

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Katarak pediatrik merupakan penyebab utama kebutaan pada anak-anak di Indonesia (Sheeladevi *et al.*, 2016; Eriskan, 2021). Di Indonesia, prevalensi katarak pediatrik masih cukup tinggi, dan penyakit ini tidak hanya mempengaruhi fungsi visual tetapi juga berdampak pada perkembangan sosial dan pendidikan anak. Anak dengan gangguan penglihatan akibat katarak sering kali mengalami keterbatasan dalam kegiatan belajar serta interaksi sosial, yang pada gilirannya mempengaruhi kualitas hidup mereka secara keseluruhan (Gangrade, Kavitha and Heralgi, 2022; Oshika *et al.*, 2023). Shrestha *et al.* (2019) menunjukkan bahwa anak-anak dengan hasil visual yang baik pasca ekstraksi katarak dan implantasi IOL lebih aktif secara sosial dan akademik (Shrestha *et al.*, 2022). Oleh karena itu, menurut Kaur *et al.* (2021) pemantauan jangka panjang untuk menilai dampak intervensi tersebut terhadap kualitas hidup penting untuk dilakukan. Operasi katarak pediatrik dapat memberikan hasil tajam penglihatan yang baik pada sebagian besar pasien, namun keberhasilan sangat dipengaruhi oleh usia saat intervensi dan program rehabilitasi visual pascaoperasi (Ting *et al.*, 2020). Rehabilitasi medis pada pasien katarak pediatrik pasca operasi katarak meliputi implantasi IOL, koreksi kacamata afakia, lensa kontak afakia, dan terapi visual untuk mengoptimalkan fungsi penglihatan serta mencegah komplikasi seperti *ambliopia*. Implantasi IOL monofokal atau multifokal dapat dilakukan pada pasien yang telah berusia di atas 6 bulan dengan diameter kornea lebih dari 10 mm (Agarwal and Ram, 2015; Prost, 2019).

Tren penggunaan IOL di dunia terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. IOL monofokal, yang dirancang untuk fokus pada satu jarak tertentu, tetap menjadi pilihan utama untuk anak-anak karena stabilitasnya dan risiko komplikasi yang lebih rendah dibandingkan jenis lainnya. Namun, IOL monofokal hanya mampu mengoreksi penglihatan untuk jarak jauh, sedangkan anak-anak memerlukan penglihatan jarak dekat dan menengah guna mendukung proses tumbuh kembang secara optimal. Kebutuhan ini umumnya dipenuhi melalui penggunaan kacamata, meskipun memerlukan waktu dan usaha dalam proses adaptasi. Di sisi lain, IOL multifokal, yang memungkinkan fokus pada berbagai jarak, semakin banyak diminati karena potensinya dalam mengurangi ketergantungan pada kacamata pascaoperasi. Namun, penggunaannya pada anak-anak masih menjadi topik kontroversial, terutama terkait risiko halo visual, kualitas penglihatan pada cahaya rendah, dan adaptasi visual pada usia muda (Prost, 2019; Buzzonetti *et al.*, 2024).

Di Indonesia, penelitian mengenai implantasi IOL monofokal pada pasien katarak pediatrik, terdapat beberapa keterbatasan yaitu jumlah studi yang masih kurang mengenai hasil jangka panjang dari IOL monofokal pada anak-anak. Sebagian besar penelitian yang dilakukan hanya mencakup evaluasi visual jangka pendek. Penelitian jangka panjang (≥ 5 tahun) masih sangat terbatas. Penelitian lokal mengenai penggunaan IOL monofokal di Makassar, terutama dalam hal efek jangka panjang terhadap fungsi visual dan kualitas hidup, sangat terbatas. Minimnya data lokal ini

menyebabkan kurangnya bukti untuk penanganan optimal pada pasien dengan katarak pediatrik. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hasil visual pasca operasi katarak pada anak dapat bervariasi tergantung pada usia saat operasi dilakukan, jenis lensa yang digunakan, dan faktor lain seperti kondisi penyerta pada mata (Prost, 2019; Oshika *et al.*, 2023; Buzzonetti *et al.*, 2024). Akan tetapi saat ini belum ada studi yang secara spesifik mengevaluasi dampak jangka panjang dari penggunaan IOL monofokal pada anak-anak di wilayah ini. Belum ada penelitian yang secara komprehensif menilai fungsi visual dan kualitas hidup pasien pediatrik 5 tahun setelah implantasi IOL monofokal di Indonesia. Fungsi visual termasuk penglihatan jarak dekat, stereopsis, dan sensitivitas kontras sering kali diabaikan, padahal hal ini penting untuk perkembangan kognitif dan sosial anak. Analisis dampak sosial dan kualitas hidup juga masih minim, banyak penelitian lebih berfokus pada hasil klinis, namun belum mengeksplorasi mengenai pemulihan penglihatan memengaruhi kemampuan sosial dan pendidikan anak dalam jangka panjang sehingga studi yang mendalam tentang dampak jangka panjang pada kualitas hidup sangat diperlukan.

Penelitian ini akan mengevaluasi hasil jangka panjang dari implantasi IOL monofokal pada anak-anak dengan katarak di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin (RSP Unhas), Makassar. Dengan data yang lebih lengkap, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan pedoman klinis dan meningkatkan kualitas perawatan kesehatan mata anak di Indonesia.

1.2 Rumusan masalah

Dalam penelitian ini, kami akan mengkaji beberapa aspek penting terkait hasil jangka panjang setelah implantasi lensa intraokular (IOL) monofokal pada anak-anak dengan katarak pediatrik. Rumusan masalah yang akan dijadikan fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *best-corrected visual acuity* (BCVA), *best near visual acuity* (BNVA), fungsi stereopsis, dan sensitivitas kontras setelah 5 tahun implantasi IOL monofokal pada pasien pasca operasi katarak pediatrik?
2. Bagaimana kualitas hidup pasien pasca operasi katarak pediatrik setelah 5 tahun dilakukan implantasi IOL monofokal?

1.3 Tujuan penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Untuk mengetahui hasil BCVA, BNVA, fungsi stereopsis, dan sensitivitas kontras dan kualitas hidup katarak pediatrik 5 tahun setelah implantasi IOL monofokal.

1.3.2 Tujuan khusus

1. Untuk menilai BCVA dan BNVA pada pasien pasca operasi katarak pediatrik dan implantasi IOL monofokal.
2. Untuk menilai fungsi stereopsis pada pasien pasca operasi katarak pediatrik dan implantasi IOL monofokal.
3. Untuk menilai sensitivitas kontras pada pasien pasca operasi katarak pediatrik dan implantasi IOL monofokal.

4. Untuk menilai kualitas hidup pada pasien pasca operasi katarak pediatrik dan implantasi IOL monofokal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Teoritis:

Penelitian ini dapat memperkaya literatur ilmiah terkait hasil jangka panjang implantasi IOL monofokal pada pasien pediatrik dengan katarak, khususnya dalam konteks populasi Indonesia. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan pedoman klinis untuk manajemen katarak pediatrik di masa mendatang.

1.4.2 Manfaat Praktis:

Penelitian ini memberikan informasi penting mengenai hasil visual dan kualitas hidup pasien pasca-implantasi IOL monofokal, yang dapat digunakan oleh klinisi untuk merancang strategi intervensi dan rehabilitasi yang lebih efektif dan tepat sasaran. Hasil penelitian juga dapat membantu meningkatkan standar perawatan oftalmologi pediatrik di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin dan wilayah sekitarnya.

1.4.3 Manfaat Sosial:

Dengan memahami dampak jangka panjang dari implantasi IOL monofokal terhadap kualitas hidup pasien, penelitian ini dapat memberikan wawasan kepada keluarga dan masyarakat mengenai pentingnya deteksi dini dan penanganan katarak pada anak-anak, serta manfaat rehabilitasi visual yang optimal dalam mendukung perkembangan anak secara keseluruhan.

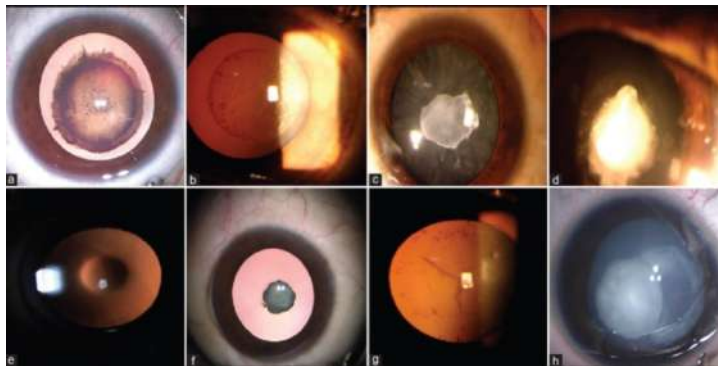
1.5 Tinjauan Umum

1.5.1 Diagnosis dan manajemen katarak pediatrik

Katarak pediatrik adalah katarak yang terjadi pada anak di bawah usia 18 tahun (Parija, Mahajan and Kar, 2024). Prevalensi katarak anak bervariasi secara global, dengan prevalensi rata-rata 1,03 per 10.000 anak untuk katarak developmental dan 1,71 per 10.000 untuk katarak kongenital (Sheeladevi *et al.*, 2016). Di Asia, prevalensi katarak pediatrik dilaporkan sebesar 3,78 per 10.000 individu, dengan angka di Indonesia mencapai 0,60 per 10.000 anak (Sheeladevi *et al.*, 2016). Studi di *Cicendo Eye Hospital* mencatat 72,77% kasus katarak pediatrik bersifat bilateral dan sering dikaitkan dengan kondisi sistemik seperti sindrom rubella kongenital (20,98%) (Eriskan, 2021; Sudaryo, 2022). Katarak pediatrik tidak hanya memengaruhi penglihatan, tetapi juga kualitas hidup anak secara keseluruhan. Deteksi dini dan penanganan katarak pediatrik sangat penting untuk memastikan anak memiliki penglihatan yang optimal dan perkembangan yang terbaik (Vanderveen and Nihalani, 2021; Oshika *et al.*, 2023).

Katarak pediatrik memiliki etiologi yang beragam yang melibatkan faktor genetik, infeksi, dan idiopatik. Pada anak yang lebih dewasa, penyebab katarak dapat disebabkan oleh trauma dan induksi obat seperti pada penggunaan steroid dan atau *anti epileptic* yang lama (Demirkılınc Biler *et al.*, 2018).

Tanda dan gejala katarak pediatrik dapat berupa leukokoria, strabismus, dan penurunan tajam penglihatan. Diagnosis saat ini meliputi anamnesis dan pemeriksaan ketajaman penglihatan, dan pemeriksaan dengan *slit-lamp*. Pemeriksaan funduskopi untuk mengevaluasi segmen posterior mata. Selain itu, pencitraan seperti ultrasound dan tomografi koherensi optik dapat memberikan visualisasi detail mengenai lensa dan struktur disekitarnya (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Kaur, Keshari and Sukhija, 2022).



Gambar 1. Variasi morfologi katarak pediatrik pada pemeriksaan *slit-lamp*.
Diadaptasi dari Gangrade et al., 2022

Diagnosis dini katarak pada anak sangat penting untuk mencegah ambliopia, yaitu gangguan penglihatan permanen akibat kurangnya rangsangan visual selama periode kritis perkembangan (Self *et al.*, 2020; Katre and Selukar, 2022). Pada masa ini, neuroplastisitas otak bekerja optimal membentuk jalur penglihatan yang sehat, tetapi jika katarak tidak segera ditangani, proses ini akan terganggu (Sabel, Flammer and Merabet, 2018; Silva *et al.*, 2018). Manajemen katarak pediatrik mencakup intervensi bedah dan rehabilitasi visual pasca operasi (Self *et al.*, 2020). Operasi katarak pada anak merupakan prosedur kompleks yang memerlukan pendekatan khusus karena perbedaan anatomis dan fisiologis mata anak. Ukuran bola mata yang lebih kecil, panjang aksial yang pendek, serta bilik anterior yang dangkal membuat ruang kerja terbatas dan meningkatkan risiko komplikasi (Wilson and Trivedi, 2014).

Setiap tahap prosedur memerlukan ketelitian tinggi, mulai dari membuat sayatan presisi, membuka kapsul lensa (*capsulorhexis*), mengekstraksi lensa yang keruh, hingga implantasi IOL. Primary Posterior Capsulorhexis (PPC) dan Anterior Vitrectomy (VA) hampir selalu dilakukan dalam operasi katarak pediatrik untuk mencegah opasifikasi kapsul posterior (PCO), yang merupakan komplikasi umum akibat sifat elastis kapsul lensa anak (Oshika and Kiuchi, 2023). Teknologi modern seperti *femtosecond laser-assisted cataract surgery* (FLACS) semakin mempermudah proses *capsulorhexis* dengan hasil yang lebih akurat dan stabil, yang sangat penting mengingat tantangan pada kapsul lensa anak yang elastis (1). Tantangan setelah operasi adalah memastikan kejernihan sumbu visual jangka panjang untuk mendukung perkembangan penglihatan optimal. Pemantauan berkala

sangat penting untuk mendeteksi komplikasi seperti glaukoma dan memastikan hasil visual tetap optimal. Penelitian oleh Mawaddah Sabr *et al* (2024) menunjukkan bahwa *axial length* (AL) > 23,4 mm, miopia yang sudah ada sebelumnya, dan glaukoma pasca operasi dapat menjadi faktor risiko untuk *retinal detachment* (RD) setelah operasi katarak pediatrik. AL yang lebih besar dikaitkan dengan peningkatan peluang terjadinya ablasio secara statistik (Sabr *et al.*, 2024). Oleh karena itu, operasi katarak pada anak sebaiknya dilakukan oleh dokter bedah mata berpengalaman di bidang oftalmologi pediatrik agar risiko dapat diminimalkan dan penglihatan anak dapat berkembang secara maksimal (Gangrade, Kavitha and Heralgi, 2022; Oshika *et al.*, 2023).

Perkembangan penanganan katarak pediatrik dari afakia menuju implantasi IOL mencerminkan kemajuan signifikan dalam teknik bedah dan pemahaman tentang pertumbuhan mata anak. Awalnya, afakia atau ketiadaan lensa setelah operasi katarak dikoreksi menggunakan kacamata afakia atau lensa kontak. Namun, metode ini sering menghadapi kendala seperti keterbatasan hasil visual dan rendahnya kepatuhan dalam penggunaan (1). Kehadiran IOL menjadi solusi lebih permanen dengan mengatasi kelemahan dari perangkat optik eksternal tersebut. Meski demikian, implantasi IOL pada anak, terutama bayi, merupakan keputusan kompleks karena pertumbuhan mata yang masih dinamis dan risiko komplikasi seperti *visual axis opacification* (VAO), glaukoma, dan perubahan refraksi yang tidak terduga (*refractive surprise*). Penelitian menunjukkan bahwa implantasi IOL primer dapat meningkatkan ketajaman penglihatan dan mengurangi insidensi strabismus dibandingkan dengan metode koreksi afakia lainnya, meskipun risiko VAO lebih sering terjadi pada anak yang dioperasi sebelum usia tujuh bulan (Self *et al.*, 2020; Katre and Selukar, 2022; Menezes Filho *et al.*, 2024).

Selain itu, teknik fiksasi IOL seperti *flanged intrascleral fixation* (Yamane *technique*) telah diadaptasi untuk kasus pediatrik, memungkinkan fiksasi lensa yang stabil tanpa jahitan, khususnya ketika dukungan kapsular tidak tersedia. Sementara itu, implantasi IOL sekunder menjadi alternatif yang tepat untuk dilakukan pada tahap berikutnya ketika pertumbuhan mata lebih stabil dan dapat diprediksi (Sudaryo, 2022; Buzzonetti *et al.*, 2024). Tantangan terbesar terletak pada pemilihan kekuatan IOL yang harus memperhitungkan pertumbuhan bola mata dan potensi terjadinya *myopic shift* di masa depan. Dengan teknik yang semakin berkembang dan pemantauan yang cermat, implantasi IOL telah menjadi pilihan utama dalam manajemen katarak pediatrik, meskipun memerlukan pertimbangan mendalam terkait waktu pelaksanaan, metode bedah, dan potensi komplikasi agar hasil visual yang optimal dapat tercapai (12).

1.5.2 Pertimbangan khusus dalam manajemen katarak pediatrik

Penanganan katarak pediatrik memiliki tantangan tersendiri akibat karakteristik anatomi dan perkembangan mata anak yang berbeda dibandingkan orang dewasa. (Parija, Mahajan and Kar, 2024). Salah satu kendala utama adalah sklera lebih elastis, kornea yang lebih tebal pada anak, lensa yang sangat lunak yang membuat prosedur pembedahan menjadi lebih rumit (Agarwal and Ram, 2015). Dengan

demikian, teknik pembedahan katarak pada populasi pediatrik juga harus disesuaikan dengan kebutuhan mata anak.

Kondisi ini berpotensi meningkatkan inflamasi pasca operasi dan risiko terjadinya VAO, yang insidensinya dapat diminimalkan melalui tindakan *primary posterior capsulotomy* (PPC) yang disertai dengan *anterior vitrectomy* (VA). sehingga proses pemulihan visual pada populasi pasien pediatrik yang telah menjalani operasi katarak memiliki tantangan tersendiri (Khaja *et al.*, 2011). Sejalan dengan tantangan ini, penelitian mengenai luaran jangka panjang pasca operasi katarak pediatrik terus berkembang, dengan fokus utama pada komplikasi yang mungkin terjadi serta hasil tajam penglihatan yang dicapai. Studi terbaru oleh Repka *et al.* (2022) menilai *visual acuity* dan komplikasi oftalmologis pada anak-anak yang menjalani operasi katarak sebelum usia 13 tahun (Repka *et al.*, 2022). Studi ini memberikan wawasan penting terkait insidens komplikasi dalam lima tahun pasca operasi, berdasarkan jenis IOL yang digunakan atau kondisi afakia pasien. Temuan komplikasi intraokular terbanyak pada pasien pseudofakia bilateral adalah glaukoma yaitu sebesar 7%, dan lebih besar lagi pada pasien afakia unilateral yaitu mencapai 25%. Selain itu, *iris-posterior synechiae* dan inflamasi intraokular persisten juga ditemukan dengan frekuensi yang bervariasi antar kelompok. Komplikasi ekstraokular berupa amblyopia dan strabismus paling sering ditemukan pasca operasi, dengan angka kejadian masing-masing mencapai 48-69% dan 69-86% pada berbagai kelompok pasien (Repka *et al.*, 2022).

Penentuan waktu operasi juga menjadi faktor krusial dalam manajemen katarak pediatrik. Meskipun intervensi dini sangat penting untuk mencegah ambliopia berat, waktu ideal untuk tindakan operasi masih menjadi perdebatan (Hailaiti *et al.*, 2025).

Implantasi IOL telah menjadi solusi efektif dalam koreksi afakia pascaoperasi katarak, memberikan hasil visual lebih permanen dibandingkan penggunaan lensa kontak atau kacamata afakia. Namun, pada pasien pediatrik, implantasi IO terutama pada bayi memerlukan pertimbangan khusus. Pemilihan lensa intraokular yang tepat sangat penting untuk menghindari komplikasi post operasi. Perhitungan kekuatan IOL dilakukan berdasarkan panjang aksial mata dan kekuatan refraktif kornea. Kekuatan IOL harus diperhitungkan dengan cermat untuk mengakomodasi pertumbuhan okular anak yang sedang berlangsung, yang sering kali memerlukan intervensi bedah tambahan atau penggunaan jahitan yang dapat disesuaikan. Selain itu, bahan dan desain IOL harus dipilih dengan sangat hati-hati untuk meminimalkan risiko komplikasi, seperti inflamasi, silau, atau distorsi penglihatan.

Diameter kornea memiliki peran penting dalam implantasi lensa intraokular pada pasien pediatrik karena berkaitan erat dengan pertimbangan anatomis yang diperlukan untuk keberhasilan pembedahan. Penelitian menunjukkan bahwa diameter kornea, bersama dengan panjang aksial bola mata, merupakan faktor kritis dalam menentukan ukuran dan penempatan IOL yang sesuai pada anak. Penelitian yang sudah ada menemukan bahwa pasien pediatrik yang lebih tua dengan diameter kornea yang lebih besar dan panjang aksial yang lebih panjang cenderung lebih mungkin menerima implantasi IOL di dalam kapsular bag (*in-the-bag*), sedangkan pada pasien yang lebih muda dengan diameter kornea yang lebih kecil seringkali

memerlukan penempatan alternatif atau bahkan tetap dalam kondisi afakia. (Lekskul, Chuephanich and Charoenkijajorn, 2018; Valeina *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023).

Diameter kornea rata-rata pada anak dilaporkan sekitar 11,4 mm, dengan korelasi positif antara diameter kornea dan lensa, sehingga pengukuran kornea dapat membantu dalam pemilihan ukuran IOL yang tepat. Pada kasus mikrokornea, di mana diameter kornea kurang dari 9 mm, manajemen pembedahan menjadi lebih kompleks dan risiko komplikasi meningkat, sehingga pemilihan ukuran dan penempatan IOL harus dipertimbangkan dengan sangat hati-hati (Eriskan, 2021; Malek *et al.*, 2022).

Lensa kristalin pada anak mengalami pertumbuhan yang cepat dalam dua tahun pertama kehidupan, di mana ukuran kapsular bag biasanya sekitar 1 mm lebih besar dari diameter lensa pada setiap tahapan usia. Hal ini sangat penting dalam menentukan ukuran IOL. Penggunaan IOL berukuran dewasa pada mata anak dapat menyebabkan komplikasi seperti desentrasi dan *tilt* akibat ukuran kapsular bag yang lebih kecil. Oleh karena itu, direkomendasikan agar IOL untuk anak di bawah usia dua tahun memiliki ukuran yang lebih kecil, sekitar 10,0 mm, sementara ukuran standar dapat digunakan untuk anak yang lebih besar, kecuali jika mata memiliki ukuran yang tidak normal atau sangat kecil (Katre and Selukar, 2022; Chan *et al.*, 2023).

Selain ukuran IOL, pemilihan kekuatan lensa juga harus mempertimbangkan kemungkinan terjadinya *myopic shift* dan perubahan refraksi lainnya seiring dengan pertumbuhan mata anak. Proses emetropisasi yang berlangsung pada mata anak merupakan pertimbangan penting untuk pasien tetap dapat mencapai emmetropia saat dewasa mengingat tujuan utama dalam penanganan katarak pediatrik adalah mencapai hasil visual optimal di masa kanak-kanak dan kesalahan refraksi yang dapat dikontrol hingga dewasa (Menezes Filho *et al.*, 2024). Dengan kata lain, pemilihan kekuatan IOL harus mempertimbangkan perubahan panjang aksial dan pembacaan keratometri yang sesuai. Kesalahan pengukuran panjang aksial sebesar 1 mm dapat berdampak signifikan pada perhitungan daya IOL, yang dapat mengakibatkan kesalahan refraktif yang substansial setelah operasi. Pada pasien anak, kesalahan semacam itu dapat menghasilkan deviasi sebesar 4 hingga 14 dioptri (D) dalam daya IOL, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kesalahan 3 hingga 4 D yang diamati pada orang dewasa. (Liu *et al.*, 2023).

Tabel 1. Panjang aksial bola mata pada anak hingga usia 18 tahun

Usia (tahun)	N	Mean $\pm$ SD (mm)	95% CI (mm)	Range (mm)
<1	19	19.87 $\pm$ 1.94	19.09–20.65	14.19–26.02
1–2	10	21.56 $\pm$ 1.18	21.03–22.09	18.09–22.56
2–3	10	21.87 $\pm$ 1.42	21.20–22.54	19.09–25.86
3–4	12	21.76 $\pm$ 1.27	21.15–22.37	19.06–25.49
4–5	16	21.76 $\pm$ 1.45	21.16–22.36	19.42–25.50
5–6	16	21.88 $\pm$ 1.41	21.29–22.47	19.49–25.69

6–7	16	22.15 ± 1.48	21.52–22.78	19.89–26.24
7–8	12	22.16 ± 1.45	21.50–22.82	20.15–26.77
8–9	15	22.39 ± 1.59	21.76–23.02	20.27–25.97
9–10	16	22.54 ± 1.55	21.88–23.20	20.27–25.99
-11	15	22.71 ± 1.56	22.03–23.39	20.37–25.98
11–12	15	22.88 ± 1.44	22.17–23.59	20.38–25.90
12–14	28	23.31 ± 1.66	22.67–23.95	20.77–28.29
14–18	110	23.52 ± 1.48	23.26–23.78	20.73–29.00

Sumber: Wilson ME, Trivedi RH. *Pediatric Cataract Surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2014. 422 p.

Selanjutnya, pemilihan kekuatan IOL pada anak selain melibatkan faktor usia, juga melibatkan faktor biometrik mata, dan keberadaan ambliopia. Berbagai formula, seperti Barrett II dan Hoffer Q, terbukti memberikan prediksi kekuatan IOL yang lebih akurat, terutama pada anak usia muda (Liu *et al.*, 2023; Goyal *et al.*, 2024). Di negara berkembang, implantasi IOL primer lebih umum dilakukan bahkan pada bayi, dengan preferensi lensa yang menghasilkan sisa *hipermetropia* untuk mengantisipasi pergeseran miopia di masa depan (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Valeina *et al.*, 2020). Teknik seperti *IOL optic capture* juga sering digunakan untuk mencegah *posterior capsule opacification* (PCO), yang merupakan komplikasi umum dalam pembedahan katarak pediatrik (Khaja *et al.*, 2011; Oshika *et al.*, 2023). Secara keseluruhan, tatalaksana katarak pediatrik melibatkan pendekatan multidisiplin, termasuk diagnosis tepat waktu, intervensi bedah dengan pertimbangan implantasi IOL, serta dukungan berkelanjutan untuk rehabilitasi visual dan kebutuhan pendidikan anak (Mohammadpour *et al.*, 2019). Implantasi IOL dapat memberikan beberapa manfaat, termasuk hasil visual yang lebih baik, mengurangi ketergantungan pada kacamata korektif, dan meningkatkan ketepatan terhadap koreksi refraksi, namun masih terdapat beberapa tantangan dan pertimbangan dalam penggunaan IOL pada penatalaksanaan katarak pediatrik (Vanderveen and Nihalani, 2021; Hailaiti *et al.*, 2025).

Penggunaan IOL monofokal tetap menjadi pilihan utama dalam manajemen katarak pediatrik, terutama di negara berkembang, karena ketersediaannya yang luas, biaya yang lebih terjangkau, dan kemampuannya memberikan penglihatan jarak jauh yang stabil (Agarwal and Ram, 2015; Mohammadpour *et al.*, 2019). Meskipun IOL monofokal memiliki keterbatasan dalam mendukung penglihatan dekat, kebutuhan akan solusi ini dipenuhi dengan penggunaan kacamata tambahan untuk aktivitas seperti membaca (Prost, 2019). Stabilitas refraksi jangka panjang dan rendahnya risiko komplikasi membuat IOL monofokal lebih diandalkan dibandingkan IOL multifokal atau torik pada sebagian besar pasien anak (Akkuş and Petriçli, 2018; Sahay, Goel and Maharana, 2019).

Sebaliknya, IOL multifokal menawarkan penglihatan pada berbagai jarak, termasuk jarak dekat, namun penggunaannya pada anak masih kontroversial. Faktor-faktor seperti pengelolaan ambliopia yang lebih sulit dan penurunan kontras

visual membatasi efektivitas IOL multifokal dalam populasi pediatrik (Akkuş and Petriqli, 2018; Prost, 2019). IOL torik dapat mengoreksi astigmatisme yang signifikan, tetapi penerapannya sering kali terbatas oleh biaya yang lebih tinggi dan pertimbangan stabilitas rotasi pada anak (Agarwal and Ram, 2015). Pada pasien anak, tantangan terbesar dalam penggunaan IOL monofokal adalah adanya *myopic shift* yang terjadi akibat pertumbuhan panjang aksial bola mata seiring bertambahnya usia (Valeina *et al.*, 2020; Menezes Filho *et al.*, 2024). Kondisi ini menuntut perencanaan matang dalam pemilihan kekuatan IOL agar dapat mengakomodasi perubahan refraksi di masa depan. Selain itu, meskipun koreksi penglihatan jarak jauh efektif, kebutuhan kacamata untuk jarak dekat dapat memengaruhi kualitas hidup anak, terutama dalam aktivitas sehari-hari yang melibatkan penglihatan dekat. Beberapa penelitian melaporkan bahwa *myopic shift* rata-rata setelah operasi katarak pada anak bervariasi menurut usia, dengan perubahan yang lebih besar pada kelompok usia yang lebih muda dibandingkan remaja (Valeina *et al.*, 2020). Variabilitas ini menegaskan tantangan dalam mencapai hasil refraksi yang akurat dengan IOL monofokal, dimana kekuatan lensa perlu diatur lebih rendah (*undercorrected*) sesuai usia anak untuk mengakomodasi pertumbuhan mata di masa depan (Lekskul, Chuephanich and Charoenkijajorn, 2018). Pemilihan kekuatan IOL semakin kompleks karena harus mempertimbangkan pengelolaan ambliopia dan komorbiditas okular lainnya yang dapat memengaruhi hasil visual (Hailaiti *et al.*, 2025).

Selain itu, risiko perubahan refraksi yang abnormal, terutama pada anak dengan predisposisi miopia atau hipermetropia, menjadi faktor penting dalam pemilihan IOL (Valeina *et al.*, 2020; Menezes Filho *et al.*, 2024). Hal ini mendorong perlunya penerapan koefisien koreksi yang disesuaikan secara individual pada perhitungan kekuatan IOL (Lekskul, Chuephanich and Charoenkijajorn, 2018). Di tengah tantangan ini, formula Barrett II universal menunjukkan hasil yang menjanjikan, dengan tingkat kesalahan prediksi yang stabil di berbagai parameter biometrik, sehingga menjadi salah satu metode yang andal untuk perhitungan IOL pada anak (Liu *et al.*, 2023; Goyal *et al.*, 2024). Dengan mempertimbangkan kelebihan dan tantangan tersebut, IOL monofokal menjadi fokus utama dalam manajemen katarak pediatrik karena efektivitasnya dalam memberikan penglihatan jarak jauh yang stabil dan risiko komplikasi yang lebih rendah (Agarwal and Ram, 2015; Sahay, Goel and Maharana, 2019). Pembahasan selanjutnya akan mengevaluasi lebih dalam mengenai keunggulan, hambatan, serta strategi pengelolaan risiko terkait penggunaan IOL monofokal untuk memastikan hasil visual optimal pada pasien anak.

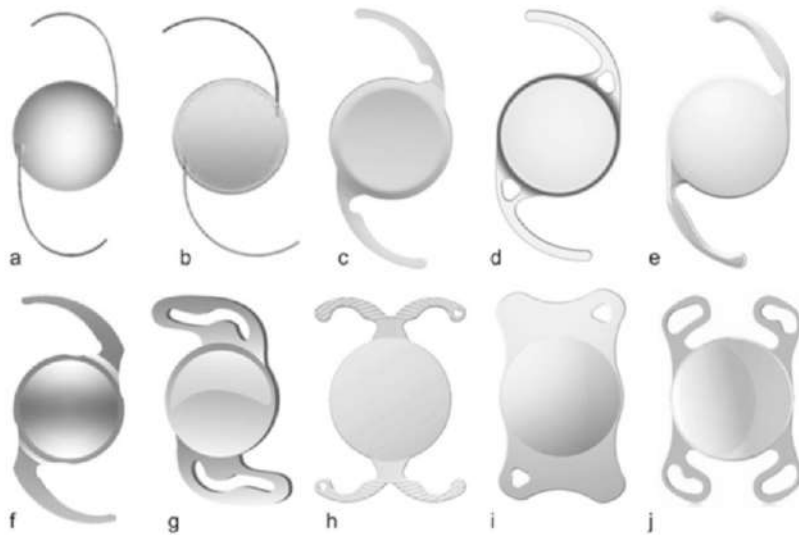
1.5.3 Lensa intraokular monofokal

Lensa intraokular monofokal lebih unggul dalam memberikan ketajaman penglihatan jarak jauh yang optimal. Studi menunjukkan bahwa sebagian besar anak dengan IOL monofokal dapat mencapai ketajaman visual 20/40 atau lebih baik pascaoperasi (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Repka *et al.*, 2022). Hal ini menjadikannya pilihan

utama di kalangan dokter mata anak dibandingkan dengan IOL multifokal yang lebih jarang digunakan (Agarwal and Ram, 2015; Prost, 2019).

Lensa ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan anatomis mata anak, seperti ukuran kantung kapsular yang lebih kecil dan risiko inflamasi pascaoperasi yang lebih tinggi (Wilson and Trivedi, 2014; Mohammadpour *et al.*, 2019). Meski demikian, tantangan seperti desentrasi dan kemiringan lensa tetap ada, terutama pada mata anak yang sedang berkembang (Vanderveen and Nihalani, 2021). Secara optik, IOL monofokal memiliki keunggulan dalam mempertahankan performa stabil dengan aberasi sferis dan koma yang minimal, memastikan ketajaman penglihatan pada satu titik fokus (Buzzonetti *et al.*, 2024). Namun, keterbatasannya dalam mendukung penglihatan jarak menengah dan dekat menjadi perhatian, terutama bagi anak-anak yang membutuhkan fleksibilitas penglihatan untuk aktivitas sehari-hari seperti membaca atau bermain (Prost, 2019). Sementara IOL multifokal memiliki potensi untuk mengatasi keterbatasan ini, keterbatasan pengalaman penggunaannya dan risiko komplikasi membuat IOL monofokal tetap menjadi standar pilihan (Akkuş and Petriçli, 2018). Biokompatibilitas yang baik serta kemampuan menghambat proliferasi sel epitel lensa turut mendukung keberhasilan IOL monofokal dalam meminimalkan komplikasi pascaoperasi, seperti opasifikasi kapsul posterior (Khaja *et al.*, 2011; Oshika *et al.*, 2023).

Dengan fokus pada stabilitas refraksi jangka panjang dan ketajaman penglihatan jarak jauh, IOL monofokal efektif dalam memulihkan penglihatan pasien dengan katarak pediatrik (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Repka *et al.*, 2022). Namun, keterbatasan IOL monofokal dalam mendukung penglihatan jarak dekat dan menengah dapat memengaruhi fungsi visual anak secara keseluruhan. Aktivitas yang memerlukan penglihatan dekat, seperti membaca, seringkali membutuhkan bantuan kacamata tambahan, yang dapat mengganggu kenyamanan dan kemandirian anak (Lekskul, Chuephanich and Charoenkijajorn, 2018; Gu *et al.*, 2022). Fungsi penglihatan stereopsis dan sensitivitas kontras juga menjadi perhatian penting pasca-implantasi IOL monofokal. Ketidakmampuan lensa ini untuk mengakomodasi perubahan fokus dapat menghambat perkembangan stereopsis optimal, terutama dalam kasus monokular (Hailaiti *et al.*, 2025). Sementara itu, sensitivitas kontras, yang menentukan kemampuan mata dalam mendeteksi perbedaan intensitas cahaya pada berbagai kondisi, cenderung lebih stabil pada IOL monofokal dibandingkan IOL multifokal, meskipun penelitian longitudinal masih diperlukan untuk evaluasi jangka panjang pada populasi pediatrik (Akkuş and Petriçli, 2018).



Gambar 2. Klasifikasi desai haptic IOL posterior *chamber* tipe *three-piece* dan *one-piece*. Diadaptasi dari Shajari & Priglinger, 2023, hlm.163

a. Luaran **Best Corrected Visual Acuity (BCVA)**

Hasil ketajaman visual terbaik terkoreksi setelah implantasi lensa intraokular monofokal telah banyak dieksplorasi dalam berbagai studi, baik pada populasi pediatrik maupun dewasa, dengan menyoroti manfaat serta tantangan yang terkait dengan prosedur ini (Agarwal and Ram, 2015; Mohammadpour *et al.*, 2019). Pada kasus pediatrik, khususnya katarak kongenital, pemilihan jenis IOL dan waktu implantasi sangat berpengaruh terhadap hasil visual (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Repka *et al.*, 2022). Sebagai contoh, implantasi IOL primer pada anak-anak dengan katarak kongenital dikaitkan dengan hasil BCVA yang baik, di mana banyak pasien mencapai median BCVA 6/12 atau lebih baik pada enam bulan pasca-implantasi (Malek *et al.*, 2022). Namun, jenis IOL yang digunakan, seperti *iris claw* atau posterior *chamber* IOL, dapat memengaruhi hasil visual secara signifikan (Vanderveen and Nihalani, 2021; Buzzonetti *et al.*, 2024).

Faktor lain yang memengaruhi hasil BCVA termasuk material IOL yang digunakan. Lensa berbahan akrilik hidrofobik sering menjadi pilihan karena biokompatibilitasnya yang baik serta risiko komplikasi yang lebih rendah, seperti opasifikasi (Wilson, Johnson and Trivedi, 2013; Oshika and Kiuchi, 2023). Secara keseluruhan, implantasi IOL monofokal mampu memberikan peningkatan signifikan pada BCVA, namun hasilnya dipengaruhi oleh usia pasien, kondisi mendasar, serta jenis IOL yang dipilih (Repka *et al.*, 2022; Hailaiti *et al.*, 2025). Hal ini menekankan pentingnya perencanaan pengobatan yang terpersonal untuk mencapai hasil visual yang optimal (Self *et al.*, 2020).

b. Luaran *Best Near Visual Acuity* (BNVA)

Pada pasien pediatrik, IOL monofokal sering digunakan karena kemampuannya untuk memberikan koreksi penglihatan jarak jauh yang sangat baik (Agarwal and Ram, 2015; Sahay, Goel and Maharana, 2019). Namun, lensa ini biasanya membutuhkan penggunaan kacamata tambahan untuk aktivitas jarak dekat, yang dapat memengaruhi perkembangan penglihatan binokular dan stereopsis pada anak-anak (Prost, 2019; Gu *et al.*, 2022). Studi oleh Prost menunjukkan bahwa meskipun IOL monofokal memberikan hasil baik untuk penglihatan jarak jauh, penggunaan kacamata bifokal atau tambahan tetap diperlukan untuk tugas jarak dekat (Prost, 2019). Hal ini berpotensi membatasi aktivitas yang membutuhkan fokus penglihatan dekat dan, dengan demikian, memengaruhi BNVA (Leske, Hatt and Wernimont, 2021). Dalam studi lain, hasil visual setelah implantasi IOL pada anak-anak menunjukkan bahwa IOL monofokal mampu mencapai median ketajaman visual terbaik terkoreksi sebesar 6/12, yang menandakan penglihatan jarak jauh yang baik tetapi tidak secara langsung mencakup kebutuhan BNVA (Ambroz *et al.*, 2018; Repka *et al.*, 2022). Preferensi terhadap IOL monofokal dalam bedah katarak pediatrik disebabkan oleh keamanan dan efikasinya yang telah terbukti (Mohammadpour *et al.*, 2019; Self *et al.*, 2020). Namun, lensa ini tidak secara inheren mendukung kebutuhan penglihatan dekat, yang sangat penting untuk perkembangan penglihatan binokular pada anak-anak (Hailaiti *et al.*, 2025).

Selain itu, teknik pembedahan dan perawatan pasca operasi yang terkait dengan IOL monofokal, seperti penanganan opasifikasi kapsul posterior, dapat memengaruhi hasil visual secara keseluruhan, termasuk BNVA (Khaja *et al.*, 2011; Oshika *et al.*, 2023). Meskipun studi tersebut tidak secara eksplisit mengukur hasil BNVA, penekanan pada koreksi penglihatan jarak jauh dan menunjukkan bahwa IOL monofokal mungkin tidak secara optimal mendukung BNVA tanpa langkah korektif tambahan (Prost, 2019).

c. Fungsi stereopsis

Hasil stereopsis setelah implantasi lensa intraokular monofokal pada anak-anak menjadi topik menarik, terutama jika dibandingkan dengan IOL multifokal (Akkuş and Petriçli, 2018; Prost, 2019). IOL monofokal secara tradisional lebih dipilih dalam bedah katarak pediatrik karena kemampuannya memberikan koreksi penglihatan jarak jauh yang stabil dan dapat diprediksi (Agarwal and Ram, 2015; Sahay, Goel and Maharana, 2019). Namun, lensa ini membutuhkan penggunaan kacamata tambahan untuk penglihatan dekat, yang dapat memengaruhi perkembangan fungsi penglihatan seperti binokularitas dan stereopsis (Gu *et al.*, 2022).

Hilangnya akomodasi akibat IOL monofokal dapat berdampak signifikan pada perkembangan stereopsis, terutama pada kasus pseudofakia unilateral, di mana risiko ambliopia meningkat akibat kurangnya fokus penglihatan dekat (Hailaiti *et al.*, 2025). Sebaliknya, IOL multifokal, meskipun memiliki kelemahan seperti silau (*glare*) dan bayangan ganda (*halos*), telah terbukti meningkatkan penglihatan dekat dan mendukung perkembangan penglihatan binokular serta stereopsis pada anak-anak. Hal ini karena IOL multifokal mampu memberikan kondisi yang lebih optimal untuk perkembangan fungsi penglihatan setelah operasi (Prost, 2019).

Literatur menunjukkan bahwa meskipun IOL monofokal efektif dalam mengoreksi penglihatan jarak jauh, kebutuhan akan lensa koreksi tambahan untuk tugas-tugas jarak dekat dapat membatasi perkembangan alami stereopsis, terutama pada anak-anak (Leske, Hatt and Wernimont, 2021; Gu *et al.*, 2022). Ini menjadi relevan karena dunia visual anak-anak umumnya berfokus pada jarak dekat, di mana kemampuan untuk memberikan gambaran fokus pada objek-objek tersebut sangat penting untuk perkembangan stereopsis. Dengan demikian, meskipun IOL monofokal merupakan pilihan yang andal untuk koreksi penglihatan jarak jauh, dampaknya terhadap hasil stereopsis mungkin kurang optimal (Hailaiti *et al.*, 2025).

d. Sensitivitas kontras

Sensitivitas kontras setelah implantasi lensa intraokular monofokal telah dianalisis dalam berbagai penelitian, yang menunjukkan kelebihan serta keterbatasan dibandingkan IOL multifokal (Akkuş and Petriçli, 2018; Prost, 2019). Secara umum, IOL monofokal menunjukkan performa yang lebih baik dalam menjaga sensitivitas kontras, terutama dalam kondisi pencahayaan terang (*fotopik*) maupun redup (*skotopik*) (Akkuş and Petriçli, 2018). Penelitian melaporkan bahwa IOL monofokal memberikan nilai sensitivitas kontras yang signifikan secara statistik pada berbagai frekuensi spasial, khususnya frekuensi tinggi, dibandingkan dengan IOL multifokal. Hal ini dikaitkan dengan desain optik IOL monofokal yang memfokuskan cahaya secara optimal pada satu titik fokus, sehingga menghindari pembagian energi cahaya seperti yang terjadi pada IOL multifokal (Prost, 2019). Keunggulan sensitivitas kontras ini lebih menonjol dalam kondisi pencahayaan rendah, di mana IOL multifokal cenderung mendistribusikan cahaya ke beberapa fokus, yang berpotensi menurunkan kualitas kontras penglihatan (Akkuş and Petriçli, 2018). Selain itu, performa sensitivitas kontras IOL monofokal relatif tidak dipengaruhi oleh variasi ukuran pupil, yang menjadi salah satu faktor penting dalam efektivitas IOL multifokal (Prost, 2019).

Dalam konteks populasi pediatrik, meskipun fokus utama umumnya terpusat pada ketajaman penglihatan (*visual acuity*) dan perkembangan penglihatan binokular, jenis IOL yang dipilih turut berkontribusi terhadap sensitivitas kontras (Leat, Yadav and Irving, 2009; Gu *et al.*, 2022). Meskipun data empiris terkait sensitivitas kontras pada anak-anak dengan IOL monofokal masih terbatas, preferensi terhadap IOL monofokal dalam kasus pediatrik mencerminkan pertimbangan terhadap kinerja visual yang lebih stabil dan kualitas penglihatan yang lebih baik (Agarwal and Ram, 2015; Mohammadpour *et al.*, 2019).

e. Kualitas hidup

Kualitas hidup anak pasca-implantasi lensa intraokular monofokal pada kasus katarak pediatrik ditentukan oleh berbagai indikator visual, BCVA, BNVA, kemampuan stereopsis, dan sensitivitas kontras (Leske, Hatt and Wernimont, 2021; Gu *et al.*, 2022). IOL monofokal memiliki keunggulan dalam memberikan koreksi penglihatan jarak jauh yang optimal, dengan banyak pasien pediatrik mencapai BCVA 6/12 atau lebih baik, yang mendukung aktivitas visual fungsional seperti interaksi sosial dan eksplorasi lingkungan (Sahay, Goel and Maharana, 2019; Repka

et al., 2022). Namun, keterbatasan lensa ini dalam memberikan penglihatan jarak dekat, akibat hilangnya kemampuan akomodasi alami, mengharuskan penggunaan alat bantu optik tambahan seperti kacamata bifokal atau lensa kontak untuk aktivitas seperti membaca dan menulis, yang dapat memengaruhi kenyamanan dan kepatuhan anak serta keluarganya (Prost, 2019; Gu *et al.*, 2022).

Dalam mengevaluasi dampak keterbatasan dan keunggulan fungsi penglihatan terhadap kualitas hidup anak pascaoperasi katarak, *Pediatric Eye Questionnaire (PedEyeQ)* muncul sebagai instrumen yang lebih spesifik dan relevan dibandingkan alat evaluasi lainnya (Leske, Hatt and Wernimont, 2021; Gu *et al.*, 2022). *PedEyeQ* dirancang khusus untuk menilai fungsi penglihatan serta kualitas hidup yang berkaitan dengan kondisi mata pada anak-anak yang telah menjalani operasi katarak (Leske, Hatt and Wernimont, 2021). Instrumen ini mencakup berbagai domain yang tidak hanya menilai fungsi visual secara objektif, tetapi juga mempertimbangkan dampaknya terhadap anak serta keluarganya (Gu *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini, penggunaan *PedEyeQ* menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi tantangan yang dihadapi anak pascaimplantasi IOL monofokal serta kekhawatiran yang dirasakan oleh orang tua mengenai kondisi mata anak mereka (Gu *et al.*, 2022).

Dalam konteks penelitian ini, penggunaan *PedEyeQ* lebih sesuai dibandingkan instrumen lain seperti *Catquest-9SF* yang lebih banyak digunakan pada populasi dewasa dengan katarak (Nakano *et al.*, 2016). Berbeda dengan instrumen seperti *NEI VFQ-25*, *VF-14*, atau *Visual Disability Assessment (VDA)* yang cenderung berfokus pada populasi dewasa, *PedEyeQ* dikembangkan dengan mempertimbangkan kebutuhan spesifik anak-anak dalam mengevaluasi dampak katarak dan tatalaksananya terhadap fungsi penglihatan serta kualitas hidup mereka (Leske, Hatt and Wernimont, 2021; Gu *et al.*, 2022). Selain itu, *PedEyeQ* lebih adaptif dalam menilai aspek yang berhubungan dengan perkembangan visual aktif pada anak, seperti pengaruh koreksi refraksi, adaptasi terhadap lensa intraokular, serta dampaknya dalam kehidupan sehari-hari (Leske, Hatt and Wernimont, 2021). Selain itu, *PedEyeQ* lebih adaptif dalam menilai aspek yang berhubungan dengan perkembangan visual aktif pada anak, seperti pengaruh koreksi refraksi, adaptasi terhadap lensa intraokular, serta dampaknya dalam kehidupan sehari-hari. Meskipun *PedEyeQ* memberikan gambaran komprehensif tentang dampak operasi katarak pada anak, instrumen ini memiliki keterbatasan dalam mengevaluasi aspek penglihatan binokular, stereopsis, dan sensitivitas kontras yang merupakan elemen penting dalam perkembangan visual (Leat, Yadav and Irving, 2009; Akkuş and Petriçli, 2018).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, hasil yang diperoleh dari *PedEyeQ* akan dikombinasikan dengan pengukuran objektif lainnya seperti *Best-Corrected Visual Acuity (BCVA)*, *Best Near Visual Acuity (BNVA)*, sensitivitas kontras, serta evaluasi stereopsis menggunakan *Frisby Test*. Pendekatan ini akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai luaran jangka panjang setelah implantasi IOL monofokal pada anak-anak dengan katarak pediatrik, sekaligus memperkaya wawasan tentang kebutuhan rehabilitasi visual yang optimal bagi populasi ini.

1.6 Sintesa Penelitian

Tabel 2. Ringkasan Penelitian Terbaru Mengenai Implantasi IOL Monofokal pada Pasien Katarak Pediatrik

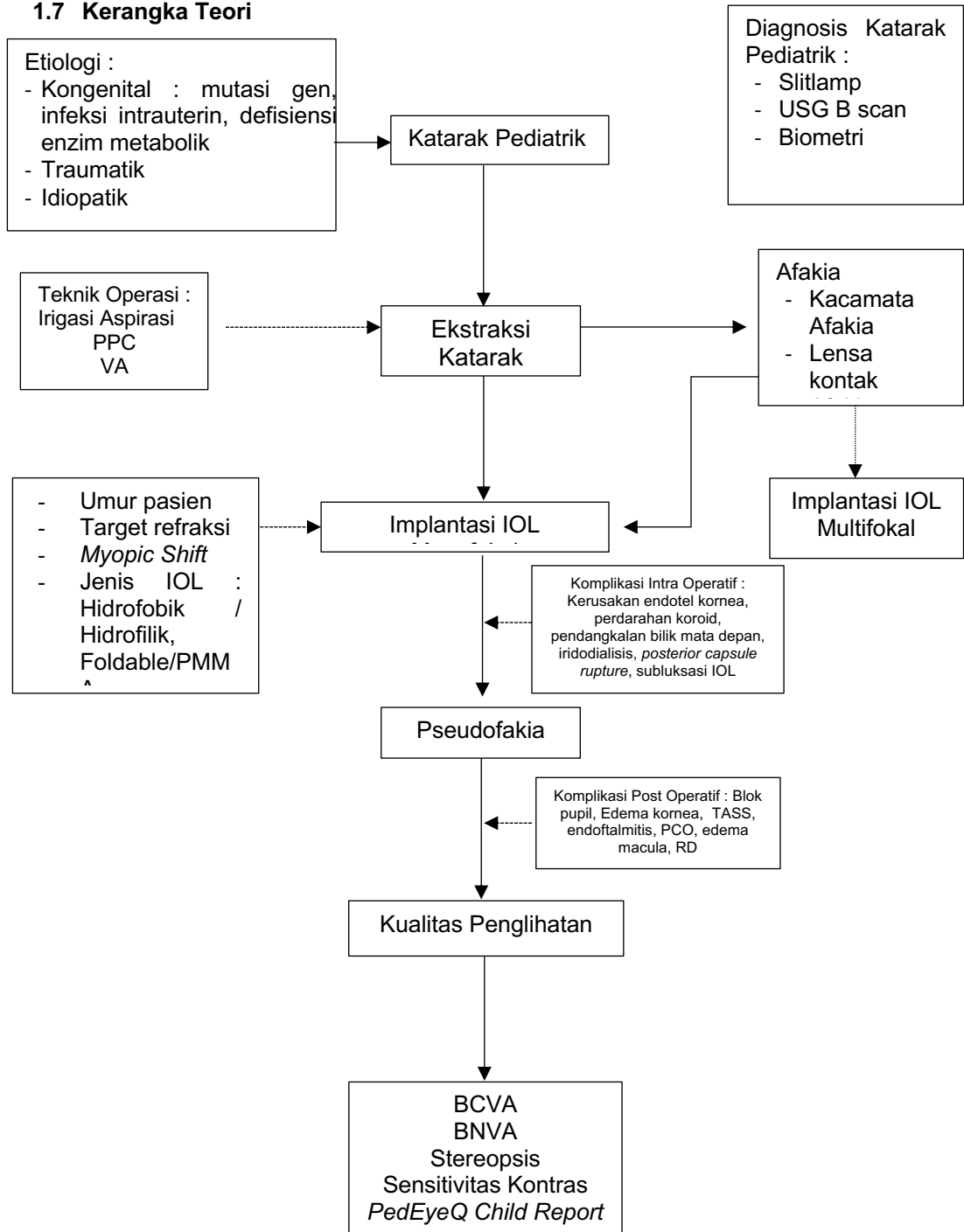
Judul	Penulis	Tahun Publikasi	Subjek Penelitian	Hasil Visual	Kualitas Hidup
<i>Long-term surgical outcomes of pediatric cataract—multivariate analysis of prognostic factors</i> (Oshika et al., 2023)	Oshika et al	2023	Studi ini mengevaluasi hasil jangka panjang operasi katarak pada anak yang menjalani tindakan pada usia 6 tahun atau lebih muda, dengan durasi tindak lanjut rata-rata 12,8 ± 2,4 tahun (rentang 10–17 tahun). Analisis retrospektif dilakukan terhadap catatan medis 457 mata dari 277 pasien.	BCVA pada kunjungan akhir dilaporkan berada pada kisaran 0,404–0,579 logMAR pada kelompok yang diteliti. Studi ini tidak secara khusus melaporkan luaran tajam penglihatan jarak dekat, stereopsis, maupun sensitivitas kontras setelah implantasi IOL.	
<i>Outcome of superior manual small-incision cataract surgery in pediatric age group – A five-year retrospective study at a tertiary eye hospital in Karnataka</i> (Gangrade, Kavitha and Heralgi, 2022)	Gangrade et al	2022	Studi dilakukan selama periode lima tahun (2014–2019) pada anak usia 12 bulan hingga 18 tahun yang menjalani operasi katarak dengan teknik MSICS.	BCVA menunjukkan peningkatan bermakna; sebanyak 120 mata (86,96%) mencapai ≥6/60. BNVA jarak dekat juga mengalami peningkatan, dengan 123 mata (89,13%) mencapai >N36 pada evaluasi akhir.	
<i>Clinical Profile and Visual Outcome of Pediatric Cataract Surgeries in West</i>	XW Ting et al	2020	Penelitian ini mengevaluasi profil klinis serta luaran visual operasi katarak pediatrik di Malaysia Barat selama	Sebanyak 25 mata (71,4%) mencapai BCVA sebesar 6/12 atau lebih baik pada evaluasi akhir.	Hasil visual dan program rehabilitasi pascaoperasi memegang peranan penting dalam

Malaysia(Ting et al., 2020)			periode 2013–2018. Sebanyak 35 mata dari 23 pasien dianalisis dalam studi retrospektif ini, yang bertujuan menilai berbagai aspek hasil pembedahan berdasarkan jenis katarak.		memastikan luaran jangka panjang yang optimal serta peningkatan kualitas hidup anak secara menyeluruh.
<i>Visual function after bilateral implantation of multifocal versus monofocal IOLs in children below 5 years of age</i> (Prost, 2019)	Prost et al	2019	Penelitian dilakukan pada periode Mei 2012 hingga November 2015 dengan total 110 anak usia 1–5 tahun yang mengalami katarak kongenital bilateral.	BCVA sebesar 0,48 pada kelompok IOL bifokal dan 0,41 pada kelompok IOL monofokal (tidak terdapat perbedaan bermakna, $p = 0,565$). BNVA lebih baik pada kelompok multifokal (0,70) dibandingkan kelompok monofokal (0,44) ($p = 0,02$). Nilai stereopsis juga lebih baik pada kelompok multifokal (220 arcsec) dibanding monofokal (380 arcsec) ($p = 0,002$).	
<i>Long-term Results in Pediatric Developmental Cataract Surgery with Primary Intraocular Lens Implantation</i> (Demirkılınç Biler et al., 2018)	Demirkılınç Biler E	2018	Penelitian pada pasien pediatrik yang menjalani operasi katarak dengan implantasi IOL primer pada periode Juni 1998–Mei 2014. Rata-rata usia saat operasi 76 ± 40 bulan	Dari 78 mata yang dinilai terjadi peningkatan ketajaman visual, sebanyak 66 mata (84,6%) menunjukkan perbaikan	

			dengan rata-rata follow-up 44±30 bulan. Total 101 mata dari 65 pasien diikuti minimal 6 bulan pascaoperasi.	minimal dua baris atau lebih pada BCVA.	
<i>Five-Year Postoperative Outcomes of Bilateral Aphakia and Pseudophakia in Children up to 2 Years of Age: A Randomized Clinical Trial</i> (Sahay, Goel and Maharana, 2019)	Sahay P, et al	2019	Uji klinis acak pada anak usia ≤2 tahun dengan katarak bilateral yang menjalani operasi dengan atau tanpa implantasi IOL primer. Follow-up dilakukan selama 5 tahun.	Setelah 5 tahun, kelompok pseudofakia menunjukkan hasil BCVA yang sebanding dengan kelompok afakia yang menggunakan koreksi optik. Namun, kelompok pseudofakia memiliki angka intervensi tambahan lebih tinggi terkait komplikasi visual axis opacification (VAO).	Penelitian ini tidak melaporkan evaluasi kualitas hidup secara langsung, namun menyoroti pentingnya strategi rehabilitasi visual jangka panjang untuk mendukung perkembangan visual optimal pada usia dini.
<i>Visual Acuity and Ophthalmic Outcomes 5 Years After Cataract Surgery Among Children Younger Than 13 Years</i> (Repka et al., 2022)	Repka, et al	2022	Studi kohort multisenter terhadap anak <13 tahun yang menjalani operasi katarak dengan atau tanpa implantasi IOL. Evaluasi dilakukan hingga 5 tahun pascaoperasi, mencakup kelompok pseudofakia dan afakia.	Pada 5 tahun pascaoperasi, sebagian besar pasien mencapai tajam penglihatan fungsional (sekitar ≥20/40 pada proporsi signifikan pasien). Insidensi komplikasi seperti glaukoma lebih tinggi pada kelompok afakia unilateral dibanding pseudofakia bilateral. Ambliopia dan	Studi ini tidak secara spesifik mengevaluasi kualitas hidup menggunakan instrumen terstandar, namun menekankan bahwa komplikasi jangka panjang seperti glaukoma dan ambliopia dapat memengaruhi

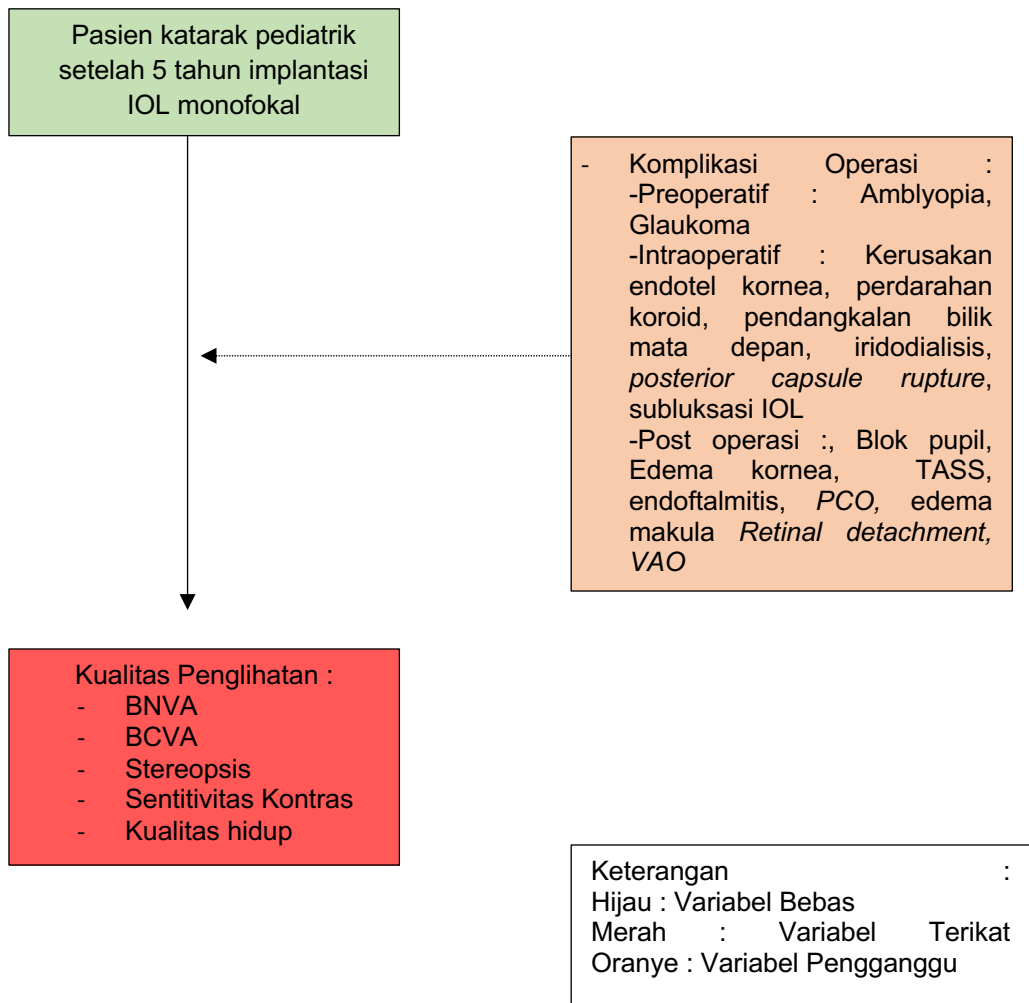
				strabismus merupakan komplikasi yang sering ditemukan.	fungsi visual dan luaran jangka panjang anak.
--	--	--	--	--	---

1.7 Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

1.8 Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka konsep

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain penelitian

Desain penelitian ini adalah kohort retrospektif yang menggunakan data rekam medis pasien yang telah menjalani operasi katarak pediatrik dengan implantasi IOL monofokal pada periode operasi tahun 2019 dan 2020, diikuti evaluasi klinis dan kuesioner kualitas hidup saat ini.

2.2 Tempat dan waktu penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin (RSP Unhas), Makassar. Waktu pengambilan data dan evaluasi klinis dilakukan mulai bulan April 2025 sampai dengan Desember 2025.

2.3 Populasi dan sampel

2.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien katarak pediatrik yang telah menjalani operasi ekstraksi katarak dan telah dilakukan implantasi IOL monofokal di RSP Unhas, Makassar pada periode operasi tahun 2019 dan 2020.

2.3.2 Sampel

Sampel penelitian merupakan bagian dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *consecutive sampling*, yaitu seluruh pasien yang memenuhi kriteria penelitian dan datang selama periode penelitian akan diikutsertakan secara berturut-turut. Pengambilan data sampel dilakukan pada periode April hingga Desember 2025 di RSP Unhas Makassar.

2.3.3 Perkiraan besar sampel

Penelitian ini menggunakan seluruh pasien yang memenuhi kriteria dari kohort, yang menjalani operasi katarak dan implantasi IOL pada Januari 2019 sampai dengan Desember 2020. Oleh karena itu tidak dilakukan perhitungan besar sampel dengan rumus estimasi, melainkan menggunakan total sampling terhadap populasi yang tersedia. Mengingat penelitian ini menggunakan total sampling dari kohort yang tersedia, analisis dilakukan secara eksploratif dan interpretasi hasil mempertimbangkan keterbatasan ukuran sampel.

2.3.4 Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria Inklusi

1. Pasien dengan onset katarak dibawah usia 18 tahun
2. Pasien katarak pediatrik yang telah menjalani operasi ekstraksi katarak dengan implantasi IOL monofokal di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin pada tahun 2019/2020.
3. Memiliki rekam medis yang lengkap (kondisi pre, intra operatif, dan sampai dengan 1 bulan post operatif)
4. Bersedia menjalani pemeriksaan lanjutan

Kriteria Eksklusi

1. Pasien yang tidak dapat dihubungi untuk mengikuti pemeriksaan lanjutan.

2.4 Definisi operasional

2.4.1 Katarak Pediatrik

Definisi: Katarak pediatrik adalah kekeruhan lensa yang terjadi pada anak-anak sebelum usia 18 tahun, yang dapat menyebabkan penurunan fungsi visual yang signifikan. Diagnosis ditegakkan melalui pemeriksaan slit lamp yang menunjukkan opasitas pada lensa.

Kriteria Objektif: unilateral dan bilateral.

Skala: Kategorikal

2.4.2 Implantasi IOL Monofokal

Definisi: Pemasangan lensa intraokular monofokal yang dirancang untuk memberikan koreksi penglihatan pada satu jarak tertentu.

Kriteria Objektif: Akrilik, silikon, *Polymethyl methacrylate* (PMMA)

Skala ukur : Kategorikal

2.4.3 Usia saat ekstraksi katarak

Definisi: Usia pada saat pasien dilakukan tindakan ekstraksi katarak

Kriteria Objektif: tahun

Skala ukur: Ordinal

2.4.4 Usia saat implantasi IOL

Definisi: Usia pada saat pasien dilakukan tindakan implantasi IOL

Kriteria Objektif: tahun

Skala ukur: Ordinal

2.4.5 Usia onset katarak

Definisi: Usia pasien pada saat keluhan atau tanda klinis awal katarak seperti leukokoria, strabismus, nistagmus, atau penurunan respons visual pertama kali disadari oleh orang tua atau pengasuh, maupun saat pertama kali didiagnosis secara medis di fasilitas kesehatan. Variabel ini mengindikasikan titik awal dimulainya gangguan aksis visual pada mata anak.

Kriteria Objektif: tahun

Skala ukur: Ordinal

2.4.6 Gap usia

Definisi: Selisih atau jeda waktu (dalam tahun) antara usia onset katarak pertama kali terdeteksi hingga usia saat dilakukannya tindakan pembedahan ekstraksi katarak dan implantasi lensa intraokular (IOL). Secara patofisiologis, variabel ini digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk mengukur durasi deprivasi visual yang dialami anak selama periode kritis perkembangan neurosensoriknya.

Kriteria Objektif: tahun

Skala ukur: Ordinal

2.4.5 BCVA

Definisi: Ketajaman penglihatan terbaik untuk jarak jauh setelah koreksi refraksi yang diukur menggunakan Snellen *chart*. Hasil tajam penglihatan kemudian dikonversi ke satuan logMAR.

Kriteria objektif :

- Normal: 6/6 (0.00 logMAR)
- *Mild Impairment*: < 6/12 hingga 6/18 (>0.30-0.48 logMAR)
- *Moderate Impairment*: < 6/18 hingga 6/60 (>0.48-1.00 logMAR)
- *Severe Impairment*: < 6/60 hingga 3/60 (>1.00-2.30 logMAR)
- *Blindness*: < 3/60 (>2.30 logMAR)

Skala: Ordinal

2.4.6 BNVA

Definisi: Ketajaman penglihatan terbaik untuk jarak dekat setelah koreksi refraksi. Diukur menggunakan *Jaegger Chart*.

Kriteria Objektif:

- *Normal*: J1–J2
- *Mild Impairment*: J3–J5
- *Moderate Impairment*: J6–J7
- *Severe Impairment*: ≥ J8

Skala: Ordinal

2.4.7 Sensitivitas Kontras

Definisi: Kemampuan sistem visual untuk membedakan objek dari latar belakangnya dengan mendeteksi perbedaan luminansi antara area yang berdekatan. Sensitivitas kontras mencerminkan kemampuan individu mengenali simbol pada tingkat kontras rendah dan memiliki peran penting dalam aktivitas sehari-hari seperti membaca, mengenali wajah, dan beraktivitas dalam kondisi pencahayaan redup. Pemeriksaan dilakukan menggunakan *Lea Symbols Contrast Sensitivity Chart* dengan variasi tingkat kontras (1,25%; 2,5%; 5%; dan 10%) pada beberapa jarak pemeriksaan dalam kondisi pencahayaan terkontrol sesuai rekomendasi alat. Kategorisasi ini digunakan untuk kepentingan analisis deskriptif dalam penelitian dan tidak dimaksudkan sebagai batas diagnostik baku internasional.

Kriteria Objektif:

- Baik: mampu mengenali simbol pada kontras 1,25% pada jarak ≥ 3 meter atau kontras 2,5% pada jarak ≥ 4 meter.
- Sedang: mampu mengenali simbol pada kontras 1,25% pada jarak < 3 meter atau kontras 2,5% pada jarak 1–3 meter atau kontras 5% pada jarak ≥ 2 meter.
- Buruk: hanya mampu mengenali simbol pada kontras ≥ 5% pada jarak ≤ 1 meter, hanya mengenali kontras 10%, atau tidak mampu menyelesaikan pemeriksaan hingga tingkat kontras terendah yang diuji.

Skala: Ordinal

2.4.8 Stereopsis

Definisi : adalah kemampuan untuk memahami kedalaman dan struktur tiga dimensi berdasarkan informasi visual yang berasal dari kedua mata oleh individu dengan penglihatan binokular yang berkembang normal. Proses ini memungkinkan otak untuk mengintegrasikan gambar yang sedikit berbeda dari masing-masing mata menjadi persepsi tiga dimensi tunggal. Diukur menggunakan *Frisby Stereotest*, yang menilai persepsi kedalaman berdasarkan pengenalan objek yang berbeda pada lempeng transparan tanpa kacamata khusus. Hasil diukur dalam detik busur (*arcsecond*), bergantung pada ketebalan lempeng dan jarak pengamatan.

Kriteria Objektif :

- Stereopsis baik : $\leq 40 \text{ arcsecond}$
- Stereopsis sedang : $80\text{-}150 \text{ arcsecond}$
- Stereopsis lemah: $\geq 300 \text{ arcsecond}$
- Tidak ada stereopsis

Skala : Ordinal

2.4.9 Kualitas Hidup

Definisi: Persepsi pasien terhadap pengaruh fungsi penglihatan terhadap aktivitas sehari-hari.

Kriteria Objektif: Diukur menggunakan kuesioner *PedEyeQ*, yaitu instrument terstandar yang dirancang untuk menilai dampak gangguan penglihatan pada anak. Kuesioner ini terdiri dari beberapa domain antara lain fungsi penglihatan, gangguan atau ketidaknyamanan akibat kondisi mata/penglihatan, aspek social, serta frustrasi dan kekhawatiran. Pengisian kuesioner dilakukan sesuai kelompok usia responden. Kuesioner diisi langsung oleh anak sesuai kelompok usia dengan tujuan untuk memperoleh persepsi subjektif langsung dari anak mengenai dampak gangguan penglihatan terhadap aktivitas sehari-hari, interaksi social, serta kondisi emosional yang dirasakan.

Skala: Ordinal

2.5 Metode kerja

2.5.1 Pemeriksaan BCVA

Alat dan bahan:

- Snellen *Chart* dengan berbagai ukuran huruf/angka/gambar
- Penutup mata
- *Pinhole occluder*
- Koreksi refraksi (kacamata atau lensa kontak pasien, jika ada)
- Pencahayaan yang memadai

Pengaturan:

- Ruangan dengan pencahayaan cukup terang agar *chart* terlihat jelas (sekitar 85 cd/m^2).
- Jarak antara pasien dan Snellen *Chart* adalah enam meter.

Langkah-Langkah:

- Pasien diminta berdiri atau duduk pada jarak enam meter dari Snellen *Chart* dengan penerangan yang cukup.

- Mata kiri ditutup menggunakan penutup mata tanpa menekan bola mata, dan pasien diawasi agar tidak mengintip dari mata yang tidak diperiksa.
- Pasien diminta membaca huruf/angka/gambar dari garis yang semakin kecil. Jika ragu, pasien diperbolehkan menebak.
- Nilai ketajaman visual dicatat berdasarkan garis terkecil yang dapat dibaca pasien. Jika lebih dari setengah huruf pada garis tersebut tidak terbaca, jumlah huruf yang salah juga dicatat (contoh: 6/12 F2).
- Pemeriksaan diulang untuk mata kanan dengan menutup mata kiri. Jika diperlukan, penglihatan dengan kedua mata terbuka juga diuji dan hasilnya dicatat.
- Jika pasien menggunakan lensa korektif, kekuatan lensa tersebut dicatat. Bila ketajaman visual kurang dari 6/6, pemeriksaan tambahan menggunakan lubang jarum dilakukan untuk melihat potensi perbaikan penglihatan.
- Pasien diminta memegang alat lubang jarum di depan mata yang diuji. Lensa korektif yang biasa digunakan tetap boleh dipakai.
- Pasien diarahkan melihat bagan melalui salah satu lubang jarum hingga gambar terlihat paling tajam. Mata atau tangan dapat digerakkan sedikit untuk menyesuaikan posisi lubang.
- Pasien membaca huruf atau simbol pada garis terkecil yang dapat dilihat dengan jelas. Nilai ketajaman visual dicatat dengan menambahkan keterangan "PH" (contoh: 6/12 PH).

2.5.2 Pemeriksaan BNVA

Alat dan Bahan:

- Kartu Jaeger untuk penglihatan dekat
- Koreksi refraksi (kacamata untuk penglihatan dekat)
- Penutup mata

Pengaturan:

- Ruangan dengan pencahayaan memadai untuk membaca
- Jarak antara kartu tes dan pasien sesuai standar ($\pm$ 33-40 cm)

Langkah-Langkah:

- Pasien diminta memakai lensa korektif untuk penglihatan dekat.
- Kartu tes Jaeger dipegang pada jarak tertentu (33-40 cm) dari pasien
- Mata kiri ditutup, lalu pasien membaca huruf atau kata terkecil yang dapat dilihat dengan jelas. Nilai ketajaman visual mata kanan dicatat
- Pemeriksaan diulang dengan menutup mata kanan dan membaca menggunakan mata kiri
- Setelah itu, pemeriksaan dilakukan dengan kedua mata terbuka untuk mendapatkan nilai ketajaman visual binokular. Hasil dari penglihatan kedua mata tersebut juga dicatat sebagai nilai akhir

2.5.3 Pemeriksaan Stereopsis

Alat dan bahan:

- *The Frisby Stereotest* atau alat lain dengan pola acak (*random dot patterns*)
- Koreksi refraksi terbaik pasien, jika diperlukan

Pengaturan:

- Ruang dengan pencahayaan memadai.
- Jarak awal antara pasien dan alat tes adalah 30–40 cm.

Langkah-langkah:

- Pasien diminta duduk dengan nyaman.
- Pemeriksa berdiri di depan pasien, memegang lembaran tes.
- Pasien diberi tahu bahwa ada pola gambar yang tampak menonjol (3 dimensi) pada lembaran tes dan diminta untuk menunjuk atau menyebutkan lokasi pola yang terlihat menonjol.
- Lembar tes pertama dipegang pada jarak 30–40 cm dari mata pasien.
- Jika pasien berhasil, jarak dapat dikurangi untuk menilai disparitas yang lebih kecil
- Mulailah dengan lembaran yang memiliki ketebalan terbesar (disparitas terbesar), kemudian dilanjutkan ke lembaran yang lebih tipis secara bertahap hingga pasien tidak dapat mendeteksi pola stereopsis
- Setiap lembar tes diperlihatkan hingga pasien memberikan jawaban
- Nilai ketebalan ini sesuai dengan disparitas terkecil yang dapat dikenali

2.5.4 Pemeriksaan Sensitivitas Kontras

Alat dan Bahan:

- *Lea Symbols Contrast Sensitivity Chart*
- Koreksi refraksi terbaik pasien (kacamata atau lensa kontak, jika diperlukan)
- Penutup mata (*occluder*)

Pengaturan:

- Ruang dengan pencahayaan stabil, sekitar 85 cd/m²
- *Lea Symbols Contrast Sensitivity Chart* ditempatkan sejajar dengan mata pasien dimulai pada jarak 3 meter

Langkah-Langkah:

- Pasien diminta duduk dengan nyaman, menghadap *chart* secara langsung.
- Pemeriksa berada di samping atau di belakang pasien untuk mengamati respons tanpa memberikan petunjuk visual.
- Pemeriksaan dilakukan secara monokular terlebih dahulu dengan menutup salah satu mata menggunakan *occluder*.
- Pasien diminta menyebutkan atau menunjuk simbol pada setiap halaman. Jika simbol dikenali dengan benar dan tanpa kesulitan, pemeriksaan dilanjutkan ke halaman berikutnya dengan tingkat kontras yang lebih rendah.
- Pemeriksaan dilanjutkan hingga pasien melakukan kesalahan dalam mengenali simbol.
- Jika pasien menjawab salah pada suatu simbol, pemeriksa tetap meminta pasien menyebutkan simbol berikutnya hingga seluruh simbol pada baris tersebut selesai.

- Ambang sensitivitas kontras ditentukan sebagai baris dimana pasien dapat mengenali minimal tiga dari lima simbol dengan benar, dan tidak dapat mengenali simbol pada baris berikutnya.
- Hasil dicatat sebagai jumlah total simbol yang dikenali dengan benar, termasuk seluruh simbol pada baris-baris sebelumnya ditambah jumlah simbol yang benar pada baris terakhir.
- Jika pasien menyatakan tidak melihat simbol pada halaman baru, pasien diinstruksikan untuk tetap memfokuskan pandangan pada posisi simbol sebelumnya dan tidak menggerakkan pandangan saat halaman dibalik, untuk membantu mempertahankan fiksasi.
- Jika simbol terbesar tidak dapat dikenali pada jarak awal, pemeriksaan dapat diulang dengan mendekatkan jarak menjadi 1.5 meter hingga ambang tercapai.
- Setelah pemeriksaan mata pertama selesai, prosedur yang sama dilakukan pada mata kontralateral.
- Hasil akhir dicatat berdasarkan jarak pemeriksaan dan jumlah simbol yang dikenali dengan benar pada lembar pencatatan.

2.5.5 Pemeriksaan kualitas hidup

Pemeriksaan kualitas hidup menggunakan *PedEyeQ* (kuesioner terlampir)

Alat dan Bahan:

- Kuesioner *PedEyeQ* versi *child report*
- Alat tulis untuk mencatat jawaban

Pengaturan:

- Ruangan yang tenang dan nyaman.
- Pasien dan/atau wali diberikan penjelasan mengenai kuesioner dan cara menjawabnya.

Langkah-Langkah:

- Kuesioner *PedEyeQ* diberikan kepada pasien yang memenuhi kriteria usia dan mampu memahami pertanyaan.
- Pemeriksa memberikan penjelasan singkat mengenai tujuan dan tata cara pengisian tanpa mengarahkan jawaban.
- Pasien diminta mengisi kuesioner secara mandiri.
- Pada pasien dengan gangguan penglihatan berat yang mengalami kesulitan membaca, peneliti membacakan setiap pertanyaan secara langsung dan mencatat jawaban sesuai respons pasien tanpa memberikan interpretasi atau pengarahan.
- Apabila terdapat pertanyaan yang kurang dipahami, pemeriksa dapat memberikan klarifikasi tanpa memengaruhi jawaban responden.
- Jawaban dicatat sesuai dengan pedoman skoring *PedEyeQ*.
- Skor setiap domain dikonversi ke dalam skala 0–100 berdasarkan pedoman resmi *PedEyeQ*, dimana skor yang lebih tinggi menunjukkan kualitas hidup yang lebih baik.
- Hasil selanjutnya dianalisis sesuai rencana analisis statistik penelitian.

2.6 Prosedur penelitian

2.6.1 Identifikasi Subjek Penelitian

Pemilihan sampel dilakukan melalui penelusuran rekam medis pasien yang telah menjalani operasi katarak dengan implantasi IOL monofokal di pusat layanan terkait. Proses seleksi dilakukan secara sistematis dengan menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya, meliputi usia pasien, jenis katarak, riwayat tindakan operasi, serta ketersediaan data tindak lanjut minimal lima tahun pascaoperasi. Setiap subjek yang memenuhi kriteria dicatat dan diverifikasi untuk memastikan kelengkapan data klinis serta kesesuaian dengan tujuan penelitian. Data yang tidak lengkap atau tidak memenuhi kriteria dieliminasi dari analisis.

2.6.2 Evaluasi Luaran Visual

Evaluasi luaran visual dilakukan pada saat kunjungan tindak lanjut lima tahun pascaoperasi oleh pemeriksa yang telah terlatih dengan prosedur standar dan kondisi pencahayaan yang terkontrol. BCVA diukur menggunakan *Snellen Chart* pada jarak 6 meter dengan pencahayaan ruangan yang cukup. BNVA dinilai menggunakan *Jaeger Chart* pada jarak 33–40 cm. Pemeriksaan dilakukan dengan koreksi refraksi terbaik pasien. Untuk keperluan analisis statistik, hasil visus *Snellen* dikonversi ke satuan logMAR agar memungkinkan analisis parametrik dan korelasional yang lebih akurat.

Fungsi stereopsis dinilai menggunakan *Frisby Stereo Test* pada jarak awal 30–40 cm dalam pencahayaan yang memadai. Jarak dan tingkat disparitas dikurangi secara bertahap hingga ambang stereopsis terendah teridentifikasi. Hasil kemudian dikategorikan menjadi tidak ada, lemah, ringan, dan baik. Sensitivitas kontras diperiksa menggunakan *Lea Symbols Contrast Sensitivity Chart* pada jarak 3 meter dengan pencahayaan stabil sesuai rekomendasi alat. Pemeriksaan dilakukan secara monokular dengan koreksi terbaik. Penilaian dimulai dari simbol dengan kontras tertinggi hingga ambang sensitivitas tercapai. Hasil dikategorikan menjadi buruk, sedang, dan baik sesuai skor yang diperoleh.

2.6.3 Penilaian Kualitas Hidup

Penilaian kualitas hidup dilakukan menggunakan *Child PedEyeQ* versi *child-report*. Kuesioner diisi langsung oleh anak yang memenuhi kriteria usia dan mampu memahami instruksi. Sebelum pengisian, pasien diberikan penjelasan singkat mengenai tujuan dan cara menjawab pertanyaan. Pada pasien dengan gangguan penglihatan berat yang mengalami kesulitan membaca, peneliti membacakan setiap pertanyaan tanpa memberikan interpretasi atau pengarahan terhadap jawaban. Pengisian dilakukan dalam suasana ruangan yang tenang untuk meminimalkan distraksi. Skor setiap domain dikonversi ke skala 0–100 sesuai pedoman resmi *PedEyeQ*, dengan skor yang lebih tinggi menunjukkan kualitas hidup yang lebih baik.

2.6.4 Pemilihan Mata pada Katarak Bilateral

Pada subjek dengan katarak bilateral, analisis luaran visual dilakukan berdasarkan mata dengan BCVA terbaik (*best-seeing eye*). Pendekatan ini digunakan untuk menghindari duplikasi data intra-subjek, mengingat kedua mata dalam satu individu

tidak bersifat independen secara statistik dan memiliki korelasi antar-mata. Penggunaan kedua mata secara bersamaan tanpa model statistik khusus dapat menyebabkan *overestimation* terhadap ukuran sampel dan meningkatkan risiko kesalahan tipe I. Selain itu, dalam konteks fungsi visual sehari-hari dan kualitas hidup, persepsi visual pasien umumnya lebih dipengaruhi oleh mata dengan fungsi terbaik. Oleh karena itu, penggunaan *best-seeing eye* dianggap lebih representatif secara klinis dan metodologis serta sejalan dengan praktik umum dalam penelitian epidemiologi dan studi berbasis kualitas hidup.

2.6.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik demografis, etiologi pra-bedah, teknik operasi termasuk PPC + VA, jenis dan posisi IOL, komplikasi intra dan pasca operasi, luaran visual lima tahun pasca operasi, serta skor *PedEyeQ*. Data direkapitulasi dalam lembar kerja elektronik dan diverifikasi ulang sebelum dilakukan analisis statistik.

2.6.6 Analisis Statistik

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk memaparkan karakteristik demografis, klinis, dan profil pembedahan subjek penelitian. Data kategorikal ditampilkan dalam bentuk frekuensi dan persentase. Normalitas distribusi data diuji menggunakan uji *Shapiro-Wilk*.

Mengingat jumlah sampel akhir yang terbatas ($N=23$) dan sebagian besar data tidak berdistribusi normal, pengujian hipotesis secara keseluruhan menggunakan pendekatan statistik non-parametrik. Langkah ini diambil secara sadar untuk menghindari kesalahan pengambilan kesimpulan (bias tipe I). Evaluasi kemaknaan perbaikan ketajaman penglihatan dari sebelum operasi hingga lima tahun pascaoperasi (BCVA Pre-Op vs. Post-Op) dianalisis dengan uji *Wilcoxon Signed-Rank Test*. Perbandingan variabel klinis dan skor antara dua kelompok yang independen, seperti antara pasien katarak unilateral dan bilateral, dinilai menggunakan uji *Mann-Whitney U*. Untuk data kategorikal, perbandingan proporsi dianalisis menggunakan uji *Chi-Square*, atau menggunakan uji *Fisher's Exact* apabila terdapat sel dengan nilai harapan (*expected count*) kurang dari lima.

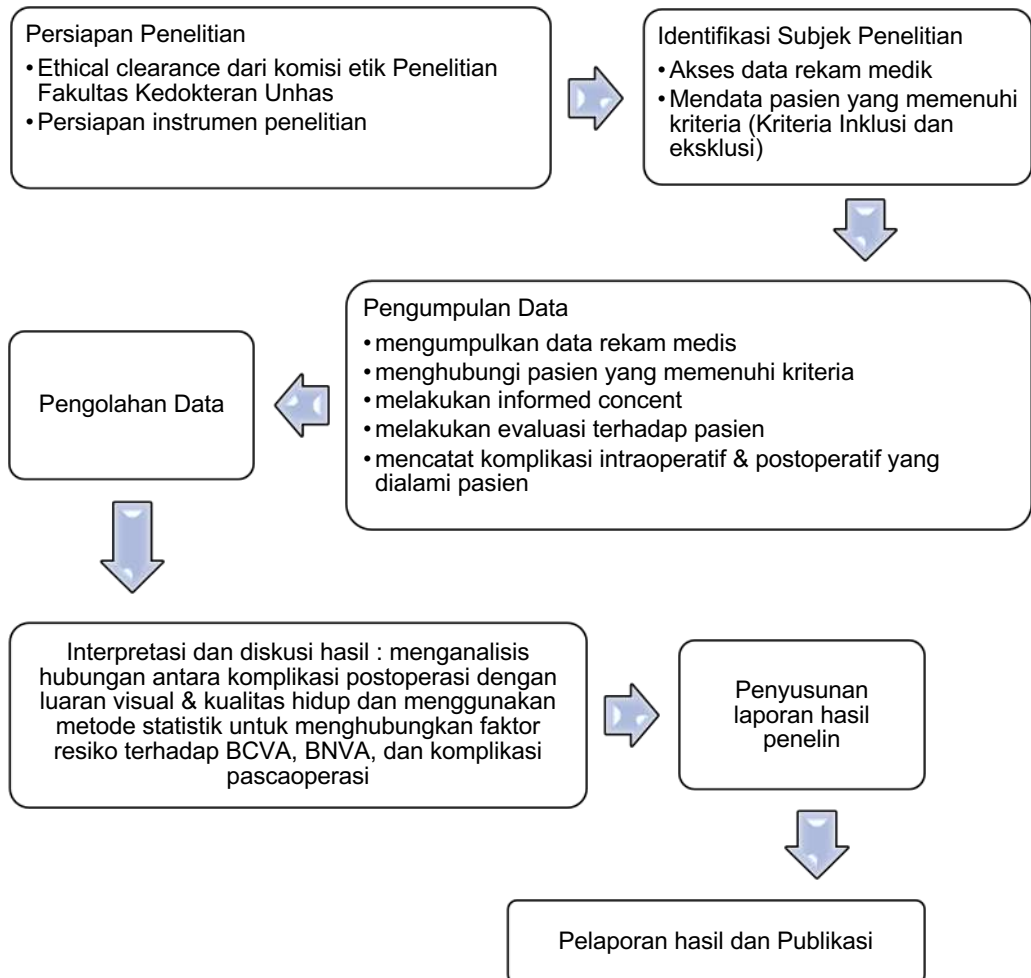
Selanjutnya, untuk melihat perbedaan skor kualitas hidup (*PedEyeQ*) pada variabel yang memiliki lebih dari dua kategori (seperti tingkatan BCVA pascaoperasi, derajat fungsi stereopsis, dan kategori sensitivitas kontras), digunakan uji *Kruskal-Wallis*. Sementara itu, untuk menilai arah dan kekuatan hubungan antara variabel klinis, seperti interval penundaan operasi (*gap* usia), BCVA awal, dan fungsi binokular terhadap capaian skor kualitas hidup, digunakan uji korelasi *Spearman*.

Mengingat ukuran sampel yang relatif kecil, analisis regresi multivariat tidak diikutsertakan dalam penelitian ini guna mencegah bias akibat pemodelan statistik yang terlalu dipaksakan (*overfitting*). Ambang batas kemaknaan statistik ditetapkan pada nilai $p < 0,05$. Secara keseluruhan, hasil luaran statistik dalam penelitian ini diinterpretasikan sebagai asosiasi klinis yang bermakna secara eksploratif, dan tidak diklaim sebagai hubungan sebab-akibat (kausalitas) yang mutlak.

2.7 Izin penelitian dan *ethical*

Sebelum penelitian dilaksanakan, peneliti meminta *ethical clearance* dari Komisi Etik Penelitian Universitas Hasanuddin. Pasien yang memenuhi kriteria inklusi diberikan penjelasan lisan dan tertulis serta diminta menandatangani lembar persetujuan. Semua informasi pasien dijamin kerahasiaannya sesuai dengan prinsip etika penelitian biomedis.

2.8 Alur penelitian



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian