



BAB III



HASIL PENELITIAN



BAB III

HASIL

3.1 Hasil Seleksi Studi

Penelusuran literatur dilakukan pada empat basis data elektronik, yaitu PubMed, ScienceDirect, *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), dan OpenAlex. Tahap identifikasi awal menghasilkan 3.504 rekaman, yang terdiri atas PubMed (n=780), ScienceDirect (n=2.781), DOAJ (n=1), dan OpenAlex (n=5). Setelah penerapan filter pada tingkat basis data sesuai kriteria yang telah ditetapkan (rentang tahun 2015–2025, desain *randomized controlled trial*, bahasa Inggris, *free full text*, populasi dewasa, dan subjek manusia), sebanyak 3.480 rekaman tereliminasi sehingga tersisa 87 rekaman untuk disaring lebih lanjut. Seluruh rekaman tersebut kemudian dinilai kelayakannya pada tahap *full text*.

Pada tahap penilaian kelayakan, sebanyak 63 artikel dikeluarkan dengan alasan yang dirangkum pada diagram alur PRISMA (Gambar 3.1), antara lain *study protocol* tanpa hasil, desain non-RCT, populasi tidak spesifik pasca stroke, serta penggunaan VR yang tidak ditujukan untuk rehabilitasi. Dengan demikian, sebanyak 24 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dianalisis dalam tinjauan ini, terdiri atas 19 artikel dari PubMed dan 5 artikel dari ScienceDirect, sementara DOAJ dan OpenAlex tidak menyumbang artikel pada inklusi akhir. Karakteristik lengkap seluruh studi disajikan pada Tabel 3.1 dan menjadi dasar sintesis pada bab ini.

3.2 Karakteristik Umum Studi

Kedua puluh empat studi yang diinklusi menunjukkan karakteristik yang heterogen. Dari sisi tahun publikasi, studi tersebar pada rentang 2016 hingga 2025, dengan proporsi yang meningkat pada tahun-tahun terakhir, mencerminkan berkembangnya minat terhadap pemanfaatan *virtual reality* dalam rehabilitasi stroke. Secara geografis, studi paling banyak berasal dari Korea Selatan (Shin *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2019; Lee, Kim and Lee, 2016; Kim *et al.*, 2018; Choi and Cho, 2024; Lee, Lee and Song, 2018; Oh *et al.*, 2019) dan China (Yao *et al.*, 2020; Long, Ouyang and Zhang, 2020; Liu *et al.*, 2025; Guo *et al.*, 2025; Chen *et al.*, 2022; Leng *et al.*, 2022), diikuti studi dari Uni Emirat Arab, Jepang, Amerika Serikat, Kanada dan kolaborasi multinasional, Swiss, Spanyol, Pakistan, serta Taiwan. Sebaran ini menunjukkan bahwa pemanfaatan VR telah diteliti pada beragam sistem layanan rehabilitasi.

Seluruh studi merupakan *randomized controlled trial* sesuai kriteria inklusi. Sebagian besar menggunakan desain *single-blind*, sedangkan beberapa lainnya berupa *pilot RCT* (Rogers *et al.*, 2019; Park *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2018; Lee, Lee and Song, 2018; Ballester *et al.*, 2017), studi *multicenter* (Saposnik *et al.*, 2016; Schuster-Amft *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2019), dan satu studi *double-blind* dengan kontrol *sham* (Kim *et al.*, 2018). Ukuran sampel bervariasi luas, mulai dari 14 partisipan (Ase *et al.*, 2025) hingga 141 partisipan (Saposnik *et al.*, 2016).

Berdasarkan fase stroke, studi mencakup fase subakut (antara lain George *et al.*, 2025; Liu *et al.*, 2025; Guo *et al.*, 2025; Saposnik *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2022; Amin *et al.*, 2025), fase kronik (antara lain Park *et al.*, 2019; Lee, Kim and Lee, 2016; Schuster-Amft *et al.*, 2018; Hung *et al.*, 2019; Ballester *et al.*, 2017; Oh *et*

al., 2019; Ase *et al.*, 2025), serta populasi campuran subakut-kronik. Variasi fase ini penting karena potensi pemulihan dan mekanisme neuroplastisitas berbeda antara fase subakut dan kronik.

Dari sisi jenis teknologi, intervensi mencakup VR *non-immersive* (mayoritas, berbasis Kinect, *exergame* komersial seperti Nintendo Wii, serta sistem *smart glove* dan *smart board*), VR *immersive* berbasis *head-mounted display* (George *et al.*, 2025; Liu *et al.*, 2025; Amin *et al.*, 2025), serta VR yang dikombinasikan dengan modalitas adjuvan seperti *transcranial direct current stimulation* (tDCS), robotik, instrumen nyata, dan *task-oriented training*. Komparator yang digunakan beragam, meliputi rehabilitasi konvensional atau *treatment as usual*, *active control* (terapi rekreasi pada Saposnik *et al.*, 2016), *sham* VR (Kim *et al.*, 2018), maupun modalitas VR pembandingan (VR *immersive* versus *non-immersive* pada George *et al.*, 2025; *sham*-tDCS+VR pada Yao *et al.*, 2020 dan Guo *et al.*, 2025). Outcome yang dinilai mencakup domain motorik (terutama *Fugl-Meyer Assessment-Upper Extremity*/FMA-UE, serta ARAT, WMFT, BBT, dan JTT), domain fungsional dan kualitas hidup (BI/MBI, MAL, SIS, COPM, SSEQ), serta sejumlah luaran neurofisiologis (fNIRS, EEG/CNV, EMG, dan MEP).

3.3 Hasil Penilaian Risiko Bias

Penilaian risiko bias terhadap seluruh 24 studi menggunakan instrumen *Cochrane Risk of Bias 2.0* (RoB 2) disajikan dalam *traffic light plot* pada Gambar 3.2. Tidak terdapat satu pun studi yang memenuhi kategori risiko bias rendah (*low risk*) pada seluruh domain. Sebanyak 12 studi (50%) dinilai memiliki beberapa

kekhawatiran (*some concerns*), dan 12 studi (50%) dinilai berisiko bias tinggi (*high risk of bias*).

Studi yang dinilai *some concerns* meliputi George *et al.*, (2025), Park *et al.*, (2019), Yao *et al.*, (2020), Kim *et al.*, (2018), Liu *et al.*, (2025), Saposnik *et al.*, (2016), Guo *et al.*, (2025), Oh *et al.*, (2019), Schuster-Amft *et al.*, (2018), Hung *et al.*, (2019), Anwar *et al.*, (2022), dan Leng *et al.*, (2022). Sementara itu, studi yang dinilai *high risk* meliputi Shin *et al.*, (2016), Rogers *et al.*, (2019), Long, Ouyang and Zhang (2020), Ase *et al.* (2025), Patel *et al.* (2025), Lee, Kim and Lee (2016), Choi and Cho (2024), Lee, Lee and Song (2018), Chen *et al.*, (2022), Ballester *et al.* (2017), Hernandez *et al.* (2022), dan Amin *et al.* (2025).

Domain yang paling sering menjadi sumber risiko bias adalah Domain 2 (*bias due to deviations from intended interventions*) dan Domain 4 (*bias in measurement of the outcome*). Risiko pada Domain 2 umumnya disebabkan oleh ketidakmampuan melakukan *blinding* terhadap peserta dan terapis suatu keterbatasan yang bersifat inheren pada intervensi berbasis *virtual reality*, karena partisipan secara sadar mengetahui bahwa mereka sedang menggunakan teknologi VR. Risiko pada Domain 4 terutama berkaitan dengan penggunaan outcome yang bersifat subjektif atau bergantung pada usaha partisipan tanpa *blinding* penilai yang memadai.

Sesuai pendekatan metodologis yang telah ditetapkan, interpretasi sintesis kualitatif pada bab ini dijangkarkan (*anchored*) pada studi dengan risiko bias *some concerns* sebagai basis bukti utama, sedangkan studi *high risk* diposisikan sebagai konteks pendukung yang ditelaah dengan kehati-hatian. Untuk memudahkan

pembacaan tingkat kepercayaan bukti, pengelompokan seluruh studi berdasarkan jenis teknologi VR dan profil risiko bias disajikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Pengelompokan Studi Berdasarkan Jenis Teknologi VR dan Profil Risiko Bias

No	Studi	Jenis VR	Risiko Bias	Arah Hasil Utama
1	George <i>et al.</i> , (2025)	Imersif (HMD)	Some concerns	IMVR > NIVR (FMA-UE, WMFT, SS-QOL); mencapai MCID, bertahan 6 bulan
2	Shin <i>et al.</i> , (2016)	Non-imersif (Smart Glove)	High	SG > kontrol (FM, JTT, SIS); fungsi distal & HRQoL
3	Rogers <i>et al.</i> , (2019)	Non-imersif (Elements)	High	VR > TAU (BBT, kognitif); effect size besar
4	Park <i>et al.</i> , (2019)	Non-imersif (Smart Board)	Some concerns	Tidak superior fungsi UE; superior HRQoL & AROM bahu
5	Yao <i>et al.</i> , (2020)	Kombinasi (tDCS + VR)	Some concerns	tDCS+VR > sham+VR (FM-UE, ARAT, BI)
6	Long, Ouyang & Zhang (2020)	Non-imersif (Doctor Kinetic)	High	VR > kontrol (SSEQ, MBI); tidak pada fungsi UE
7	Ase <i>et al.</i> , (2025)	Non-imersif (home Smart Glove)	High	VR > kontrol (FMA-UE, MAL, JTT, BBT); sampel kecil
8	Patel <i>et al.</i> , (2025)	Kombinasi (VR-robotik)	High	Efek timing parsial; tanpa efek dosis spesifik
9	Lee, Kim & Lee (2016)	Non-imersif (bilateral)	High	VR bilateral > kontrol (JHFT, BBT, GPT)
10	Kim <i>et al.</i> , (2018)	Non-imersif (Kinect)	Some concerns	Tidak berbeda dari sham pada FMA (primer)
11	Choi & Cho (2024)	Kombinasi (VR-robot + TOT)	High	VR-robot+TOT > TOT (FMA-UE, MFT, MEP)
12	Liu <i>et al.</i> , (2025)	Imersif + kombinasi (HMD + TOCT)	Some concerns	Parsial: > TOCT (FMA-UE, FTHUE, SIS-strength)
13	Lee, Lee & Song (2018)	Non-imersif (Wii canoe)	High	VR > kontrol (MFT, keseimbangan)
14	Saposnik <i>et al.</i> , (2016)	Non-imersif (Wii)	Some concerns	Tidak superior pada WMFT (primer); BBT favor kontrol
15	Chen <i>et al.</i> , (2022)	Non-imersif (A2)	High	> kontrol (CNV, FMA, ARAT) namun tidak mencapai MCID
16	Guo <i>et al.</i> , (2025)	Kombinasi (tDCS + VR-robot)	Some concerns	tDCS+VR-robot > sham (FMA-UL, ARAT); aktivasi kortikal

Tabel 3.1 Lanjutan

No	Studi	Jenis VR	Risiko Bias	Arah Hasil Utama
17	Oh <i>et al.</i> , (2019)	Kombinasi (VR + instrumen nyata)	Some concerns	VR > kontrol (kekuatan wrist, spastisitas, BBT)
18	Schuster-Amft <i>et al.</i> , (2018)	Non-imersif (YouGrabber)	Some concerns	Tidak berbeda dari konvensional (BBT, CAHAI, SIS)
19	Hung <i>et al.</i> , (2019)	Non-imersif (Kinect2Scratch)	Some concerns	Tidak berbeda dari terapis (FMA, WMFT, MAL)
20	Ballester <i>et al.</i> , (2017)	Non-imersif (RGS)	High	CAHAI > kontrol namun < MDC; tidak bertahan
21	Anwar <i>et al.</i> , (2022)	Non-imersif (Wii + balance board)	Some concerns	VR > konvensional terutama keseimbangan (BBS)
22	Leng <i>et al.</i> , (2022)	Non-imersif (Kinect)	Some concerns	Tidak berbeda FMA/BI/IADL; manfaat subgrup
23	Hernandez <i>et al.</i> , (2022)	Non-imersif (Jintronix)	High	Non-inferior terhadap GRASP; feasible
24	Amin <i>et al.</i> , (2025)	Imersif (Oculus Quest 2)	High	VR > konvensional (FMA, ARAT, BBT) > MCID; unblinded

Tabel 3.2 memperlihatkan bahwa studi dengan profil *some concerns* tersebar pada ketiga kategori teknologi VR, sehingga sintesis pada setiap kategori tetap memiliki landasan bukti dengan kualitas metodologi yang relatif lebih baik. Pola yang menonjol adalah bahwa pada kategori VR *non-immersive standalone*, mayoritas studi *some concerns* tidak menunjukkan superioritas terhadap terapi konvensional pada fungsi motorik, sedangkan sinyal keunggulan yang konsisten justru muncul pada kategori VR *immersive* dan VR kombinasi.

3.4 Sintesis Naratif Berdasarkan Jenis Teknologi *Virtual Reality*

Berdasarkan jenis teknologi yang digunakan, intervensi VR pada studi yang diinklusi dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu VR *immersive* berbasis *head-mounted display*, VR *non-immersive standalone*, dan VR yang

dikombinasikan dengan modalitas adjuvan. Pada setiap kategori, temuan dari studi dengan risiko bias *some concerns* dipaparkan terlebih dahulu sebagai jangkar interpretasi, kemudian diikuti temuan dari studi *high risk* sebagai konteks pendukung.

3.4.1 VR Imersif (*Head-Mounted Display*)

Pada kategori VR *immersive*, studi dengan risiko bias *some concerns* memberikan sinyal keunggulan yang paling jelas. George *et al.*, (2025) membandingkan VR *immersive* (IMVR) berbasis *head-mounted display* dengan VR *non-immersive* (NIVR) pada pasien hemiplegia subakut, dan menemukan bahwa IMVR secara signifikan lebih unggul dibanding NIVR pada FMA-UE, WMFT, dan kualitas hidup (SS-QOL) ($p < 0,05$). Yang penting, keunggulan IMVR tidak hanya bermakna secara statistik, tetapi juga mencapai *minimal clinically important difference* (MCID) pada FMA-UE dan WMFT, serta bertahan hingga *follow-up* enam bulan. Studi ini menjadi perbandingan paling langsung yang menunjukkan bahwa derajat *immersion* berkontribusi terhadap besarnya perbaikan motorik.

Liu *et al.*, (2025) memperkuat arah temuan ini melalui kombinasi VR *immersive* berbasis HMD dengan *task-oriented circuit training* (TOCT). Dibanding TOCT saja, kombinasi tersebut menunjukkan keunggulan parsial pada FMA-UE ($p = 0,021$), FTHUE-HK ($p = 0,026$), dan domain kekuatan pada SIS ($p = 0,033$), meskipun *Modified Barthel Index* dan domain SIS lain tidak berbeda bermakna dan besar efeknya tergolong sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa kontribusi VR *immersive* dapat semakin nyata ketika dipadukan dengan latihan yang spesifik terhadap tugas.

Sebagai konteks pendukung, Amin *et al.*, (2025) yang juga menggunakan VR *immersive* (Oculus Quest 2) melaporkan keunggulan yang besar pada FMA-UE, ARAT, dan BBT ($p < 0,001$) dengan seluruh perbaikan melebihi MCID. Namun, studi ini berdesain *unblinded* dan tergolong *high risk*, sehingga besarnya efek tersebut perlu dibaca dengan hati-hati karena rentan terhadap inflasi akibat ketiadaan *blinding*. Secara keseluruhan, bukti pada kategori *immersive* bersifat konsisten ke arah keunggulan, meskipun jumlah studinya masih terbatas.

3.4.2 VR Non-Imersif *Standalone*

Pada kategori VR *non-immersive standalone*, studi dengan risiko bias *some concerns* secara konsisten menunjukkan pola yang berbeda dari kategori *immersive*. Dari tujuh studi *some concerns* pada kategori ini, enam di antaranya tidak menemukan superioritas VR terhadap terapi konvensional maupun *active control* pada fungsi motorik ekstremitas atas. Saposnik *et al.*, (2016) studi *multicenter* berskala besar ($n = 141$) yang menjadi salah satu rujukan penting (EVREST) tidak menemukan perbedaan bermakna pada luaran primer WMFT ($p = 0,469$); bahkan BBT cenderung lebih baik pada kelompok terapi rekreasional dibanding VR Wii ($p = 0,018$), dengan kedua kelompok membaik sekitar 30–40% dari *baseline*. Schuster-Amft *et al.*, (2018), yang juga berdesain *multicenter*, tidak menemukan perbedaan antar kelompok pada BBT, CAHAI, maupun SIS, baik pasca intervensi maupun pada *follow-up* dua bulan.

Pola serupa ditemukan pada studi lain. Park *et al.*, (2019) tidak menemukan perbedaan *time* $\times$ *group* pada FMA dan WMFT, meskipun terdapat keunggulan pada SIS-*overall* ($p = 0,038$) dan peningkatan *range of motion* bahu pada kelompok VR. Kim *et al.*, (2018), satu-satunya studi *double-blind* dengan kontrol *sham*, tidak

menemukan perbedaan FMA antara VR dan *sham* ($p=0,937$), sementara luaran sekunder membaik pada kedua kelompok tanpa perbedaan antar kelompok. Hung *et al.*, (2019) juga tidak menemukan perbedaan pada FMA-UE, WMFT, maupun MAL antara pelatihan berbasis Kinect dan terapis. Leng *et al.*, (2022) tidak menemukan perbedaan pada FMA-UE, BI, dan IADL secara keseluruhan, meskipun terdapat manfaat pada subkelompok pasien dengan gangguan kognitif. Yang menarik, pada beberapa studi tersebut (Kim *et al.*, 2018; Hung *et al.*, 2019), penggunaan lengan yang diukur melalui akselerometri (*total activity count*) justru lebih tinggi pada kelompok VR, mengindikasikan bahwa VR efektif mendorong keterlibatan dan penggunaan lengan meskipun tidak menghasilkan superioritas pada skor fungsi motorik.

Pengecualian pada kategori ini adalah Anwar *et al.*, (2022), yang menemukan keunggulan VR berbasis Nintendo Wii dibanding terapi konvensional. Namun, keunggulan tersebut paling menonjol pada keseimbangan (*Berg Balance Scale*, $p<0,001$) serta pada domain FMA motorik, *range of motion*, dan nyeri sendi, sementara domain sensasi FMA tidak berbeda. Penting dicatat bahwa intervensi pada studi ini melibatkan *balance board* dan latihan yang spesifik terhadap keseimbangan, sehingga keunggulan yang teramati lebih masuk akal dijelaskan oleh konten latihan yang *task-specific* daripada oleh efek *immersion* VR itu sendiri.

Sebagai konteks pendukung, sejumlah studi *high risk* pada kategori ini melaporkan keunggulan VR, antara lain Shin *et al.*, (2016) pada fungsi distal dan kualitas hidup, Rogers *et al.*, (2019) pada BBT dan luaran kognitif dengan *effect size* besar, Ase *et al.*, (2025) pada FMA-UE dan penggunaan lengan dalam konteks *home-based*, serta Lee, Kim and Lee (2016) pada fungsi tangan bilateral.

Sebaliknya, beberapa studi *high risk* lain justru sejalan dengan pola non-superioritas: Long, Ouyang and Zhang (2020) menemukan keunggulan VR hanya pada *self-efficacy* dan ADL tetapi tidak pada fungsi ekstremitas atas; Ballester *et al.*, (2017) menemukan keunggulan CAHAI yang tidak mencapai *minimal detectable change* dan tidak bertahan pada *follow-up*; serta Hernandez *et al.*, (2022) menyimpulkan VR bersifat non-inferior dan *feasible* dibanding program GRASP. Karena seluruh studi pendukung ini berisiko bias tinggi, arah hasilnya memperkuat gambaran umum tetapi tidak dijadikan dasar simpulan utama.

3.4.3 VR Kombinasi dengan Modalitas Adjuvan

Pada kategori VR yang dikombinasikan dengan modalitas adjuvan, studi dengan risiko bias *some concerns* menunjukkan keunggulan yang relatif konsisten, khususnya ketika VR dipadukan dengan neuromodulasi atau robotik. Yao *et al.*, (2020) menemukan bahwa kombinasi *cathodal* tDCS dengan VR lebih unggul dibanding *sham*-tDCS+VR pada FM-UE ($p=0,003$), ARAT ($p=0,026$), dan BI ($p=0,043$), yang menunjukkan adanya nilai tambah neuromodulasi di atas VR saja. Guo *et al.*, (2025) memperkuat temuan ini: kombinasi tDCS dengan VR-robotik lebih unggul dibanding *sham* pada FMA-UL ($p<0,001$) dan ARAT ($p=0,001$); dan yang penting, keunggulan klinis tersebut disertai bukti neurofisiologis berupa peningkatan aktivasi korteks motorik primer ipsilesional dan korteks prefrontal kontralesional pada pencitraan fNIRS.

Oh *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa kombinasi VR dengan instrumen nyata lebih unggul dibanding terapi okupasi konvensional pada sejumlah luaran, meliputi kekuatan ekstensi pergelangan tangan ($p=0,039$), spastisitas fleksi siku pada *follow-up* ($p=0,022$), BBT ($p=0,010$), dan kekuatan *tip pinch*. Selain itu, kombinasi VR

dengan *task-oriented circuit training* pada Liu *et al.*, (2025) sebagaimana telah dibahas pada kategori *immersive* turut memperkuat gambaran bahwa pemaduan VR dengan latihan spesifik tugas memberikan keunggulan.

Sebagai konteks pendukung, Choi *and* Cho (2024) yang tergolong *high risk* melaporkan bahwa kombinasi VR-robotik dengan *task-oriented therapy* lebih unggul dibanding *task-oriented therapy* saja pada FMA-UE, MFT, MAL-AOU, dan *motor evoked potential* ($p < 0,01$), sejalan dengan arah temuan studi *some concerns* pada kategori ini. Secara keseluruhan, kategori VR kombinasi menunjukkan sinyal keunggulan yang paling konsisten setelah kategori *immersive*, dengan dukungan tambahan dari bukti aktivasi kortikal.

3.5 Efektivitas *Virtual Reality* terhadap Fungsi Motorik dan Fungsional

Ditinjau dari domain luaran, efektivitas VR terhadap fungsi motorik ekstremitas atas (diukur melalui FMA-UE, ARAT, WMFT, dan BBT) sangat bergantung pada jenis teknologi. Berdasarkan studi *some concerns*, perbaikan motorik yang konsisten terutama ditemukan pada VR *immersive* (George *et al.*, 2025) dan VR kombinasi (Yao *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2025; Oh *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2025), sedangkan VR *non-immersive standalone* sebagian besar tidak menunjukkan superioritas pada fungsi motorik (Park *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2018; Saposnik *et al.*, 2016; Schuster-Amft *et al.*, 2018; Hung *et al.*, 2019; Leng *et al.*, 2022).

Isu penting dalam menilai efektivitas adalah perbedaan antara signifikansi statistik dan kebermaknaan klinis. Tidak semua perbaikan yang signifikan secara statistik mencapai *minimal clinically important difference* (MCID). Pada studi *some*

concerns, George *et al.*, (2025) merupakan contoh perbaikan yang mencapai MCID; sedangkan pada studi *high risk*, Chen *et al.*, (2022) secara eksplisit *et al* melaporkan bahwa perbaikan FMA-UE dan ARAT yang signifikan justru tidak mencapai MCID, dan Ballester., (2017) melaporkan perbaikan CAHAI yang tidak mencapai *minimal detectable change*. Temuan ini menegaskan bahwa klaim efektivitas perlu mempertimbangkan ambang kebermaknaan klinis, bukan sekadar nilai p.

Pada domain fungsional, ADL, dan kualitas hidup (BI/MBI, MAL, SIS, COPM, SSEQ), pola yang muncul lebih bervariasi. Menariknya, beberapa studi menemukan perbaikan pada domain ini meskipun tidak terdapat superioritas pada fungsi motorik. Park *et al.*, (2019) menemukan keunggulan pada SIS-*overall*, dan pada studi *high risk*, Long, Ouyang and Zhang (2020) menemukan keunggulan pada *self-efficacy* (SSEQ) dan ADL (MBI) tanpa keunggulan pada fungsi ekstremitas atas. Hal ini mengindikasikan bahwa kontribusi VR dapat bekerja melalui jalur keterlibatan, kepercayaan diri, dan persepsi pemulihan, yang tidak selalu tercermin pada skor motorik.

Pada domain keseimbangan, keunggulan VR ditemukan pada Anwar *et al.*, (2022) dan studi *high risk* Lee, Lee and Song (2018), yang keduanya menggunakan konten latihan berbasis keseimbangan. Sementara itu, indikator keterlibatan berupa penggunaan lengan yang diukur dengan akselerometri (*total activity count*) lebih tinggi pada kelompok VR di beberapa studi (Kim *et al.*, 2018; Hung *et al.*, 2019), meskipun fungsi motorik tidak berbeda. Dengan demikian, efektivitas VR bersifat spesifik terhadap domain dan modalitas: perbaikan motorik yang bermakna klinis paling konsisten pada VR *immersive* dan kombinasi, sedangkan nilai tambah VR

non-immersive standalone lebih terletak pada keterlibatan, ADL, kualitas hidup, dan kepraktisan penggunaan.

3.6 Temuan Kesenjangan Penelitian

Hasil analisis mengungkap beberapa kesenjangan penelitian. *Pertama*, terdapat heterogenitas yang tinggi antarstudi dari segi jenis teknologi VR, dosis dan durasi intervensi, fase stroke, serta instrumen luaran, sehingga perbandingan langsung antarstudi menjadi terbatas. *Kedua*, keterbatasan *blinding* bersifat inheren pada intervensi VR sehingga 50% studi berisiko bias tinggi, terutama pada Domain 2 dan Domain 4. *Ketiga*, jumlah RCT yang mengevaluasi VR *immersive* berbasis *head-mounted display* masih sangat sedikit (hanya tiga studi), padahal kategori ini justru menunjukkan sinyal keunggulan yang paling kuat.

Keempat, ambang *minimal clinically important difference* belum konsisten dilaporkan pada banyak studi, sehingga terdapat kesenjangan antara signifikansi statistik dan kebermaknaan klinis. *Kelima*, durasi *follow-up* pada sebagian besar studi relatif pendek sehingga daya tahan efek jangka panjang belum diketahui dengan pasti. *Keenam*, protokol kombinasi VR dengan modalitas adjuvan masih sangat heterogen dalam hal jenis, dosis, dan *timing*, sehingga belum dapat disimpulkan kombinasi yang optimal. *Ketujuh*, populasi pada konteks negara berpendapatan rendah–menengah serta program rehabilitasi berbasis rumah masih kurang terwakili. Kesenjangan-kesenjangan ini menjadi dasar bagi arah penelitian selanjutnya yang dibahas pada Bab IV.