

Ulasan Sistematis

***Clear aligner versus twin block* dalam perawatan maloklusi kelas II pada anak: Ulasan sistematis**

Claudia Nur Rizky Jayanti^{1*}
Risti Saptarini Primarti²

¹Program Residensi, Departemen Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

²Departemen Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

*Korespondensi

claudia22001@mail.unpad.ac.id

Submitted | 26 March 2025

Revised | 07 April 2025

Accepted | 24 Juni 2025

Published | 30 Juni 2025

DOI: [10.24198/pjdrs.v9i2.62513](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v9i2.62513)

ABSTRACT

Pendahuluan: Maloklusi Kelas II merupakan salah satu masalah ortodontik yang paling umum dijumpai. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan aligner bening (clear aligner/CA) telah berkembang untuk menangani kasus-kasus yang lebih kompleks, termasuk maloklusi Kelas II dengan pendekatan kemajuan mandibula (CA dengan mandibular advancement/MA). Meskipun CA menawarkan alternatif modern terhadap alat fungsional tradisional, efektivitasnya dibandingkan dengan alat yang telah mapan seperti Twin Block (TB) belum diteliti secara menyeluruh. Ulasan sistematis ini bertujuan untuk membandingkan hasil perawatan dan efek dentoskeletal antara CA dengan MA dan TB dalam koreksi maloklusi Kelas II pada anak dan remaja. **Metode:** Kajian ini dilakukan berdasarkan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Artikel yang diterbitkan antara tahun 2014 hingga 2024 diambil dari basis data ScienceDirect, PubMed, dan Scopus menggunakan kata kunci yang telah ditentukan sebelumnya dan kerangka kerja Population-Intervention-Comparison-Outcome (PICO). Sebanyak enam studi diikutsertakan untuk mengevaluasi efektivitas kedua modalitas perawatan dalam memperbaiki hubungan sagital rahang, kenyamanan pasien, dan dimensi jalan napas. **Hasil:** Hasil menunjukkan bahwa baik CA maupun TB efektif dalam meningkatkan hubungan sagital antara maksila dan mandibula. TB menunjukkan perubahan skeletal yang lebih besar, khususnya pada reposisi mandibula, sedangkan CA memberikan kenyamanan, estetika, dan tingkat kepatuhan pasien yang lebih baik. **Simpulan:** CA terbukti lebih efektif dalam meningkatkan dimensi jalan napas, terutama di area hipofaring. Meskipun kedua pilihan perawatan menunjukkan hasil yang menjanjikan, diperlukan uji coba terkontrol acak jangka panjang untuk mengevaluasi stabilitas dan efektivitas jangka panjangnya. Rencana perawatan sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pasien, kondisi klinis, dan luaran yang diharapkan.

KATA KUNCI: Alat ortodonti, Maloklusi, Angle Kelas I

Clear aligner versus twin block in the treatment of class II malocclusion in children: a systematic review

ABSTRACT

Class II malocclusions are among the most prevalent orthodontic problems. In recent years, clear aligner (CA) therapy has expanded its scope to include more complex cases, including the clear aligner with mandibular advancement (CA with MA) for treating Class II malocclusions. While CA provides a modern alternative to traditional functional appliances, their effectiveness in comparison to well-established devices like the Twin Block (TB) has not yet been thoroughly studied. This systematic review compares the treatment outcomes and dentoskeletal effects of CA with MA and TB appliances for Class II malocclusion correction in children and adolescents. This systematic review was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. The articles, which covered publications from 2014 to 2024, were taken from the databases of ScienceDirect, PubMed, and Scopus. The search used predefined keywords and a Population-Intervention-Comparison-Outcome (PICO) framework. Six studies were included, evaluating the effectiveness of both treatment modalities in improving sagittal jaw relationships, patient comfort, and airway dimensions. Both CA and TB appliances effectively enhanced the sagittal relationship between the maxilla and mandible. TB appliances showed greater skeletal changes, particularly in mandibular repositioning, while clear aligners offered superior patient comfort, aesthetics, and compliance. CA was also more effective in improving airway dimensions, particularly in the hypopharyngeal region. While both treatment options show promise, further long-term randomized controlled trials are needed to better assess their stability and effectiveness. The treatment plan should be tailored to the patient's specific needs, clinical condition, and desired outcomes.

KEYWORDS: Orthodontic appliances, Malocclusion, Angle Class II

PENDAHULUAN

Maloklusi adalah kondisi yang berhubungan dengan pertumbuhan, di mana gigi tidak sejajar dengan benar dalam satu lengkung atau di antara kedua lengkung, sehingga mengakibatkan hubungan gigitan yang tidak tepat.¹ Edward Angle, pada tahun 1890-an, mendefinisikan oklusi normal sebagai kondisi di mana lengkung gigi mengikuti kurva kontinu dan cusp mesiobukal molar pertama maksila pas dengan alur bukal molar pertama mandibula. Berdasarkan hubungan molar ini, Angle mengategorikan oklusi menjadi empat kelompok: oklusi normal, maloklusi Kelas I, Kelas II, dan Kelas III.² Maloklusi Kelas I secara khusus mengacu pada kondisi di mana cusp mesiobukal molar pertama maksila sejajar dengan alur bukal molar pertama mandibula, meskipun terdapat ketidaksejajaran lainnya. Sebaliknya, maloklusi Kelas II Angle teridentifikasi ketika cusp mesiobukal molar pertama atas beroklusi ke arah anterior (mesial) terhadap alur bukal molar pertama mandibula, yang menyebabkan oklusi distal. Tipe ini selanjutnya dibagi lagi menjadi dua divisi: Divisi I, yang ditandai dengan proklinasi gigi seri maksila dan overjet yang meningkat; dan Divisi II, di mana gigi seri maksila retroklin atau miring ke arah palatal, yang sering kali mengakibatkan gigitan dalam.³ Maloklusi Kelas III Angle didefinisikan oleh hubungan lengkung gigi yang abnormal yang menyebabkan gigi beroklusi lebih ke mesial daripada normal, dengan cusp mesiobukal beroklusi pada alur bukal distal molar mandibula permanen pertama.⁴

Maloklusi Kelas II merupakan salah satu kondisi yang paling sering ditemui dan menantang dalam praktik ortodontik, terutama untuk Divisi I.⁵ Kondisi ini dapat meningkatkan risiko trauma gigi seri dan dapat menyebabkan ejekan serta perundungan.^{6,7} Hal ini juga dapat berdampak negatif pada kualitas hidup pasien yang berkaitan dengan kesehatan mulut.^{8,9} Meskipun penyebab pasti maloklusi tidak sepenuhnya dipahami, hal ini sering dikaitkan dengan pertumbuhan mandibula yang tidak memadai atau posisi mandibula yang berada posterior terhadap basis kranial.¹⁰ McNamara dan beberapa penelitian telah mengidentifikasi defisiensi mandibula, khususnya retrognathia mandibula, sebagai penyebab utama maloklusi dibandingkan dengan prognathisme maksila.^{11,12} Kondisi ini juga memiliki implikasi signifikan terhadap fungsi jalan napas.¹³ Pasien dengan defisiensi mandibula sering kali datang dengan jalan napas atas yang menyempit, yang membuat mereka rentan terhadap gangguan pernapasan seperti apnea tidur obstruktif (OSA).^{14,15} Posisi posterior mandibula pada pasien Kelas II dapat berkontribusi terhadap kolaps jalan napas saat tidur, yang menyebabkan kesulitan bernapas di malam hari, mendengkur, dan pola tidur yang terfragmentasi, terutama pada perkembangan rongga mulut anak.¹⁶ Kehadiran gigi sulung dan permanen selama periode gigi bercampur menandakan tahap penting dalam perkembangan gigi anak.¹⁷

Efikasi dan stabilitas jangka panjang intervensi ortodontik dini masih menjadi bahan perdebatan yang berkelanjutan dalam bidang ortodontik. Namun demikian, potensi untuk mengatasi maloklusi selama periode perkembangan ini sangat menguntungkan. Dengan memanfaatkan fleksibilitas rangka anak-anak yang sedang berkembang, perawatan dini meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan psikososial secara keseluruhan, sekaligus memungkinkan perbaikan estetika wajah dan gigi.¹⁸ Selain itu, memulai intervensi ortodontik pada tahap awal dapat secara signifikan mempersingkat durasi dan kesulitan perawatan selanjutnya, sehingga mengoptimalkan keseluruhan proses terapi.¹⁹ Waktu sangat penting dalam perawatan maloklusi, dengan waktu optimal untuk memulai perawatan adalah sekitar masa pubertas, terutama selama tahap pematangan vertebra servikal CS3 dan CS4.²⁰

Koreksi dini terhadap ketidakseimbangan dentoskeletal atau otot pada anak-anak berkontribusi pada hasil yang lebih baik dan memastikan koordinasi yang stabil antara rahang dan otot-otot terkait.¹² Perawatan ortodontik pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan fungsi, estetika, stabilitas, dan kesehatan jaringan dentofasial.⁴ Alat fungsional merupakan kelompok alat ortodontik yang luas dan beragam yang diperkenalkan di Eropa pada awal tahun 1900-an, dan semakin populer secara global sejak saat itu.¹² Baik alat aktif maupun pasif dirancang untuk merangsang perkembangan rangka yang tepat

dengan memengaruhi otot orofasial. Alat ini menghasilkan modifikasi ortodontik dan ortopedi dengan memberikan gaya pada gigi dan tulang basal, meniru fungsi otot perioral.¹²

Beberapa studi berbasis bukti telah melaporkan luaran dentoskeletal yang bervariasi saat menggunakan alat fungsional untuk menangani maloklusi Kelas II. Dalam beberapa tahun terakhir, alat Twin Block (TB), yang diciptakan oleh William J. Clark, telah mendapatkan popularitas yang luas dan kini dianggap sebagai salah satu alat fungsional lepasan yang paling sering digunakan untuk pasien maloklusi Kelas II yang sedang tumbuh.^{21,22} Kepatuhan pasien merupakan tantangan signifikan dengan alat fungsional lepasan, karena alat ini dapat mengganggu fungsi bicara dan mulut, sehingga sulit ditoleransi oleh beberapa pasien. Studi prospektif telah menunjukkan tingkat kegagalan hingga 34% untuk TB, terutama karena ketidakpatuhan.²⁰ Beberapa faktor dapat memengaruhi kepatuhan, baik sebagai penghalang maupun pendorong.²³ Kepatuhan terhadap perawatan dapat terhambat oleh faktor-faktor seperti dampak yang dirasakan pasien terhadap kualitas hidup mereka saat menggunakan alat tersebut, tingkat motivasi diri, dan masalah estetika. Alat TB, yang dilengkapi penjepit kawat, terkadang dapat menyebabkan iritasi jaringan lunak dan sering kali memerlukan penyesuaian berkala. Selain itu, keberadaan komponen kawat pada permukaan labial gigi dapat semakin mengurangi daya tarik estetika alat tersebut.^{24, 25}

Aligner bening (CA) adalah alat ortodontik transparan yang dirancang untuk menggerakkan gigi secara bertahap ke posisi yang diinginkan tanpa menggunakan braket dan kawat tradisional. Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1999, perusahaan Align Technology memperkenalkan sistem aligner bening komersial pertama yang disebut Invisalign®, yang merupakan salah satu sistem paling awal dan paling dikenal luas. Aligner bening biasanya terbuat dari bahan termoplastik kelas medis dan dibuat khusus untuk setiap pasien menggunakan perangkat lunak perencanaan perawatan digital. Fungsi utamanya adalah untuk mengoreksi maloklusi ringan hingga sedang, sekaligus menawarkan estetika dan kenyamanan yang lebih baik dibandingkan dengan alat cekat konvensional.²⁶ Baru-baru ini, terapi aligner bening (CA) telah memperluas cakupannya, berkembang dari kasus ortodontik sederhana menjadi perawatan kompleks yang melibatkan bedah ortognatik, pencabutan, dan bahkan adaptasi alat fungsional untuk pasien yang sedang tumbuh. CA terbuat dari bahan plastik tak terlihat, yang secara bertahap dan lembut menggeser gigi ke posisi normalnya. Alat ini juga diindikasikan untuk kasus relaps setelah perawatan ortodontik cekat. Alat ini menggunakan aligner transparan inkremental untuk menyesuaikan gigi sebagai perawatan alternatif yang menjanjikan di luar pemasangan braket gigi.²⁷

Aligner bening dengan mandibular advancement (CA dengan MA) merupakan inovasi signifikan dalam ortodontik, yang menggabungkan manfaat terapi aligner bening dengan koreksi rahang fungsional.^{28,29} Aligner ini mengintegrasikan fitur advancement yang dirancang presisi untuk memposisikan ulang mandibula ke depan sekaligus menyelaraskan gigi, menjadikannya pilihan yang lebih disukai untuk merawat pasien yang sedang tumbuh dengan maloklusi Kelas II.³⁰ Contoh penting termasuk Invisalign dengan Mandibular Advancement (MA) dari Align Technology di California, AS dan sistem Angelalign dari Angelalign Technology Co., Ltd, Shanghai, Tiongkok. Blok MA dalam sistem ini memiliki struktur seperti sayap di sepanjang sisi bukal aligner, tanpa bukaan gigitan vertikal, menyerupai alat Herbst atau Forsus. Sebaliknya, sistem Angelalign berfungsi lebih seperti alat TB tradisional dalam hal rekonstruksi gigitan dan bentuk blok.^{31, 32}

Meskipun CA dengan MA menyediakan alternatif modern untuk alat fungsional tradisional, efektivitasnya dibandingkan dengan perangkat yang sudah mapan seperti alat TB belum dipelajari secara menyeluruh.³¹⁻³³ Tinjauan sistematis yang secara langsung membandingkan efektivitas klinis dan dampak dentoskeletal dari aligner bening (CA) dan alat Twin Block (TB) dalam pengelolaan maloklusi Kelas II pada populasi anak masih belum tersedia hingga saat ini. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan penelitian ini dengan mensintesis bukti yang tersedia yang membandingkan efektivitas

klinis dan hasil dentoskeletal dari aligner bening dan alat Twin Block dalam penanganan maloklusi Kelas II pada anak-anak dan remaja.

METODE

Protokol dan registrasi, tinjauan sistematis ini dirancang dan dilaksanakan sesuai dengan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) dan telah terdaftar dalam Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) dengan nomor registrasi CRD42024580804. Kriteria pemilihan dan kelayakan studi penelitian ini menerapkan metodologi tinjauan sistematis yang selaras dengan pedoman PRISMA. Pencarian literatur dan penilaian artikel dilakukan dari Juni hingga September 2024, dimulai dengan pengembangan kerangka kerja PICO untuk mendukung pemilihan studi yang relevan. Pencarian literatur dan analisis artikel dilakukan antara Juni dan September 2024. Langkah awal meliputi perumusan kerangka kerja Populasi-Intervensi-Perbandingan-Hasil (PICO) untuk memandu pemilihan materi penelitian yang relevan. Strategi pencarian yang komprehensif kemudian diterapkan di tiga basis data ilmiah utama: Scopus, ScienceDirect, dan PubMed. Pencarian tersebut menggunakan kombinasi kata kunci, termasuk "Clear Aligner", "Invisalign", "Aligner Therapy", "Invisible Aligners", "Transparent Braces", "Removable Orthodontic Appliance", dan "Invisalign Mandibular Advancement", dikombinasikan dengan "Twin Block" atau "Functional Orthodontic Appliance", serta "Maloklusi Kelas II", "Skeletal Kelas II", atau "Retrusi Mandibular", dan istilah terkait usia seperti "Anak-anak", "Remaja", atau "Pasien Pediatrik".

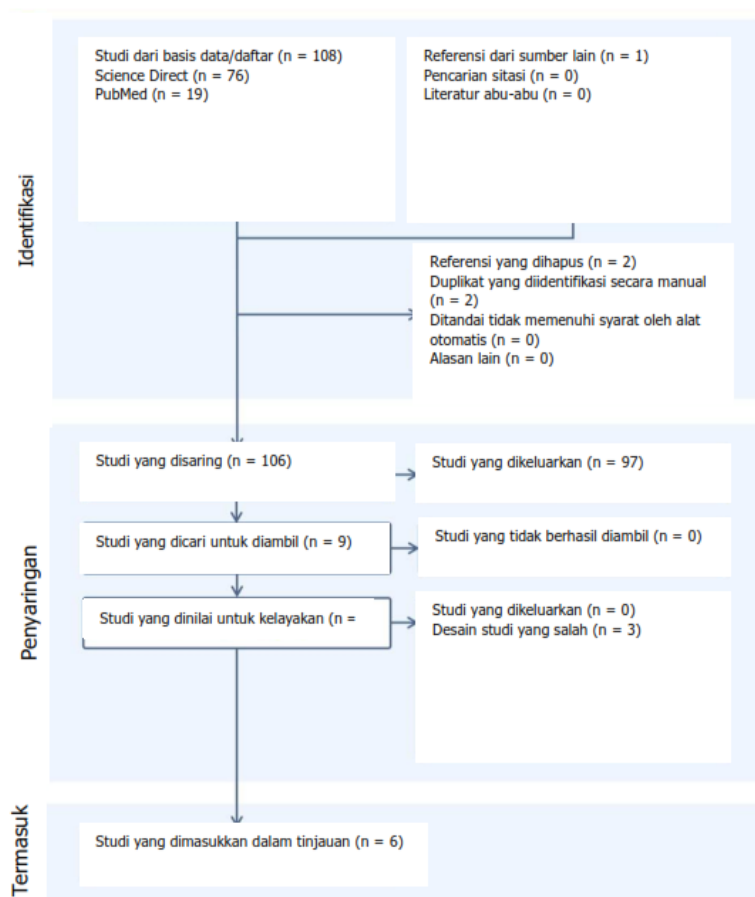
Strategi pencarian untuk Scopus melibatkan kueri: TITLE-ABS-KEY(("Clear Aligner" ATAU "Invisalign" ATAU "Aligner Therapy" ATAU "Invisible Aligners" ATAU "Transparent Braces" ATAU "Removable Orthodontic Appliance" ATAU "Invisalign Mandibular Advancement") AND ("Twin Block" ATAU "Functional Orthodontic Appliance")) AND TITLE-ABS-KEY(("Class II Malocclusion" ATAU "Skeletal Class II" ATAU "Mandibular Retrusion") AND ("Children" ATAU "Adolescents" ATAU "Pediatric Patients")). Untuk ScienceDirect, istilah pencarian meliputi (Clear Aligner ATAU Invisalign ATAU Aligner Therapy) AND (Twin Block ATAU Functional Appliance) AND (Class II Malocclusion ATAU Mandibular Retrusion) AND (Children ATAU Adolescents). Demikian pula, PubMed ditelusuri menggunakan string ("Invisalign mandibular advancement" ATAU Clear Aligner ATAU Invisalign) DAN (Twin Block ATAU Functional Appliance) DAN (Maloklusi Kelas II ATAU Retrusi Mandibular) DAN (Anak-anak ATAU Remaja).

Kelayakan studi ditentukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya. Studi dimasukkan jika bersifat observasional atau eksperimental dan dipublikasikan dalam jurnal ilmiah peer-review berbahasa Inggris antara tahun 2014 dan 2024. Penelitian primer dan sekunder, termasuk analisis post-hoc, dipertimbangkan. Populasi studi dibatasi pada anak-anak di bawah usia 18 tahun yang didiagnosis maloklusi Kelas II, dan intervensi harus melibatkan perawatan clear aligner. Perbandingan harus mencakup alat Twin Block, dan ukuran luaran harus menilai perubahan dentoskeletal, perubahan jalan napas, serta kepatuhan/kenyamanan pasien.

Studi dikeluarkan jika berupa laporan kasus, seri kasus, protokol penelitian, atau artikel tinjauan, atau jika berupa artikel dalam abstrak pers atau konferensi. Studi yang berfokus pada orang dewasa, pasien di luar fase pertumbuhan, individu dengan maloklusi Kelas I atau III, atau mereka yang memiliki kondisi sindromik yang memengaruhi perkembangan kraniofasial juga dikecualikan. Selain itu, penelitian yang melibatkan aligner bening untuk maloklusi selain Kelas II atau perbandingan dengan alat ortodontik non-fungsional atau cekat (misalnya, kawat gigi tradisional tanpa komponen fungsional) tidak dipertimbangkan. Lebih lanjut, studi yang gagal melaporkan hasil atau kepatuhan pasien dikecualikan dari tinjauan.

Tahap awal penelitian melibatkan pencarian artikel secara sistematis menggunakan tiga basis data dengan kata kunci yang telah ditentukan sebelumnya. Sebanyak 108 artikel diidentifikasi: 76 dari ScienceDirect, 19 dari PubMed, dan 13 dari Scopus. Setelah duplikat dihapus, tersisa 106 artikel. Penyaringan selanjutnya berdasarkan judul dan abstrak

mempersempit pilihan menjadi 9 artikel, dengan 97 artikel dikecualikan. Tinjauan teks lengkap akhir dilakukan, menghasilkan 6 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, sementara 3 artikel dikecualikan. Proses seleksi dan penyaringan ini diuraikan dalam diagram alur PRISMA (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA 2020 untuk Seleksi Studi³⁴

Penilaian kritis dilakukan untuk mengevaluasi risiko bias menggunakan Alat Penilaian Kritis Joanna Briggs Institute (JBI). Setiap studi yang disertakan dinilai berdasarkan delapan domain utama, termasuk kriteria inklusi, populasi dan latar studi, pengukuran paparan, identifikasi dan pengelolaan faktor perancu, pengukuran luaran, dan analisis statistik, untuk menentukan kualitas metodologi dan potensi sumber bias.³⁵ Ekstraksi data dilakukan secara independen oleh dua peninjau, yang dengan cermat mengumpulkan informasi dari studi-studi terpilih. Setiap perbedaan antarpeminjau diselesaikan melalui diskusi dan konsensus. Data yang diekstraksi mencakup detail publikasi, demografi partisipan, latar studi, intervensi, pembandingan, luaran, desain studi, metode analisis, hasil, sumber pendanaan, dan setiap konflik kepentingan yang dilaporkan, yang semuanya disusun secara sistematis dan didokumentasikan dalam spreadsheet Excel.

Hasil penilaian risiko bias dirangkum dalam Tabel 1. Menurut Alat Penilaian Kritis JBI, kualitas studi dikategorikan menjadi tiga tingkat: tinggi, sedang, dan rendah. Studi yang memperoleh skor di atas 70% tergolong berkualitas tinggi, studi yang memperoleh skor antara 50% dan 70% tergolong berkualitas sedang, dan studi dengan skor di bawah 50% dikategorikan berkualitas rendah.¹⁰ Di antara enam artikel yang termasuk dalam tinjauan sistematis ini, dua dinilai berkualitas tinggi, masing-masing dengan skor JBI melebihi 70%, sedangkan empat artikel sisanya memperoleh skor 63%, yang menempatkannya dalam kategori kualitas sedang.

Tabel 1. Penilaian kritis untuk studi kohort menggunakan kuesioner penilaian kritis kohort jbi

Indikator	Studi					
	Zhang et al. ³⁸	Yue et al. ⁴	Lombard o et al. ³⁹	Sun et al. ³⁶	He et al. ⁴¹	Caruso et al. ³⁷
Apakah kedua kelompok serupa dan direkrut dari populasi yang sama?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah paparan diukur dengan cara yang sama untuk menetapkan individu ke kelompok terpapar dan tidak terpapar?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah paparan diukur dengan cara yang valid dan andal?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah faktor perancu diidentifikasi?	Tidak jelas	Tidak jelas	Ya	Ya	Tidak jelas	Tidak jelas
Apakah strategi untuk menangani faktor perancu dijelaskan?	Tidak	Tidak	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
Apakah kelompok/partisipan bebas dari hasil (outcome) pada awal studi (atau saat paparan)?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah hasil (outcome) diukur dengan cara yang valid dan andal?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah waktu tindak lanjut dilaporkan dan cukup lama untuk memungkinkan hasil (outcomes) terjadi?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Apakah tindak lanjut dilakukan secara lengkap, dan jika tidak, apakah alasan hilangnya partisipan selama tindak lanjut dijelaskan dan dianalisis?	Tidak	Tidak jelas	Tidak jelas	Tidak jelas	Tidak jelas	Tidak jelas
Apakah strategi untuk mengatasi tindak lanjut yang tidak lengkap digunakan?	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Apakah analisis statistik yang tepat digunakan?	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Hasil	63%	63%	82%	73%	63%	63%

HASIL

Ekstraksi dan analisis data, Artikel-artikel yang termasuk dalam tinjauan sistematis ini terbatas pada artikel-artikel yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, antara tahun 2014 dan 2024. Satu artikel menggunakan studi analisis spasial tiga dimensi, dan lima artikel lainnya menggunakan desain studi retrospektif. Salah satu artikel juga menggunakan model uji klinis terkontrol. Dua studi dilakukan di Italia, tetapi sebagian besar penelitian yang dibahas dalam artikel ini dilakukan di Tiongkok.

Data yang diekstraksi dari studi-studi tersebut meliputi (1) desain studi, (2) ukuran dan karakteristik sampel, (3) jenis intervensi yang digunakan dan pembandingnya, (4) luaran, dan (5) kesimpulan. Data yang diperoleh kemudian diformulasikan dalam tabel dan dianalisis secara kuantitatif.

Hasil studi individu studi ini terdiri dari total enam artikel, lima di antaranya merupakan studi retrospektif, sementara satu artikel menggunakan studi analisis spasial tiga dimensi untuk mengevaluasi efek CA dengan MA dibandingkan dengan alat TB. Namun, ukuran sampel bervariasi, berkisar antara 20 hingga 56 pasien, dengan usia sampel adalah anak-anak berusia 8 hingga 14 tahun. Berikut adalah ringkasan naratif dari hasil studi individual: Sun et al.,³⁶ melakukan studi kohort komparatif retrospektif di

Departemen Ortodontik Rumah Sakit Afiliasi Ketiga Universitas Sun Yat-sen, dengan 46 pasien (23 laki-laki dan 23 perempuan; usia rerata $13,69 \pm 4,25$ tahun). Partisipan dibagi menjadi kelompok TB dan CA dengan MA. Maloklusi Skeletal Kelas II Divisi 1, overjet 5 hingga 10 mm, dan tidak memerlukan perawatan ortodontik sebelumnya. Kedua alat secara signifikan mengurangi sudut ANB dan meningkatkan pertumbuhan mandibula. Namun, alat CA dengan MA lebih efektif dalam meretraksi Titik A, sementara alat TB menghasilkan kemajuan mandibula yang lebih besar. Studi ini menemukan bahwa kedua alat tersebut efektif memperbaiki maloklusi Kelas II, tetapi alat CA dengan MA lebih efektif dalam menyelaraskan gigi anterior, sementara alat TB menunjukkan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan sudut nasolabial.

Demikian pula, Caruso *et al.*,³⁷ menganalisis 20 pasien (10 di setiap kelompok) dalam studi retrospektif yang membandingkan alat CA dengan MA dan TB. Kriteria inklusi meliputi SNB $<78^\circ$, ANB $>4^\circ$, dan tahap pematangan vertebra servikal CS3. Mereka melaporkan bahwa kedua alat tersebut efektif mengurangi overjet dan menangani maloklusi Kelas II. Namun, CA dengan MA menawarkan kontrol yang lebih besar atas gigi frontal atas, sedangkan TB lebih efektif dalam memperluas dimensi mandibula.³⁷ Evaluasi tiga dimensi oleh Zhang *et al.*,³⁸ pada 49 pasien (25 pada kelompok CA dengan MA, 24 pada kelompok TB) membandingkan efek sendi temporomandibular (TMJ) dari TB dan CA dengan MA. Kedua alat tersebut mendorong pertumbuhan kondilus dan kemajuan mandibula, tetapi alat TB menyebabkan peningkatan yang lebih signifikan dalam panjang ramus mandibula. Sebaliknya, CA dengan MA meningkatkan ruang sendi superior, menunjukkan cara kerja yang berbeda pada morfologi TMJ.

Selain itu, Lombardo *et al.*,³⁹ menganalisis 45 pasien (22 pada kelompok TB, 23 pada kelompok CA dengan MA) dalam uji klinis retrospektif yang berfokus pada dimensi jalan napas pada pasien Kelas II dengan gangguan pernapasan saat tidur (SDB). Penelitian ini menggunakan sefalogram lateral dan Kuesioner Tidur Pediatrik (PSQ) untuk mengukur dimensi jalan napas sebelum dan sesudah perawatan. Kedua alat tersebut memperbaiki ukuran jalan napas atas dan bawah, dengan CA dengan MA menunjukkan hasil yang lebih baik pada jalan napas bawah dan TB menunjukkan perbaikan yang lebih besar pada jalan napas atas.

Yue *et al.*,⁴⁰ meneliti efek CA dengan alat MA dan TB pada morfologi jalan napas atas dan posisi tulang hyoid dalam studi berbasis CBCT yang melibatkan 32 anak (16 per kelompok perlakuan). Kedua alat tersebut menghasilkan peningkatan volume orofaringeal dan hipofaringeal yang signifikan, yang menyebabkan penurunan resistensi pernapasan dan peningkatan kualitas pernapasan. Alat CA dengan MA menunjukkan kapasitas yang lebih besar untuk memperluas daerah hipofaring yang paling menyempit. Selain itu, kedua alat tersebut mendorong perpindahan hyoid anterior-inferior, yang berkontribusi pada pelebaran jalan napas.

He *et al.*,⁴¹ melalui analisis retrospektif dari 24 pasien anak (12 diobati dengan CA dengan MA dan 12 dengan TB) yang didiagnosis dengan maloklusi Kelas II Divisi 1 di Rumah Sakit Stomatologi Universitas Zhejiang, mengkonfirmasi efek positif dari kedua alat pada parameter rangka sagittal dan vertikal, seperti yang dinilai menggunakan radiografi sefalometri. Kedua alat secara signifikan mengurangi sudut ANB dan memperbaiki overjet, tanpa perbedaan besar dalam perubahan sagital antara kedua kelompok.⁴¹ Namun, alat TB dikaitkan dengan pertumbuhan vertikal yang lebih besar, sementara CA dengan MA menunjukkan hasil estetika yang lebih baik dan kepatuhan pasien.⁴¹ Temuan ini secara kolektif menyoroti efektivitas berbagai alat ortodontik dalam mengelola maloklusi Kelas II dan kondisi terkait, sekaligus menekankan keuntungan spesifik dari setiap perangkat dalam aspek klinis yang berbeda.

Tabel 2. Hasil ekstraksi data

Studi	Zhang et al. ³⁸	Yue et al. ⁴⁰	Lombardo et al. ³⁹	Sun et al. ³⁶	He et al. ⁴¹	Caruso et al. ³⁷
Negara	Cina	Cina	Italia	Cina	Cina	Italia
Desain Studi	Studi analisis spasial tiga dimensi	Studi retrospektif	Studi retrospektif	Studi retrospektif	Studi retrospektif	Studi retrospektif
Ukuran dan Karakteristik Sampel	40 remaja dengan maloklusi Kelas II Divisi 1, berusia 11–14 tahun	32 anak dengan maloklusi Kelas II, berusia 8–11,5 tahun	45 pasien Kelas II (22 menggunakan Twin Block dengan usia 12,0 ± 1,3 tahun, 23 menggunakan Invisalign MA dengan usia 12,2 ± 1,1 tahun) dengan riwayat positif Gangguan Pernapasan saat Tidur (Sleep Disorder Breathing/SDB)	46 pasien (23 laki-laki, 23 perempuan; usia rata-rata 13,69 ± 4,25 tahun) dengan maloklusi skeletal Kelas II Divisi I	24 anak dengan maloklusi Kelas II Divisi I pada masa pergantian gigi campuran akhir atau gigi permanen awal	20 pasien (10 dirawat dengan MA, dan 10 dirawat dengan TB, usia rata-rata 10 ± 1,05 tahun, SNB > 78 dan ANB > 4)
Intervensi	Invisalign MA	Invisalign MA	Invisalign MA	Sistem Angelalign	Sistem Angelalign	Invisalign MA
Pembanding Hasil	Twin Block Kedua alat tersebut secara signifikan meningkatkan hubungan spasial sendi temporomandibular.	Twin Block Pergerakan posisi tulang hioid dan morfologi saluran napas atas yang lebih besar terlihat pada penggunaan Invisalign MA untuk perbaikan hipofaringeal.	Twin Block Perbaikan signifikan pada dimensi saluran napas dan gejala terkait Gangguan Pernapasan saat Tidur (SDB) diamati pada kedua kelompok.	Twin Block Alat A6 lebih efektif dalam menggerakkan Titik A dan menarik gigi anterior, sementara Twin Block (TB) lebih baik dalam memajukan Titik B dan meningkatkan sudut nasolabial.	Twin Block Kedua kelompok mengalami pengurangan overjet yang signifikan, tetapi tidak ada perubahan sagital yang signifikan.	Twin Block TB lebih efektif dalam meningkatkan dimensi mandibula, sedangkan MA memberikan kontrol yang lebih baik terhadap gigi depan atas.
Kesimpulan	Kedua alat tersebut secara efektif memperbaiki posisi sendi temporomandibular, tanpa perbedaan signifikan antara kelompok.	Morfologi saluran napas diperbaiki oleh kedua perangkat, tetapi hipofaring diperlebar lebih efektif oleh Invisalign MA.	Kedua alat tersebut berharga sebagai pilihan pengobatan yang sesuai untuk pasien Kelas II dengan gangguan pernapasan.	Twin Block (TB) dan aligner A6 keduanya merupakan pengobatan yang efektif untuk maloklusi Kelas II. Namun, aligner A6 memiliki keunggulan lebih besar dalam memindahkan Titik A ke belakang dan menarik gigi anterior,	Aligner bening Angelalign efektif dalam mengobati pasien anak-anak dengan maloklusi Kelas II dan mandibula retrognatik, memberikan hasil yang sebanding dengan alat Twin Block (TB).	Baik TB maupun MA efektif dalam mengobati maloklusi skeletal Kelas II; namun, MA tampaknya lebih direkomendasikan pada kasus Kelas II di mana diperlukan pengendalian posisi gigi depan atas.

sehingga
lebih efektif
untuk
mengoreksi
maloklusi
skeletal
Kelas II.

PEMBAHASAN

Tujuan dari tinjauan sistematis ini adalah untuk membandingkan efektivitas alat CA dengan MA dan TB dalam menangani maloklusi Kelas II pada anak-anak. Beberapa penelitian telah memberikan data berharga mengenai efek dentoskeletal, perubahan jalan napas, dan luaran pasien setelah perawatan dengan kedua modalitas ini yang terdapat dalam literatur (Tabel 2).

Efek dentoskeletal baik alat TB maupun CA dengan MA efektif mengatasi maloklusi Kelas II dengan meningkatkan pertumbuhan mandibula dan memperbaiki hubungan skeletal sagital. Studi oleh Sun *et al.*,³⁶ menunjukkan bahwa kedua alat tersebut secara signifikan memperbaiki hubungan skeletal sagital. Namun, alat TB menghasilkan perubahan yang lebih nyata, dengan penurunan sudut ANB yang lebih besar ($-1,27 \pm 1,14^\circ$) dibandingkan dengan kelompok CA dengan MA ($-0,92 \pm 1,86^\circ$), yang menunjukkan koreksi retrusi mandibula yang lebih efektif. Dalam penelitian mereka, sudut SNB hanya meningkat secara signifikan pada kelompok TB ($1,57 \pm 1,22^\circ$). Hasil ini sejalan dengan temuan Caruso *et al.*,³⁷ yang menemukan bahwa kedua alat tersebut menghasilkan penurunan sudut ANB, yang secara signifikan lebih tinggi ($p < 0,001$) pada kelompok TB (dari $8,5 \pm 3,8$ menjadi $2,9 \pm 0,9$) dibandingkan dengan kelompok CA dengan MA (dari $5,7 \pm 1,9$ menjadi $2,3 \pm 0,8$). Kedua alat tersebut menyebabkan peningkatan SNB yang signifikan secara statistik, menunjukkan efikasi kedua alat tersebut.

Menurut Sun *et al.*,³⁶ kelompok TB mengalami peningkatan yang lebih nyata dalam panjang mandibula (Co-Gn), yang menunjukkan bahwa posisi mandibula ke depan yang berkepanjangan dengan alat TB mendorong perkembangan rangka yang lebih substansial. Sementara kedua alat berkontribusi pada perkembangan wajah vertikal, CA dengan alat MA menunjukkan kontrol vertikal yang lebih baik, sebagaimana dibuktikan oleh peningkatan yang lebih tinggi pada tinggi wajah anterior bawah (ANS-Me) (dari $57,44 \pm 4,27$ menjadi $60,56 \pm 4,70$) dibandingkan dengan alat TB (dari $62,31 \pm 4,32$ menjadi $64,96 \pm 4,08$).³⁶ Temuan ini menunjukkan bahwa CA dengan alat MA mungkin lebih bermanfaat pada pasien yang memerlukan manajemen pertumbuhan vertikal.³⁶

Zhang *et al.*,³⁸ mengonfirmasi sebuah studi menggunakan computed tomography cone-beam tiga dimensi (CBCT) untuk mengevaluasi perubahan sendi temporomandibular (TMJ), yang mengungkapkan bahwa kedua alat tersebut efektif menstimulasi pertumbuhan kondilus dan pemanjangan mandibula. Kelompok TB menunjukkan peningkatan yang lebih substansial dalam panjang ramus mandibula ($4,74$ mm), yang menunjukkan stimulasi pertumbuhan mandibula vertikal yang lebih kuat. Sebaliknya, kelompok CA dengan MA menunjukkan peningkatan yang lebih besar dalam tinggi kondilus ($2,38$ mm vs. $1,97$ mm pada TB), yang menunjukkan bahwa aligner bening lebih mendukung pertumbuhan kondilus vertikal daripada kemajuan sagital.⁴⁰

Demikian pula, Radwan *et al.*,²¹ menunjukkan dalam uji coba terkontrol acak bahwa TB tetap unggul dalam menstimulasi panjang mandibula. Meskipun CA juga dapat menginduksi kemajuan mandibula, studi oleh Wu *et al.*²⁴ dan Sabouni *et al.*⁴² menunjukkan bahwa efek skeletal mereka lebih ringan dibandingkan dengan TB.

Namun, CA dengan MA menawarkan kontrol gigi yang lebih baik, mempertahankan inklinasi gigi seri atas sambil tetap secara efektif mengurangi overjet. Sun *et al.*,³⁶ dan Caruso *et al.*,³⁷ keduanya menemukan bahwa peralatan TB meretroklinasi gigi seri atas, berkontribusi pada pengurangan overjet. Sebaliknya, CA dengan peralatan MA memberikan kontrol yang lebih baik atas inklinasi gigi seri atas, mempertahankan estetika gigi.³⁷

He *et al.*,⁴¹ melaporkan pengurangan overjet yang signifikan pada kelompok CA dengan MA ($4,91 \pm 0,61$ mm) dan kelompok TB ($4,40 \pm 0,43$ mm) ketika membandingkan pengukuran sebelum dan sesudah perawatan. Demikian pula, Wu *et al.*,⁴² menyoroti bahwa CA dengan MA dapat mencapai perubahan kerangka yang sebanding dengan peralatan fungsional tradisional. Studi mereka mengkonfirmasi bahwa CA dengan MA menyebabkan kemajuan mandibula dengan perbaikan parameter dentoalveolar.^{41,42} Namun, mereka mencatat bahwa meskipun hasil kerangka serupa, efek dentoalveolar kurang menonjol pada kelompok CA dengan MA dibandingkan dengan peralatan tradisional.^{41,42}

Perubahan saluran pernapasan peningkatan dimensi jalan napas merupakan aspek penting dalam penanganan pasien maloklusi Kelas II, terutama pada mereka yang mengalami gangguan pernapasan saat tidur (SDB). Dalam studi berbasis CBCT, Zreagat *et al.*⁴³ menemukan perbaikan signifikan pada morfologi jalan napas bagian atas, terutama di orofaring, pada anak-anak dengan apnea tidur obstruktif (OSA) dan maloklusi Kelas II.⁴⁴ Perubahan morfologi ini berkaitan dengan perbaikan parameter pernapasan, yang menunjukkan efikasi alat TB dalam mengatasi konstiksi jalan napas pada pasien OSA anak. Demikian pula, Entrenas *et al.*,⁴⁴ menyatakan bahwa terdapat peningkatan signifikan pada ukuran jalan napas bagian atas baik di nasofaring maupun orofaring setelah penanganan TB dini pada pasien maloklusi Kelas II mandibula. Pembesaran jalan napas ini disertai dengan peningkatan kualitas pernapasan, termasuk pengurangan gejala seperti mendengkur dan bernapas melalui mulut.

Yue *et al.*,⁴⁰ menunjukkan bahwa baik TB maupun CA dengan piranti MA secara signifikan meningkatkan dimensi jalan napas atas, terutama di daerah orofaringeal dan hipofaring. Studi ini menemukan bahwa piranti TB menghasilkan peningkatan volume orofaringeal yang lebih besar ($2194,56 \text{ mm}^3$) dibandingkan dengan piranti CA dengan MA ($1691,89 \text{ mm}^3$), yang menunjukkan bahwa piranti TB memberikan efek yang lebih menonjol pada ekspansi jalan napas tengah. Hasil ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa piranti TB, melalui reposisi mandibula yang berkelanjutan, mendorong perpindahan lidah dan jaringan lunak ke depan, sehingga menyebabkan pelebaran jalan napas orofaringeal yang lebih besar.⁴⁰ Namun, piranti CA dengan MA menunjukkan efek yang lebih unggul dalam memperbesar daerah hipofaring, yang dianggap sebagai segmen jalan napas paling kritis pada pasien apnea tidur obstruktif (OSA). Luas penampang minimum (mCSA) hipofaring meningkat sebesar $43,3 \text{ mm}^2$ pada kelompok CA dengan MA, secara signifikan lebih tinggi daripada peningkatan sebesar $13,29 \text{ mm}^2$ yang diamati pada kelompok TB. Hal ini menunjukkan bahwa kemajuan mandibula yang bertahap dan terkontrol pada alat CA dengan MA memberikan kelegaan yang lebih baik untuk penyempitan jalan napas di saluran napas bagian bawah, menawarkan potensi terapeutik yang lebih besar bagi pasien dengan konstiksi hipofaring. Kedua alat tersebut secara signifikan mengubah posisi tulang hyoid, berkontribusi pada peningkatan patensi jalan napas. Reposisi tulang hyoid ke depan dan ke bawah membantu mencegah kolaps jalan napas saat tidur, faktor kunci dalam menangani OSA. Meskipun derajat perpindahan tulang hyoid serupa pada kedua kelompok, efek alat CA dengan MA yang lebih konsisten pada hipofaring menyoroti keunggulannya dalam mengatasi konstiksi atau obstruksi jalan napas bagian bawah.⁴⁰

Demikian pula, Lombardo *et al.*,³⁹ membandingkan efek alat TB dan CA dengan MA terhadap morfologi jalan napas pada pasien Kelas II dengan gangguan pernapasan. Studi mereka melaporkan bahwa kedua alat secara signifikan meningkatkan dimensi jalan napas dan mengurangi gejala pernapasan di siang hari. Alat TB lebih efektif dalam melebarkan jalan napas bagian atas, terutama di daerah orofaringeal, sementara CA dengan MA lebih efisien dalam memperluas jalan napas bagian bawah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa alat tersebut dapat menargetkan daerah jalan napas yang berbeda tergantung pada desainnya, dengan TB mendorong perubahan skeletal yang lebih substansial dan CA dengan MA menawarkan kenyamanan yang lebih besar serta hasil estetika yang lebih baik. CA mungkin memiliki keuntungan dalam merawat pasien dengan dimensi jalan napas yang terganggu akibat retrusi mandibula.⁴⁰ Temuan ini menggarisbawahi potensi terapeutik kedua alat dalam menangani masalah terkait jalan napas pada pasien yang sedang

tumbuh. Selain itu, Feng *et al.*,³¹ menunjukkan manfaat jalan napas dari sistem CA yang dimodifikasi, yang sangat mirip dengan kinerja alat TB. Temuan mereka menguatkan studi sebelumnya, yang menunjukkan bahwa kedua modalitas dapat berdampak positif pada morfologi jalan napas dan fungsi pernapasan.

Kenyamanan dan kepatuhan pasien alat ortodontik dapat menyebabkan rasa sakit, ketidaknyamanan, dan keterbatasan fungsional, yang seringkali merupakan efek samping paling mengganggu.^{45,46} Ketidaknyamanan merupakan alasan umum pasien tidak bekerja sama dalam perawatan ortodontik.^{46–48} Kepatuhan dan kepuasan pasien sangat penting untuk keberhasilan perawatan ortodontik.^{48,49} Sebuah studi oleh Bie *et al.* (2024) menekankan bahwa tingkat kepatuhan dalam perawatan ortodontik seringkali dipengaruhi oleh masalah estetika, terutama pada pasien remaja.²³

CA menawarkan keuntungan signifikan dalam aspek estetika, kenyamanan, dan kebersihan, yang dapat meningkatkan kepatuhan pasien terhadap rejimen perawatan.⁵⁰ Lombardo *et al.*,³⁹ mencatat bahwa CA dengan perangkat MA yang kurang mengganggu dapat mendorong kepatuhan yang lebih baik di antara remaja yang mengutamakan penampilan.³⁸ Faktor-faktor ini penting dalam mempertahankan kepatuhan tinggi, yang secara langsung memengaruhi hasil pengobatan.⁴⁹ Sebaliknya, peralatan TB dikenal luas karena kemampuannya merangsang pertumbuhan mandibula secara efektif, tetapi ukurannya yang besar dan potensi mengganggu bicara dapat berdampak negatif pada kepatuhan pasien.^{39,38} Penelitian melaporkan tingkat ketidakpatuhan hingga 34% pada pengguna TB, sering kali disebabkan ketidaknyamanan dan masalah estetika.²⁰

Karena CA hampir tidak terlihat, alat ini dapat mendorong kepatuhan yang lebih baik dibandingkan peralatan TB yang memiliki komponen logam terlihat dan memerlukan pemakaian konsisten untuk kemanjuran.^{51, 50} Namun, efektivitas pengobatan berkorelasi langsung dengan waktu pemakaian. Pasien harus memakai aligner setidaknya 20–22 jam setiap hari untuk mencapai keberhasilan perawatan, dan ketidakpatuhan dapat menyebabkan durasi perawatan lebih lama serta potensi komplikasi.^{52,51} Studi menegaskan bahwa meskipun kenyamanan telah meningkat, jika pasien tidak mematuhi jadwal pemakaian aligner yang direkomendasikan, hasil perawatan dapat terganggu.^{50,49}

Meningkatkan kepatuhan merupakan faktor penting keberhasilan perawatan, CA dengan MA dapat menawarkan keuntungan praktis dalam kasus di mana kerja sama pasien menjadi perhatian.^{49,48} Hal ini khususnya relevan bagi pasien remaja, yang sering mengutamakan estetika dan kenyamanan dalam memilih perawatan.^{18,53,18,52} Namun, alat TB tetap menjadi standar emas dalam koreksi rahang fungsional karena efek skeletalnya yang kuat. Upaya meningkatkan kepatuhan, seperti strategi edukasi dan motivasi pasien, dapat membantu mengoptimalkan hasil perawatan TB. Studi selanjutnya sebaiknya menyelidiki pendekatan hibrida, seperti mengintegrasikan CA dengan fitur alat fungsional untuk meningkatkan koreksi skeletal sekaligus mempertahankan estetika dan kenyamanan pasien.

Implikasi Klinis kedua alat, khususnya CA dengan MA dan TB, telah terbukti efektif dalam menangani maloklusi Kelas II pada anak-anak.^{18,30} Namun, terdapat perbedaan penting antara kedua perawatan tersebut. Alat TB secara konsisten menunjukkan dampak yang lebih besar pada kemajuan skeletal, terutama dalam hal proyeksi dagu dan reposisi mandibula, sementara Invisalign MA menawarkan keuntungan signifikan dalam kenyamanan pasien, estetika, dan kepatuhan, yang dapat memengaruhi keberhasilan perawatan secara keseluruhan.^{36,37,41,54,55,35,36,40,53,54} Selain itu, CA dengan MA tampaknya lebih efektif dalam mengatasi penyempitan jalan napas hipofaring, yang berpotensi menguntungkan pasien dengan masalah jalan napas bagian atas.^{39,40,38,39}

Untuk pasien yang memerlukan kemajuan mandibula yang substansial, TB tetap menjadi pilihan lebih disukai karena efek skeletalnya yang superior. Namun, bagi pasien yang memprioritaskan estetika dan kenyamanan, CA dengan MA menawarkan alternatif yang layak dengan perbaikan jalan napas yang sebanding. Meskipun terdapat hasil positif ini, studi jangka panjang lebih lanjut, khususnya uji coba terkontrol acak, masih diperlukan untuk memahami sepenuhnya stabilitas hasil yang dicapai oleh CA dengan MA dibandingkan dengan alat TB. Penelitian di masa depan juga perlu mengeksplorasi

efektivitas perawatan ini pada kasus maloklusi Kelas II serta konstiksi atau obstruksi jalan napas yang lebih parah.

Kekuatan dan keterbatasan tinjauan sistematis ini menawarkan beberapa keunggulan utama. Pertama, tinjauan ini memberikan perbandingan komprehensif antara alat CA dengan MA dan TB, dua pilihan perawatan yang umum digunakan untuk maloklusi Kelas II pada pasien yang sedang tumbuh. Sintesis data ini membekali dokter gigi dengan bukti terbaru untuk membuat keputusan perawatan yang lebih tepat. Selain itu, fokus tinjauan pada anak-anak menargetkan kelompok usia kritis di mana intervensi ortodontik dini dapat berdampak signifikan pada perkembangan gigi dan rangka, menjadikan temuan ini sangat berharga bagi dokter gigi ortodontis dan dokter gigi anak yang menangani pasien yang lebih muda.

Keunggulan lainnya adalah disertakannya studi yang menilai dampak kedua alat tersebut terhadap morfologi saluran napas atas dan posisi tulang hyoid. Fokus pada pertimbangan saluran napas ini penting karena membahas semakin diakuinya peran perawatan ortodontik dalam menangani gangguan pernapasan saat tidur dan masalah terkait saluran napas lainnya. Lebih lanjut, dengan menekankan perbedaan kepatuhan dan kenyamanan pasien antara alat CA dan TB, tinjauan ini menawarkan wawasan penting bagi praktisi yang berupaya menyeimbangkan efektivitas klinis dengan kepuasan pasien serta kepatuhan jangka panjang terhadap perawatan.

Keterbatasan dari tinjauan sistematis ini adalah terbatasnya jumlah studi berkualitas tinggi yang tersedia untuk perbandingan. Beberapa studi yang disertakan bersifat retrospektif, sehingga berpotensi menimbulkan bias seleksi dan membatasi kekuatan inferensi kausal. Kurangnya uji coba terkontrol acak (RCT) yang secara langsung membandingkan TB dan CA dengan alat MA semakin melemahkan kekuatan bukti secara keseluruhan. Tantangan lainnya adalah periode tindak lanjut jangka pendek pada sebagian besar studi, yang menimbulkan pertanyaan mengenai stabilitas jangka panjang dari luaran pengobatan. Hal ini menimbulkan ketidakpastian tentang durabilitas perubahan dentoskeletal yang diinduksi oleh CA dengan MA dibandingkan dengan alat TB dalam jangka waktu yang panjang.

Terakhir, temuan ini memiliki implikasi klinis praktis, membantu klinisi memilih modalitas pengobatan yang paling tepat berdasarkan kebutuhan individu pasien, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti koreksi skeletal, preferensi pasien, dan kepatuhan.

SIMPULAN

Singkatnya, baik alat CA dengan MA maupun TB merupakan pilihan yang layak untuk menangani maloklusi Kelas II pada pasien yang sedang tumbuh, dan pemilihan alat harus didasarkan pada presentasi klinis, preferensi pasien, serta tujuan perawatan spesifik. Meskipun kedua pilihan perawatan menunjukkan hasil yang menjanjikan, uji coba terkontrol acak jangka panjang lebih lanjut diperlukan untuk menilai stabilitas dan efektivitasnya dengan lebih baik. Implikasi dari penelitian ini perawatan harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pasien, kondisi klinis, dan luaran yang diinginkan. Kemajuan teknologi CA yang berkelanjutan dapat memperluas penerapannya, berpotensi menutup kesenjangan antara estetika dan koreksi skeletal yang efektif pada pasien yang sedang tumbuh.

Author Contribution: Konseptualisasi, C.N.R.J. dan R.S.P.; metodologi, C.N.R.J. dan R.S.P.; perangkat lunak, C.N.R.J.; validasi, C.N.R.J. dan R.S.P.; analisis formal, C.N.R.J. dan R.S.P.; investigasi, C.N.R.J. dan R.S.P.; sumber daya, C.N.R.J. dan R.S.P.; pengelolaan data, R.S.P.; penulisan—persiapan draft asli, C.N.R.J. dan R.S.P.; penulisan—review dan penyuntingan, C.N.R.J. dan R.S.P.; visualisasi, C.N.R.J.; supervisi, R.S.P.; administrasi proyek, C.N.R.J. dan R.S.P.; perolehan dana, C.N.R.J. dan R.S.P. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang dipublikasikan.

Ketersediaan Data: Data yang mendukung temuan tinjauan sistematis ini berasal dari studi-studi yang telah dipublikasikan sebelumnya dan tersedia secara publik melalui basis data seperti PubMed, ScienceDirect, dan Scopus. Tidak ada data primer baru yang dihasilkan atau dikumpulkan untuk studi ini. Informasi lebih lanjut dapat diperoleh dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar.

Konflik Kepentingan: "Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdellatif HM, Sawan N, Alabdulmohsen AM, Alkheraif G, Alkhonin H, Ali A, et al. Prevalence and risk indicators of primary dentition malocclusion in Riyadh-Saudi Arabia using a new case definition: A cross-sectional study. *Saudi Dent J* [Internet]. 2024 ;36(1):60–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.09.003>
2. De Ridder, L., Aleksieva, A., Willems, G., Declerck, D., & Cadenas de Llano-Pérula, M. (2022). Prevalence of Orthodontic Malocclusions in Healthy Children and Adolescents: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7446. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph19127446>
3. Inayah Y, Horax S, Fajriani, Marhamah, Erwansyah E. Malocclusion: prevention and treatment during growth and development. *Makassar Dental Journal* [Internet]. 2021;10(3):264–7. Available from: <https://doi.org/10.35856/mdj.v10i3.462>
4. Zhou X, Chen S, Zhou C, Jin Z, He H, Bai Y, et al. Expert consensus on early orthodontic treatment of class III malocclusion. *Int J Oral Sci* [Internet]. 2025;17(1):20. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41368-025-00357-9>
5. Nascimento LV do, De Sousa HJL, Paiva Neto G de O, Oliveira NC da S de, Meira G de F, Santos BRM dos. Treatment of Class II division 1 Angle malocclusion with Extrabuccal apparatus: a case report. *Brazilian Journal of Case Reports*. 2022;2(3):83–9. Available from: <https://doi.org/10.52600/2763-583X.bjcr.2022.2.3.83-89>
6. Alhammadi MS, Qasem AAA, Yamani AMS, Duhduh RDA, Alshahrani RT, Halboub E, et al. Skeletal and dentoalveolar effects of class II malocclusion treatment using bi-maxillary skeletal anchorage: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):1–16. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02363-3>
7. de Araújo Brito DB, Henriques JFC, Fiedler CF, Janson G. Effects of class ii division 1 malocclusion treatment with three types of fixed functional appliances. *Dental Press J Orthod*. 2019;24(5):30–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.24.5.030-039.oar>
8. Shinwari AR, Zia MH. Impact of malocclusion of oral health related quality of life among 13-18 years visiting dental hospital. 2023;7(June):2172–8. Available from: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v7nS1.14467>
9. Baskaradoss JK, Geervarghese A, Alsaadi W, Alemam H, Alghaihab A. The impact of malocclusion on the oral health related quality of life of 11 – 14 - year - old children. 2022;1–6. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03127-2>
10. Jain N, Soni S. An overview of class II division 2 malocclusion. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2021;5:214–21. Available from: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v5nS2.5635>
11. Lone IM, Zohud O, Midle J, Proff P, Watted N, Iraqi FA. Skeletal Class II Malocclusion: From Clinical Treatment Strategies to the Roadmap in Identifying the Genetic Bases of Development in Humans with the Support of the Collaborative Cross Mouse Population. *J Clin Med*. 2023;12(15):5148. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm12155148>
12. Cardarelli F, Drago S, Rizzi L, Bazzani M, Pesce P, Menini M, et al. Effects of Removable Functional Appliances on the Dentoalveolar Unit in Growing Patients. *Medicina (B Aires)*. 2024;60(5):746. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina60050746>
13. Batra A, Shetty V. Effect of Twin-block Appliance on Pharyngeal Airway, Sleep Patterns, and Lung Volume in Children with Class II Malocclusion. *J Contemp Dent Pract*. 2022;23(1):66–73. Available from: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3289>
14. JM S, A S, JF C. Obstructive Sleep Apnea [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2024 [cited 2025 Mar 16]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459252/>
15. McNicholas WT, Pevernagie D. Obstructive sleep apnea: transition from pathophysiology to an integrative disease model. *J Sleep Res*. 2022;31(4):e13616. Available from: <https://doi.org/10.1111/jsr.13616>
16. Zreagat MH, Hassan R, Alforaidi S. Snoring and Obstructive Sleep Apnea in Children with Class II Skeletal Malocclusion: Efficacy of Twin Block Management. In: Isik B, editor. *Rijeka: IntechOpen*; 2023. Available from: <https://doi.org/10.5772/intechopen.113375>
17. Stoica SN, Nimigean V, Justina M, Virlian R. The Pathology of the First Permanent Molar during the Mixed Dentition Stage — Review. *Applied sciences*. 2023;13(438). Available from: <https://doi.org/10.3390/app13010483>
18. Inchingolo AD, Dipalma G, Ferrara I, Viapiano F, Netti A, Ciocia AM, et al. Clear Aligners in the Growing Patient: A Systematic Review. 2024;1–15. Available from: <https://doi.org/10.3390/children11040385>
19. Schneider-moser UEM. Very early orthodontic treatment: when, why and how? Vol. 27. 2022. 1–47 p. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.27.2.e22spe2>
20. Makhbul MZM, Hassan WNW. A Clinical Audit of the Success Rate of Removable Functional Appliances Treatment. *Malays Dent J*. 2019;1(1):61–73.
21. Radwan ES, Maher A, Montasser MA. Comparative Evaluation of Twin Block Appliance and Fixed Orthodontic Appliance in Early Class II Malocclusion Treatment: A Randomized Controlled Trial. *J Contemp Dent Pract*. 2022;23(11):1111–21. Available from: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3426>
22. Liu A, Zhang W, Zhang W, Shi S, Chen Z, Liu Y, et al. Efficacy of a modified twin block appliance compared with the traditional twin block appliance in children with hyperdivergent mandibular retrognathia: protocol for a single-centre, single-blind, randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2023;13(11):e071959–e071959. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-071959>
23. Bie RM Van Der, Bos A, Joseph J, Bruers M, Edwin R, Jonkman G. Patient adherence in orthodontics: a scoping review. *BDJ Open*. 2024;(May). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41405-024-00235-2>
24. Sabouni W, Hansa I, Al Ali SM, Adel SM, Vaid N. Invisalign treatment with mandibular advancement: A retrospective cohort cephalometric appraisal. *J Clin Imaging Sci*. 2022;12:42. Available from: <https://doi.org/10.25259/JCIS.64.2022>
25. Behroozian A, Kalman L. Clear Twin Block: A Step Forward in Functional Appliances. *Dent Hypotheses*. 2020;11(3):91. Available from: <https://doi.org/10.4103/denthyp.denthyp.14.20>
26. AlMogbel AbdulMajeed. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. *J Orthod Sci*. 2023 Sep;12(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.4103/jos.jos.30.23>
27. Vijayalakshmi K. Textbook of orthodontics. 1st Editio. New Delhi, India: CBS Publishers & Distributors Pvt Ltd; 2020. 419 p.

28. Gurgel ML, de Oliveira Ruellas AC, Bianchi J, McNamara JAJ, Tai S, Franchi L, et al. Clear aligner mandibular advancement in growing patients with Class II malocclusion. *AJO-DO clinical companion*. 2023;3(2):93–109. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.xaor.2023.01.003>
29. Meade MJ, Weir T. Clinical efficacy of the Invisalign mandibular advancement appliance: A retrospective investigation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2024;165(5):503–12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2023.11.008>
30. D'Antò V, De Simone V, Caruso S, Bucci P, Valletta R, Rongo R, et al. Effects of clear aligners treatment in growing patients: a systematic review. *Frontiers in Oral Health*. 2024;5(January). Available from: <https://doi.org/10.3389/froh.2024.1512838>
31. Feng Q, Jiang F, Wang H, Shen G, Zhao Z, Jiang L, et al. Evaluation of modified clear Twin Block aligner in treating adolescents with skeletal class III malocclusion: A two-centre cephalometric study. *Orthod Craniofac Res*. 2024;27(4):665–73. Available from: <https://doi.org/10.1111/ocr.12783>
32. Lombardo EC, Lione R, Franchi L, Gaffuri F, Maspero C, Cozza P, et al. Dentoskeletal effects of clear aligner vs twin block—a short-term study of functional appliances. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2024 Sep 18;85(5):317–26. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00056-022-00443-1>
33. Zhang Y, Zheng J, Wu Q, Jiang T, Xiao H, Du Y, et al. Three-dimensional spatial analysis of temporomandibular joint in adolescent Class II division 1 malocclusion patients: comparison of Twin-Block and clear functional aligner. *Head Face Med*. 2024 Jan 6;20(1):4. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13005-023-00404-y>
34. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;1–9. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
35. Aromataris E, Fernandez R, Godfrey CM, Holly C, Khalil H, Tungpunkom P. Summarizing systematic reviews. *Int J Evid Based Healthc*. 2015 Sep;13(3):132–40. Available from: <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000055>
36. Sun Z, Pan Y, Lin T, Lu H, Ai H, Mai Z. Comparison of cephalometric measurements of the Twin Block and A6 appliances in the treatment of Class II malocclusion: a retrospective comparative cohort study. 2022;10(16). Available from: <https://doi.org/10.21037/atm-22-3762>
37. Caruso S, Nota A, Severino M, Gatto R, Meuli S, Mattei A, et al. Mandibular advancement with clear aligners in the treatment of skeletal Class II . A retrospective controlled study. 2021;26–30. Available from: <https://doi.org/10.23804/ejpd.2021.22.01.05>
38. Zhang Y, Zheng J, Wu Q, Jiang T, Xiao H, Du Y, et al. Three - dimensional spatial analysis of temporomandibular joint in adolescent Class II division 1 malocclusion patients: comparison of Twin - Block and clear functional aligner. *Head Face Med*. 2024;1–14. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13005-023-00404-y>
39. Cretella Lombardo E, Lugli L, Cozza P, Lione R, Loberto S, Pavoni C. Comparison between twin block appliance and mandibular advancement on clear aligners in the improvement of airway dimension: incremental versus maximum bite advancement. *Frontiers in Oral Health*. 2024;5(September):1–9. Available from: <https://doi.org/10.3389/froh.2024.1463416>
40. Yue Z, Yi Z, Liu X, Chen M, Yin S, Liu Q, et al. Comparison of invisalign mandibular advancement and twin-block on upper airway and hyoid bone position improvements for skeletal class II children: a retrospective study. 2023;1–10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03295-2>
41. He J, Hu L, Yuan Y, Wang P, Zheng F, Jiang H, et al. Comparison between clear aligners and twin-block in treating class II malocclusion in children : a retrospective study. 2024. Available from: <https://doi.org/10.22514/jocpd.2023.070>
42. Wu Y, Yu Q, Xia Y, Wang B, Chen S, Gu K, et al. Does mandibular advancement with clear aligners have the same skeletal and dentoalveolar effects as traditional functional appliances? *BMC Oral Health*. 2023;1–12. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02709-5>
43. Zreagat M, Hassan R, Samsudin R, Alforaidi S. Effects of twin-block appliance on upper airway parameters in OSA children with class II malocclusion and mandibular retrognathia : a CBCT study Effects of twin - block appliance on upper airway parameters in OSA children with class II malocclusion and ma. *Eur J Pediatr*. 2023;(September). Available from: <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05226-3>
44. Entrenas I, González-Chamorro E, Álvarez-Abad C, Muriel J, Menéndez-Díaz I, Cobo T. Evaluation of changes in the upper airway after Twin Block treatment in patients with Class II malocclusion. *Clin Exp Dent Res*. 2019;5(3):259–68. Available from: <https://doi.org/10.1002/cre2.180>
45. Hamid T, Triwardhani A, Wardhana LK. Benefits and Risks of Orthodontic Treatment : A Scooping Review. 2022;5(1):18–26. Available from: <https://doi.org/10.20473/ijdm.v5i1.2022.18-26>
46. Ukra A, Bennani F, Farella M. Psychological aspects of orthodontics in clinical practice. Part one: treatment-specific variables. *Prog Orthod*. 2011 Nov;12(2):143–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pio.2011.06.007>
47. Schäfer K, Ludwig B, Meyer-Gutknecht H, Schott TC. Quantifying patient adherence during active orthodontic treatment with removable appliances using microelectronic wear-time documentation. *Eur J Orthod*. 2015;37(1):73–80. Available from: <https://doi.org/10.1093/ejo/cju012>
48. Al-Moghrabi D, Salazar FC, Pandis N, Fleming PS. Compliance with removable orthodontic appliances and adjuncts: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2017;152(1):17–32. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.03.019>
49. Alfawzan AA. Evaluation of Patient Acceptance and Compliance with Clear Aligners vs. Lingual Braces: A Randomized Trial. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(Suppl 1):S546–8. Available from: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_854_23
50. Torsello F, Amico GD, Staderini E, Marigo L, Cordaro M, Castagnola R. applied sciences Factors Influencing Appliance Wearing Time during Orthodontic Treatments : A Literature Review. 2022. Available from: <https://doi.org/10.3390/app12157807>
51. AlMogbel A. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. *J Orthod Sci*. 2023;12:37. Available from: https://doi.org/10.4103/jos.jos_30_23
52. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement. *Angle Orthod*. 2021 Mar;91(2):157–63. Available from: <https://doi.org/10.2319/071520-630.1>
53. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign ® orthodontic treatment : a systematic review. 2018. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0235-z>

-
54. O'Brien K, Wright J, Conboy F, Sanjie YW, Mandall N, Chadwick S, et al. Effectiveness of treatment for class II malocclusion with the Herbst or Twin-block appliances: A randomized, controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2023;124(2):128–37. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(03\)00345-7](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(03)00345-7)
 55. Khan MI, Neela PK, Unnisa N, Jaiswal AK, Ahmed N, Purkayastha A. Dentoskeletal effects of Twin Block appliance in patients with Class II malocclusion. *Med Pharm Rep*. 2022. Available from: <https://doi.org/10.15386/mpr-1989>