbuhan dan mencegah atau menunda timbulnya miopia. Peningkatan kadar vitamin D memiliki efek yang menguntungkan pada otot siliaris mata, namun vitamin D tidak akan mempengaruhi pertumbuhan mata secara langsung (Mrugacz *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa variasi pada VDR merupakan faktor risiko yang potensial terhadap perkembangan miopia. Gen VDR berlokasi di dekat lokus yang berhubungan dengan miopia (MYP-3). Sebagai tambahan, adanya deregulasi homeostasis dari kalsium akan berimplikasi terhadap disfungsi otot siliar sehingga akan menyebabkan berbagai mekanikal *stress* dan gangguan proses emetropisasi. Oleh karena itu, selain sebagai efek perlindungan terhadap progresivitas miopia oleh pengaruh durasi lama terpapar matahari, vitamin D juga ternyata mampu meregulasi level kalsium pada otot siliar yang berperan terhadap proses akomodasi (Tideman *et al.*, 2016).

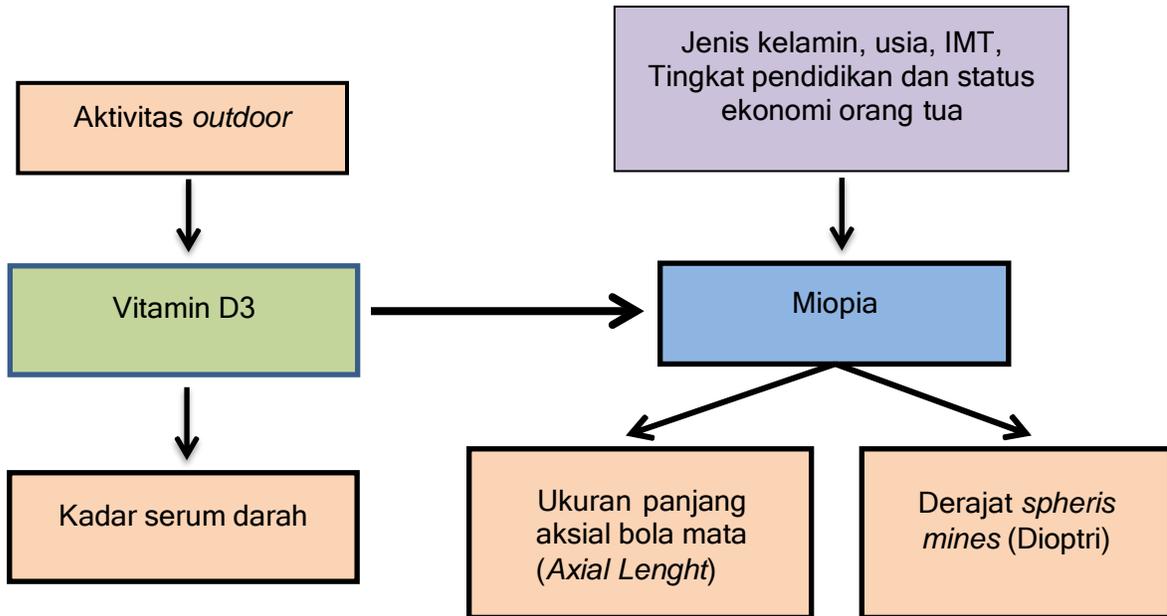
Setelah teori di atas, terdapat pula teori yang mengemukakan mengenai hubungan vitamin D dengan timbulnya miopia akibat bertambahnya ukuran panjang sumbu bola mata. Teori ini dikaitkan dengan *matrix metalloproteinase* (MMP) yang terdapat pada sklera. *Matriks Metalloproteinase* ini tergolong sebagai endopeptidase atau disebut juga sebagai endoproteinase. Enzim ini terdiri dari kolagen, gelatin, dan *stromelysin* yang merupakan komponen utama untuk mengatur keseimbangan metabolisme pertumbuhan normal sklera. Kerja enzim ini bergantung pada keberadaan kalsium dalam jumlah normal dan vitamin D merupakan unsur yang penting terhadap homeostasis kalsium terutama pada periode pertumbuhan yaitu anak-anak dan pubertas. Oleh karena itu, vitamin

D yang cukup dapat membantu proses metabolisme yang seimbang pada sklera. Jika kadar vitamin D kurang dalam tubuh, maka terjadi ketidakseimbangan metabolisme dari kolagen yaitu terjadi peningkatan kolagen degradasi yang berujung pada kolagen *disturbance* sehingga berdampak pada *remodeling* sklera (Yue *et al.*, 2020).

2.5. Kerangka Teori



2.5. Kerangka Konsep



Keterangan variabel :

