

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan postur tubuh pada masa anak-anak dan remaja terjadi ketika penerapan postur tubuh yang tidak tepat dalam aktivitas sehari-hari termasuk dalam menggunakan perabotan rumah dan sekolah yang tidak ergonomis (Araújo et al., 2022). Prevalensi perubahan postur tubuh pada anak-anak dan remaja terbilang tinggi, hasil penelitian di Brazil dan China didapatkan prevalensi perubahan postur tubuh anak-anak dan remaja sebanyak 79.7% dan 52 % dikarenakan penerapan postur tubuh yang tidak tepat dalam aktivitas sehari-hari (Sedrez et al., 2015; Wen et al., 2022).

Vertebrae (Tulang Belakang) sebagai poros tengah tubuh manusia memiliki 4 kurva fisiologis pada bidang sagittal yang merupakan biomekanika menakutkan dalam mengurangi tekanan vertikal (Adams & Dolan, 2005; Wen et al., 2022). Bentuk *vertebrae*, *diskus intervertebrae* dan otot-otot yang bekerja pada *vertebrae* memiliki peranan penting dalam menjaga kelengkungan fisiologi *vertebrae* (F. A. Davis, 2011). Kondisi kelengkungan *vertebrae* yang paling dekat dengan kondisi statis tubuh adalah posisi berdiri alami. Sedangkan pada posisi duduk, keseimbangan kelengkungan *vertebrae* ditarik oleh otot dan menyimpang dari kondisi statis tubuh sehingga mengakibatkan kifosis berlebihan pada *vertebrae thoracalis* (Miele et al., 2012; Zhou et al., 2020a)

Kifosis merupakan kondisi kelengkungan berlebihan pada *vertebrae thoracalis* dengan sudut Cobb lebih dari 40° (Wen et al., 2022). Sudut Cobb adalah sudut kelengkungan terbesar *processus spinosus vertebrae thoracalis* 5 (VT V) dengan *processus spinosus vertebrae thoracalis* 12 (VT XII) (Yaman et al., 2014). Berdasarkan tingkat keparahan kelengkungannya, kifosis dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama. Pada derajat yang ringan, kifosis postural merupakan kondisi yang paling umum terjadi. Sedangkan pada derajat yang berat, terdapat beberapa jenis kifosis struktural seperti *angular gibbus deformity*, *kifosis kongenital*, *Pott disease*, atau *Scheuermann Disease* (Yaman et al., 2014). Kifosis dapat diasosiasikan dengan postur tubuh yang non ergonomis ketika beraktivitas, terutama pada anak-anak yang masih dalam tahap pertumbuhan *vertebrae* (Wen

et al., 2022). Kejadian kifosis pada usia lebih tua memiliki perubahan kurva kelengkungan *vertebrae* lebih tinggi dari pada usia lebih muda (Zhou et al., 2020b).

Sudut kelengkungan *vertebrae thoracalis* dapat diukur dengan alat inklinometer. Inklinometer merupakan alat yang dapat menunjukkan sudut kemiringan suatu objek jika diletakkan pada permukaan objek tersebut. Inklinometer ini dapat menentukan kifosis menggunakan sudut cobb (Hunter et al., 2018; Lin et al., 2015). Keakuratan pengukuran kelengkungan *vertebrae* sangat penting dalam menentukan derajat kifosis terutama pada osteoposis, *ankylosing spondylitis*, dan *scheuerman disease* yang biasanya memerlukan pemeriksaan rutin dengan radiografi (Hunter et al., 2018; Yaman et al., 2014). Inklinometer analog yang bergantung gravitasi memiliki hasil pengukuran sudut yang sebanding dengan hasil sudut cobb pada radiografi sehingga memiliki kriteria validitas sebagai alat klinis untuk mengukur kifosis (Barrett et al., 2018; Hunter et al., 2018).

Manusia menghabiskan waktu dalam posisi duduk rata-rata sekitar 6 jam sehari, dan 37% diantaranya duduk lebih dari 8 jam. Remaja menghabiskan waktu duduk lebih banyak dalam sehari ketika aktifitas sekolah (In et al., 2021). Postur duduk ergonomis sangat penting dilakukan untuk mempertahankan kelengkungan *vertebrae thoracalis* yang stabil (F. A. Davis, 2011). Postur duduk yang tidak ergonomis saat makan, seperti duduk di kursi tanpa sandaran dan alas duduk yang tidak sesuai, serta meja makan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, dapat menyebabkan keluhan *musculoskeletal*. Posisi duduk yang membungkuk atau melengkung secara terus-menerus dapat memberikan tekanan berlebih pada otot dan sendi punggung, sehingga menimbulkan nyeri (Huppert et al., 2021; Wen et al., 2022).

Standar postur duduk ergonomis adalah postur duduk yang mampu mempertahankan kurva kelengkungan *vertebrae* dengan menjaga telapak kaki tetap rata menyentuh lantai, menopang punggung bawah, dan menjaga keselarasan tubuh bagian atas tetap sejajar (F. A. Davis, 2011; Huppert et al., 2021). Postur duduk ergonomis ini dapat dianalisis dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), metode ini menganalisis postur tubuh bagian atas

meliputi *ekstremitas superior* dan *truncus*. Pada postur duduk saat makan terdapat repetisi pada daerah *upper limb* yang dapat mempengaruhi kelengkungan *vertebrae*.

Postur duduk yang tidak ergonomis membuat *vertebrae* tidak berada dalam kestabilan postur, hal ini dalam waktu yang lama dapat mempengaruhi kondisi kelengkungan *vertebrae* (Wen et al., 2022; Zhou et al., 2020). Banyak penelitian yang menyimpulkan postur duduk yang buruk pada pekerja berhubungan dengan kejadian kifosis dan keluhan musculoskeletal, namun belum didapatkan penelitian yang meneliti postur duduk saat makan terhadap kejadian kifosis.

1.2 Teori

Columna vertebrae

Vertebrae manusia terdiri dari lima wilayah: *cervical*, *thorakal*, *lumbal*, *sacrum*, dan *Coccyx*. *Vertebrae Cervicalis* terdiri dari 7 ruas *vertebrae*, *vertebrae thoracalis* terdiri dari 12 ruas *vertebrae*, dan *vertebrae lumbalis* terdiri dari 5 ruas *vertebrae*. Masing-masing *vertebrae* dihubungkan di bagian atas dan bawah pada sendi *intervertebralis*, dan dipisahkan satu sama lain oleh *discus intervertebralis*. *Vertebrae* berisi *medulla spinalis*, yang dikelilingi oleh *canal vertebrae*. Oleh karena itu, *vertebrae* merupakan komponen penting tubuh manusia karena berperan dalam mobilitas, transmisi sinyal neurologis, dan pengurangan cedera pada tubuh (Kandahari et al., 2022).

Orientasi Vertebra

Processus spinosus, bagian *vertebrae* yang menonjol ke arah posterior dan dapat diraba di bawah kulit, merupakan landmark anatomis yang krusial dalam orientasi *vertebrae* selama pemeriksaan fisik. Tonjolan ini memungkinkan dokter untuk secara akurat mengidentifikasi setiap ruas *vertebrae*, terutama pada daerah *cervikal* dan lumbal dan tonjolan ini biasa tampak jelas pada bagian tertentu, yaitu:

- a. *Vertebrae Cervicalis VII* (C7) merupakan titik transisi antara *vertebrae cervicalis* dan *vertebrae thoracalis*.
- b. *Processus Spinosus Vertebrae* pada ruas *Vertebrae Thoracalis III* (T3) dapat dengan mudah diraba pada garis yang menghubungkan kedua ujung *spina scapulae* (tulang belikat).
- c. *Processus Spinosus Vertebrae* pada ruas *Vertebrae Thoracalis VII* (T7) dapat dirasakan pada tingkat yang sama dengan sudut bawah kedua *spina scapulae*.
- d. *Processus Spinosus Vertebrae* pada ruas *Vertebrae Thoracalis XII* (T12) dapat diraba sedikit di bawah tempat *costae* ke-12 menempel pada *Vertebrae thoracalis*.
- e. *Processus Spinosus Vertebrae* pada ruas *vertebrae lumbalis IV* (L4) dapat diraba pada garis yang menghubungkan titik tertinggi kedua tulang panggul (*crista iliaca*) (Kandahari et al., 2022)

Proses Penegakan Vertebra pada Perkembangan Normal

Janin dalam kandungan umumnya berada dalam posisi fleksi, sehingga saat lahir neonatus menunjukkan kurvatur spinalis primer berupa kifosis. Perkembangan lordosis servikal dan lumbal terjadi secara bertahap setelah lahir akibat pengaruh tonus otot leher yang meningkat seiring dengan kemampuan menegakkan kepala, serta beban pada kolumna vertebralis saat anak belajar duduk, berdiri, dan berjalan. Lordosis lumbalis akan mencapai derajat maksimal saat anak dapat berdiri tegak dengan tungkai lurus. (Kandahari et al., 2022).

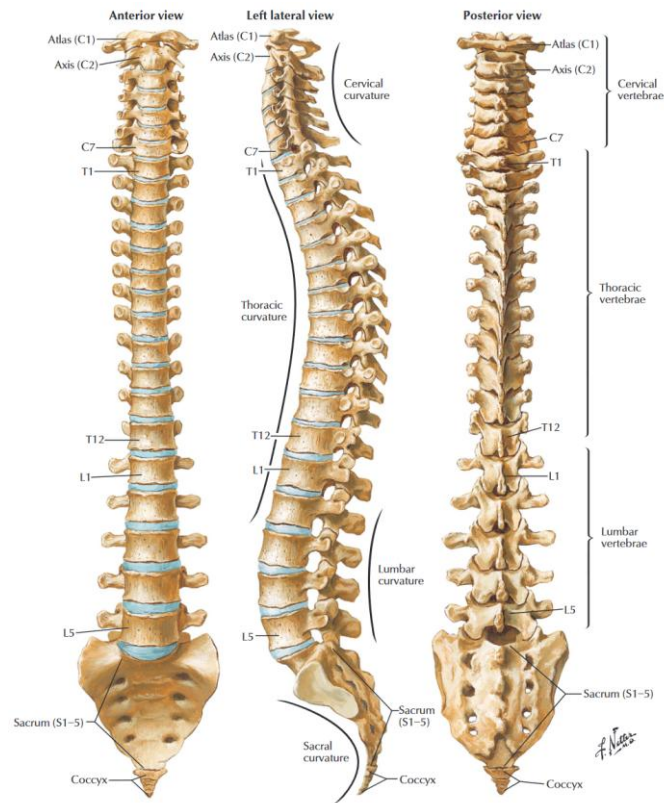
Struktur Vertebrae

- a. *Corpus Vertebrae* (badan tulang belakang): Bagian tubuh utama dari *vertebrae*, berbentuk silinder dan menyusun kolom *vertebrae*. Korpus vertebra berfungsi sebagai penopang beban utama tubuh.

- b. *Arcus vertebra*: Struktur melengkung yang berada di bagian posterior korpus vertebra. Arkus vertebra membentuk kanal *vertebrae* yang melindungi *medulla spinalis*.
- c. *Processus spinosus*: Tonjolan tulang yang menonjol ke belakang dari arkus vertebra. *Processus spinosus* merupakan titik temu dari kedua lamina arkus vertebra dan dapat diraba di bawah kulit, terutama pada daerah leher dan punggung.
- d. *Processus transversus*: Tonjolan tulang yang menonjol ke samping dari arkus vertebra. *Processus transversus* merupakan titik pertemuan antara lamina dan pedikel arkus vertebra.
- e. *Processus articularis*: Tonjolan tulang yang membentuk sendi antar ruas *vertebrae*. Terdapat *processus articularis superior* (mengarah ke atas) dan *processus articularis inferior* (mengarah ke bawah) yang memungkinkan gerakan antara vertebra (Kandahari et al., 2022).

Berbagai jenis *processus* pada vertebra berfungsi sebagai tempat perlekatan otot dan ligamen, sehingga berkontribusi pada stabilitas dan pergerakan kolumna vertebralis. Ukuran korpus vertebra yang semakin besar dari daerah servikal menuju lumbal merupakan suatu adaptasi morfologis untuk menopang beban axial yang semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan peningkatan beban tubuh bagian atas yang harus ditanggung oleh vertebra bagian bawah. (Alvi et al., 2023).

Dibawah disajikan gambar anatomi ruang *vertebrae*.



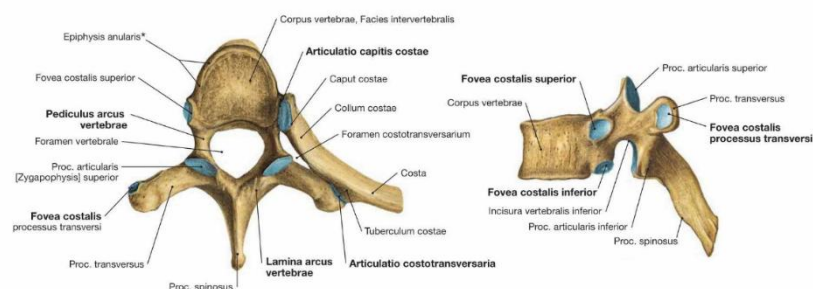
Gambar **Error! No text of specified style in document.** 1 Anatomi Bertebra (Sumber: Netter, 2019)

Vertebra Thoracalis

Korpus vertebra torakalis menunjukkan peningkatan ukuran secara bertahap dari superior ke inferior, dengan korpus T12 yang berukuran hampir identik dengan L1. Hal ini mencerminkan peningkatan beban yang ditanggung oleh vertebra torakal bagian bawah. Foramen vertebrale pada segmen torakal umumnya berbentuk bulat dan berukuran lebih kecil dibandingkan vertebra servikal atau lumbar. Prosesus transversus torakal memiliki bentuk yang khas, tebal, dan terlipat ke posterior, membentuk facies articularis untuk berartikulasi dengan tuberkulum costa, sehingga memungkinkan perlekatan costa pada vertebra torakal (Alvi et al., 2023)

Vertebra thoracalis memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. *Korpus vertebrae* berbentuk jantung: Bagian tubuh utama dari vertebra thoracalis memiliki bentuk yang menyerupai jantung, dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan vertebra servikal, namun lebih kecil dari vertebra lumbal.
- b. *Foramen vertebrae* kecil dan bulat: Lubang di tengah vertebra thoracalis yang melindungi *medulla spinalis* memiliki ukuran yang lebih kecil dan bentuk yang lebih bulat dibandingkan dengan vertebra servikal.
- c. *Processus spinosus* panjang dan miring ke bawah: *processus spinosus vertebrae* yang menonjol ke belakang pada vertebra thoracalis memiliki bentuk yang panjang dan cenderung miring ke bawah.
- d. *Fovea costalis* pada *processus transversus*: Pada setiap sisi *processus transversus* (tonjolan tulang yang menonjol ke samping) *vertebrae thoracalis* terdapat cekungan kecil yang disebut *fovea costalis*. Berikut ini merupakan gambar

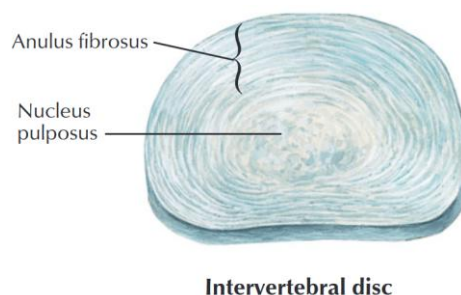


Gambar **Error! No text of specified style in document..2** Anatomi vertebra thoracalis (Sumber: Paulsen, 2019)

Discus Intervertebralis

Discus Intervertebralis merupakan struktur fibrokartilaginous yang kompleks, terdiri dari annulus fibrosus bagian luar yang bersifat fibrosa dan nukleus pulposus bagian dalam yang bersifat gelatinosa. Anulus fibrosus memberikan kekuatan dan stabilitas, sedangkan nukleus pulposus berfungsi sebagai penyerap guncangan dan memungkinkan gerakan fleksibel antara vertebra (Kandahari et al., 2022). Diskus intervertebralis, sebagai struktur avaskular dan aneurosa, tidak mengandung nosiseptor sehingga tidak mampu merasakan nyeri (Kandahari et al., 2022). Anulus fibrosus disusun oleh lamellae konsentris serabut kolagen tipe I yang saling berorientasi tegak lurus, memberikan kekuatan tarik yang tinggi. Nukleus pulposus, kaya akan proteoglikan dan air, berperan sebagai bantalan hidrostatik yang mampu mendistribusikan tekanan secara merata ke seluruh permukaan diskus. Kombinasi antara anulus fibrosus dan nukleus pulposus memungkinkan diskus intervertebralis berfungsi sebagai peredam kejutan yang efektif dan memungkinkan gerakan fleksibel pada kolumna vertebralis. (Kandahari et al., 2022).

Dibawah ini disajikan anatomi *Diskus Intervertebralis*.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**3 Anatomi diskus intervertebralis (Sumber: Netter, 2019)

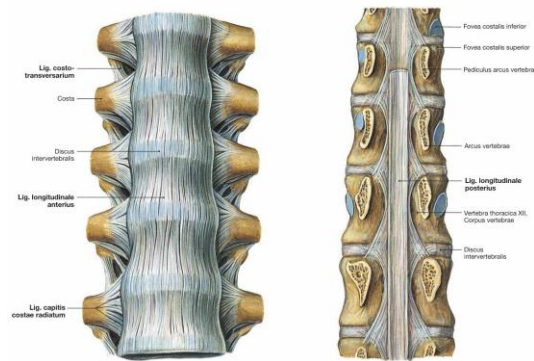
Persendian Vertebra

Diskus intervertebralis menghubungkan korpus vertebra secara amfiartrodial, memungkinkan gerakan fleksi dan ekstensi. Sendi zygapophyseal, yang dibentuk oleh prosesus articularis superior dan inferior, memungkinkan gerakan rotasi dan fleksi lateral. Sendi Luschka, yang merupakan sendi sinovial, memberikan stabilitas tambahan pada segmen gerak vertebra servikal (Kandahari et al., 2022).

Ligamen Vertebra

Ligamen pada kolumna vertebralis berfungsi sebagai penstabil pasif, menghubungkan vertebra satu dengan lainnya dan membatasi gerakan yang berlebihan. Ligamen kapsular, seperti ligamentum longitudinale anterior dan posterior, melapisi permukaan anterior dan posterior korpus vertebra, memberikan stabilitas terhadap gaya kompresi. Ligamen aksesori, termasuk ligamentum flava, interspinalis, supraspinalis, nuchae, dan intertransversaria, memberikan stabilitas tambahan pada sendi zygapophyseal dan membatasi gerakan tertentu (Alvi et al., 2023).

Dibawah ini terdapat gambar anatomi *Ligamentum Vertebra*.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 4 Anatomi ligamenum vertebra (Sumber: Paulsen, 2019)

2.1.4.1. Otot Vertebrae

Otot yang berasosiasi dengan kolumna vertebralis dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan letak dan fungsinya. Otot intrinsik, yang terletak dalam lapisan dalam, melekat secara langsung pada vertebra dan memiliki peran utama dalam stabilisasi dan gerakan vertebrae. Otot superfisial, yang terletak lebih superfisial, umumnya berukuran besar dan memiliki insersi pada tulang rusuk, pelvis, dan anggota gerak atas, sehingga berperan dalam gerakan bahu dan leher. Otot intermediet, yang terletak di antara kedua kelompok tersebut, berperan dalam mekanisme pernapasan dengan menghubungkan tulang rusuk dan vertebra (Ovsepyan et al., 2022)

Kurvatura Vertebrae

Perubahan postur tubuh pada masa anak-anak dan remaja terjadi ketika penerapan postur tubuh yang tidak tepat dalam aktivitas sehari-hari termasuk dalam penggunaan perabotan rumah dan sekolah yang tidak ergonomis (Araújo et al., 2022). Prevalensi perubahan postur tubuh pada anak-anak dan remaja terbilang tinggi, hasil penelitian di Brazil dan China didapatkan prevalensi perubahan postur tubuh anak-anak dan remaja sebanyak 79.7% dan 52 % dikarenakan penerapan postur tubuh yang tidak tepat dalam aktivitas sehari-hari (Sedrez et al., 2015; Wen et al., 2022).

Kifosis merupakan kondisi kelengkungan berlebihan pada *vertebrae thoracalis* dengan sudut Cobb lebih dari 40° (Wen et al., 2022). Sudut Cobb

adalah sudut kelengkungan terbesar *processus spinosus vertebrae thoracalis* 5 (VT V) dengan *processus spinosus vertebrae thoracalis* 12 (VT XII)(Yaman et al., 2014). Kifosis dapat dibedakan berdasarkan derajat kelengkungannya. Kifosis postural, yang bersifat fleksibel, umumnya memiliki derajat kelengkungan yang lebih rendah. Sebaliknya, kifosis struktural, seperti angular gibbus deformity, kifosis kongenital, dan penyakit Scheuermann, memiliki kelengkungan yang lebih tetap dan seringkali disertai deformitas vertebra yang signifikan (Yaman et al., 2014). Kifosis dapat diasosiasikan dengan postur tubuh yang non ergonomis ketika beraktivitas, terutama pada anak-anak yang masih dalam tahap pertumbuhan *vertebrae* (Wen et al., 2022). Kejadian kifosis pada usia lebih tua memiliki perubahan kurva kelengkungan *vertebrae* lebih tinggi dari pada usia lebih muda (Zhou et al., 2020b).

Sudut kelengkungan *vertebrae thoracalis* dapat diukur dengan alat inklinometer. Inklinometer merupakan alat yang dapat menunjukkan sudut kemiringan suatu objek jika diletakkan pada permukaan objek tersebut. Inklinometer ini dapat menentukan kifosis menggunakan sudut cobb (Hunter et al., 2018; Lin et al., 2015). Keakuratan pengukuran kelengkungan *vertebrae* sangat penting dalam menentukan derajat kifosis terutama pada osteoposis, *ankylosing spondylitis*, dan *scheuerman disease* yang biasanya memerlukan pemeriksaan rutin dengan radiografi (Hunter et al., 2018; Yaman et al., 2014). Inklinometer analog yang bergantung gravitasi memiliki hasil pengukuran sudut yang sebanding dengan hasil sudut cobb pada radiografi sehingga memiliki kriteria validitas sebagai alat klinis untuk mengukur kifosis (Barrett et al., 2018; Hunter et al., 2018).

Patofisiologi Kifosis

Pada saat lahir, kolumna vertebralis bayi menunjukkan kurvatur tunggal berbentuk kifosis. Seiring dengan perkembangan neuromuskular dan postur tubuh yang tegak, terjadi perubahan kurvatur secara bertahap. Lordosis lumbalis mulai terbentuk saat anak belajar berdiri dan berjalan, sementara kifosis torakal semakin menonjol seiring pertumbuhan.

Perubahan kurvatur ini memungkinkan distribusi beban tubuh yang lebih efisien dan meningkatkan stabilitas postur (Yaman dkk., 2014)

Kolumna vertebralis, sebagai struktur aksio-ependikular, memiliki fungsi utama untuk melindungi medulla spinalis dan menopang berat tubuh. Vertebra dan diskus intervertebralis merupakan komponen utama yang membentuk kolumna vertebralis. Proses degeneratif, yang ditandai oleh penurunan massa tulang dan degenerasi diskus intervertebralis, dapat mengganggu fungsi biomekanik kolumna vertebralis, menyebabkan nyeri, dan meningkatkan risiko kompresi saraf (Papadakis dkk., 2011)

Pengukuran Sudut Kifosis

Pengukuran sudut Cobb pada radiograf sagital merupakan metode baku untuk kuantifikasi derajat kifosis. Sudut Cobb diukur antara garis yang tegak lurus terhadap lempeng terminal atas vertebra paling superior yang terlibat dalam kurva dan garis yang tegak lurus terhadap lempeng terminal bawah vertebra paling inferior yang terlibat. Kifosis dengan sudut Cobb melebihi 40° umumnya dianggap sebagai kelainan struktural yang signifikan.

Selain radiografi, terdapat instrumen pengukuran alternatif yang lebih ekonomis namun tetap memberikan hasil yang presisi dalam konteks pemeriksaan. (Barrett et al., 2018). Studi komprehensif yang dilakukan oleh Barrett tahun 2017 telah mengidentifikasi beragam alat dan metode yang dapat dimanfaatkan untuk mengukur dan menilai tingkat keparahan kifosis:

Inklinometer

Inklinometer merupakan instrumen klinis yang dirancang untuk mengukur sudut Cobb secara non-invasif. Alat ini memanfaatkan prinsip pengukuran sudut untuk menentukan derajat kelengkungan vertebrae pada bidang sagital (Barrett et al., 2018). Studi telah menunjukkan korelasi yang kuat antara pengukuran sudut Cobb menggunakan inklinometer dan radiografi. Hal ini mengindikasikan bahwa inklinometer memiliki validitas yang tinggi dalam mengukur derajat kifosis dan dapat dijadikan sebagai alternatif yang praktis. Inklinometer

menawarkan reliabilitas yang tinggi dalam mengukur sudut Cobb, dengan hasil yang sangat konsisten dengan metode gold standard, yaitu radiografi. Ini menjadikan inklinometer sebagai alat yang handal dalam evaluasi klinis kifosis (Hunter et al., 2018).

Proses pengukuran sudut Cobb menggunakan alat inklinometer disajikan dalam gambar berikut.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 5 Pengukuran sudut kifosis menggunakan inklinometer (Sumber:(Barrett et al., 2018))

Flexicurve

Flexicurve, sebuah alat pengukur yang terbuat dari plastik fleksibel, sering digunakan untuk mengestimasi sudut Cobb secara non-invasif. Meskipun demikian, studi oleh Barrett menunjukkan bahwa reliabilitas pengukuran sudut Cobb dengan flexicurve lebih rendah dibandingkan dengan inklinometer dan karena keterbatasannya dalam memberikan pengukuran yang sangat akurat, hasil pengukuran dengan flexicurve sebaiknya dikonfirmasi dengan metode yang lebih objektif seperti radiografi atau inklinometer (Barrett et al., 2018)

Proses pengukuran sudut Cobb menggunakan alat flexicurve disajikan dalam gambar berikut.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 6 Pengukuran sudut kifosis menggunakan flexicurve (Sumber:(Barrett et al., 2018))

Postural Duduk Makan Ergonomis

Manusia menghabiskan waktu dalam posisi duduk rata-rata sekitar 6 jam sehari, dan 37% diantaranya duduk lebih dari 8 jam. Remaja menghabiskan waktu duduk lebih banyak dalam sehari ketika aktifitas sekolah (In et al., 2021). Postur duduk ergonomis sangat penting dilakukan untuk mempertahankan kelengkungan kurva *vertebrae* yang stabil (F. A. Davis, 2011). Postur duduk yang tidak ergonomis saat makan, seperti pada kursi tanpa sandaran dan alas duduk yang tidak sesuai, serta tinggi meja makan yang tidak ergonomis, dapat mengakibatkan gangguan muskuloskeletal. Posisi duduk yang membungkuk atau melengkung secara terus-menerus dapat memberikan tekanan berlebih pada otot dan sendi *vertebrae*, sehingga menimbulkan nyeri punggung kronis (Huppert et al., 2021; Wen et al., 2022).

Standar postur duduk ergonomis adalah postur duduk yang mampu mempertahankan kurva kelengkungan *vertebrae* dengan menjaga telapak kaki tetap rata menyentuh lantai, menopang punggung bawah, dan menjaga keselarasan tubuh bagian atas tetap sejajar (F. A. Davis, 2011; Huppert et al., 2021). Postur duduk ergonomis ini dapat dianalisis dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), metode ini menganalisis postur tubuh bagian atas meliputi *ekstremitas superior* dan *truncus*. Pada postur duduk saat makan terdapat repetisi pada daerah *upper limb* yang

dapat mempengaruhi kelengkungan *vertebrae*. Pengembangan dari RULA terdiri atas tiga tahapan yaitu :

- a. Mengidentifikasi postur kerja;
- b. Sistem pemberian skor;
- c. Skala level tindakan yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat resiko yang ada dan dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang melebihi detail berkaitan dengan analisis yang didapat.

Skala level pada tingkat risiko terjadinya gangguan *Musculoskeletal* disajikan dalam tabel berikut.

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Skala level pada tingkat risip terjadinya gangguan *Musculoskeletal*

Skor	Tingkat Risiko MSD	Rekomendasi Tindakan
1 – 2	Risiko sangat rendah	Tidak diperlukan tindakan khusus
3 – 4	Risiko rendah	Pertimbangkan perubahan
5 – 6	Risiko sedang	Perlu investigasi lebih lanjut, lakukan perubahan segera
6+	Risiko sangat tinggi	Implementasikan perubahan sekarang

Kenyamanan ergonomis yang luar biasa berarti kaki tidak akan menopang berat badan dan akan dapat mempertahankan postur tubuh yang stabil saat duduk. Duduk membutuhkan lebih sedikit energi daripada berdiri karena mengurangi beban otot statis pada kaki. Kegiatan duduk harus ergonomis agar nyaman bekerja. Postur tubuh yang buruk adalah penyebab sakit punggung. Hal ini dikarenakan tekanan pada *vertebrae* saat duduk lebih besar dibandingkan saat berdiri atau berbaring. Asumsikan tekanan sekitar 100%, duduk tegang atau kaku (postur tegak) menghasilkan tekanan 140%, dan duduk bungkuk meningkatkan tekanan sebesar 190% (Yassierlie et al., 2020).

Posisi duduk yang benar (santai) sangat penting karena jaringan *vertebrae* yang melekat pada ligamen dapat menyebabkan rasa sakit jika posturnya salah. Duduk membungkuk meningkatkan aktivitas otot lebih dari

25% berat badan, dan duduk tegak meningkatkan aktivitas otot hingga 25% berat badan. Duduk santai dapat mengurangi risiko sakit punggung. Nyeri lebih sering terjadi pada posisi tegak. Ini karena ekstensor punggung berkontraksi lebih sering pada posisi ini dan ketegangan terjadi lebih cepat (Yassierlie et al., 2020).

1.3 Studi Kasus

Tabel Error! No text of specified style in document..2 Daftar Keaslian Penelitian

No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
1	Huppert et al	2021	Influence of design of dentist's chairs on body posture for dentists with different working experience	mengukur pengaruh berbagai kursi ergonomis pada posisi duduk dan menguji apakah posisi duduk pekerja berpengalaman berbeda dengan kelompok non-dokter gigi.	3 kelompok (Kelompok pengalaman > 10 tahun) (kel 3), (<10 tahun) (kel2) dan kelompok kontrol (kel 1))	dilakukan pengukuran pada saat posisi kerja dan habitual sitting posture dengan 6 varian kursi dentist	spine parameter (Trunk length D (mm) ARDL, Trunk length S (mm) ARLS, Sagittal trunk decline (°) ASRN, Frontal trunk decline (°) AFRN, Axis decline (°) AAA, Kyphosis angle (°) AKW, Lordosis angle (°) ALW dsb)	gender, usia, tinggi badan, berat badan	Habitual posture dengan 6 varian kursi hasil kyphosis angle pada kel 1 mean 42.03, kel 2 mean 45.07, kel 3 mean 56,50 Working Posture Kel 1 mean 53,36, kel 2 mean 48,20 kel 3 66,23 Semua kursi menyebabkan kifosis postural yang lebih parah pada dokter berpengalaman (lebih dari 10 tahun)

No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
2	In et al	2021	Spinal and Pelvic Alignment of Sitting Posture Associated with Smartphone Use in Adolescents with Low Back Pain	menilai hubungan antara penggunaan smartphone dengan postur duduk dan perubahan kyphosis torakolumbal, lordosis lumbal, dan asimetri panggul pada remaja dengan nyeri punggung bawah (LBP).	2 Kelompok (25 remaja dengan LBP dan 25 remaja sehat)	duduk dikursi yang dapat diatur ketinggiannya dengan hip and knee membentuk 90o selama 30 menit.	Kifosis torakolumbal, lordosis lumbal, dan asimetri panggul diukur menggunakan sistem penangkapan gerak tiga dimensi.	gender, usia, tinggi badan, berat badan, VAS	Thorakypnosis kolumbar dan lordosis lumbal meningkat setelah 30 menit duduk dibandingkan dengan garis dasar. Pada kedua kelompok, sudut kyphosis toraks dan lordosis lumbal meningkat seiring bertambahnya waktu duduk. Dibandingkan dengan remaja sehat, remaja dengan LBP menunjukkan kifosis torakolumbal yang lebih besar dan lordosis lumbal setelah duduk lama.

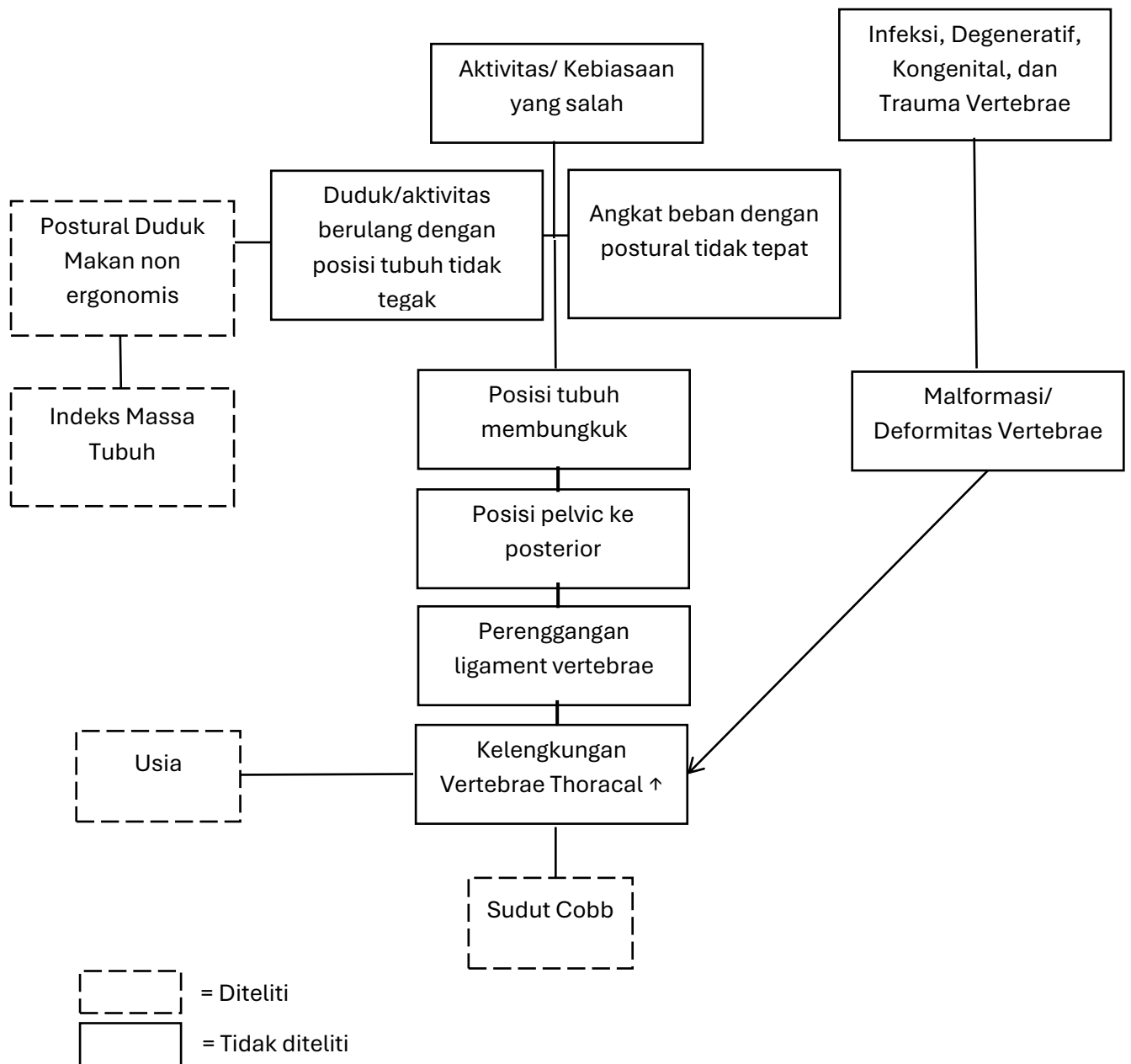
No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
3	Wen et al	2022	Sagittal imbalance of the spine is associated with poor sitting posture among primary and secondary school students in China: a cross-sectional study	membandingkan kelengkungan sagital tulang belakang antara postur duduk dan berdiri pada remaja untuk mengungkap aturan variasi kelengkungan sagital tulang belakang siswa dengan postur belajar, dan untuk mengetahui faktor kunci yang dapat mempengaruhi kesehatan tulang belakang siswa.	1138 responden, (Laki-laki : 604, perempuan : 534, usia : 6-18 tahun) dari 3 sekolah di Tianjin China, terdiri dari 570 pelajar SD dan 568 pelajar SMP.	Cross Sectional dengan Spinescan dan PA200 menilai kelengkungan sagittal vertebra pada 3 posisi : duduk dikursi posisi tegak, duduk dengan posisi menulis dan berdiri	lumbar lordosis angle, thoracic kyphosis angle	gender, age, not diagnosed as AIS, underwent surgery dan usia 6-18 tahun	Rata-rata sudut sagital tulang belakang berubah ketika partisipan berada dalam posisi membaca/menulis. dibandingkan dengan posisi berdiri, dengan sudut lordosis lumbal menurun secara signifikan ($p < 0,05$) dan kyphosis toraks sudut meningkat secara signifikan ($p < 0,05$). Sudut TKA dan LLA tidak normal pada 33 dan 52% siswa dalam membaca/postur menulis masing-masing.

No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
4	Zhou et al	2020	The standing and sitting sagittal spinopelvic alignment of Chinese young and elderly population: does age influence the differences between the two positions?	mengetahui karakteristik sagittal spinopelvic alignment posisi berdiri dan duduk pada populasi sehat Cina dengan kelompok umur yang berbeda.	235 responden berusia 19-71 tahun. Responden dibagi dalam 2 kelompok : Grup A (usia ≤40 tahun; n =140 responden) dan Grup B (usia >40 years, n=95 responden).	Cross Sectional dengan membandingkan 2 posisi : Posisi duduk dan posisi berdiri	the sagittal parameters including sagittal vertical axis (SVA), T1 pelvic angle (TPA), cervical lordosis (CL), thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL) and pelvic tilt (PT)	Gender, usia, tinggi, berat dan IMT	Pada posisi berdiri, responden berusia tua menunjukkan SVA, TPA, TK, CL dan PT yang lebih besar dibandingkan responden berusia muda. Kedua kelompok menunjukkan perubahan yang sama ketika berpindah dari berdiri ke duduk, namun pada responden lebih tua terdapat perbedaan antar posisi lebih kecil.

No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
5	Totalene sya	2020	The Relationship Between Workload and Kyphosis Incidence Among Porters at Tanjung Jember Market in January 2020	Medefinisikan adanya keterkaitan hubungan pada tingkat beban pekerjaan yang meliputi; masa kerja, durasi kerja dalam sehari, dan beban berat panggul pada buruh panggul terhadap kejadian gangguan kelengkungan kifosis di Pasar Tanjung, Kabupaten Jember	64 responden, dibagi 2 kelompok, 32 responden buruh panggul, 32 responden tidak buruh panggul	Cross sectional dengan pengukurfan pada posisi duduk.	Pengukuran sudut cobb dengan inklinometer.	usia, durasi kerja, berat beban angkut,	Analisis statistik menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan antara durasi kerja, masa kerja, dan beban kerja dengan besarnya sudut Cobb pada pekerja pasar. Hasil ini ditunjukkan oleh nilai p yang lebih besar dari 0,05. Hanya sekitar 6,2% pekerja berusia lanjut dengan beban kerja berat yang mengalami kifosis.
6	Siswiyan ti	2019	The Relationship Between Sitting Posture and the Occurrence of Back Pain Among Workers in the Tempe Industry	mengidentifikasi korelasi antara posisi duduk dengan kejadian nyeri punggung pekerja di Industri Tempe	48 responden	Cross Sectional dengan pengukuran pada posisi duduk	Pengukuran posisi duduk dengan lembar observasi posisi duduk ergonomis dan kejadian nyeri punggung dengan lembar observasi nyeri punggung.	tingkat pendidikan, gender, usia,	hasil analisis antara posisi duduk dengan nyeri punggung dengan uji statistik chi-square bahwa terdapat hubungan antara posisi duduk dengan nyeri punggung dengan nilai p-value = 0,000. Nilai Odds

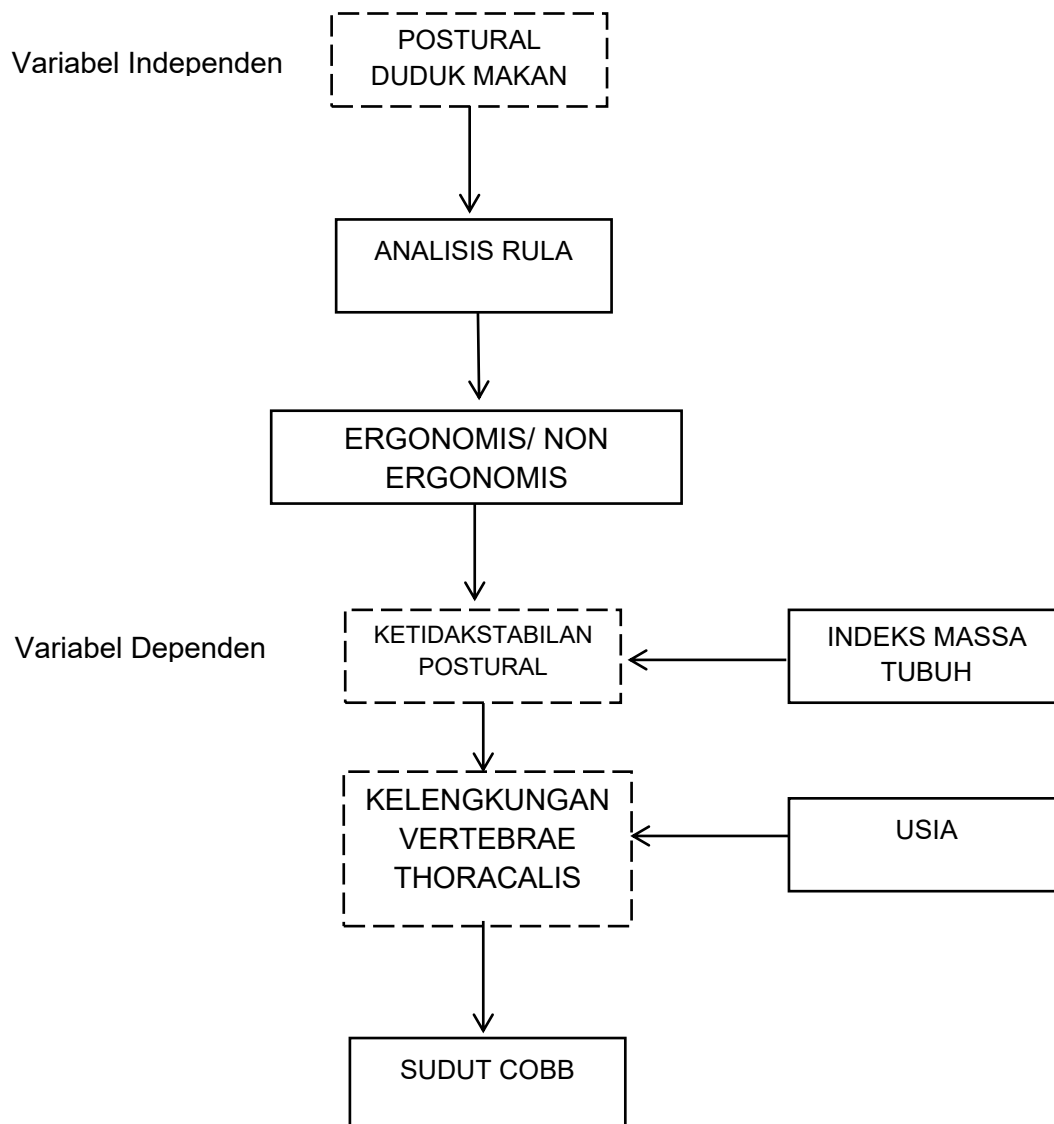
No	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Subyek Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Deskriptif Data	Hasil Penelitian
			Center of Kedungsari, Magelang City						ratio sebesar 53,12.
7	Araújo et al.	2022	Association between sitting posture on school furniture and spinal changes in adolescents	menyelidiki hubungan antara postur duduk selama penggunaan perabotan sekolah dan perubahan pada tulang belakang remaja.	240 pelajar	Cross Sectional dengan pemeriksaan posisi duduk pada perabotan sekolah yang dilakukan sebanyak 5 kali (menit ke 3, 6, 9, 12)	Perubahan postur vertebrae diidentifikasi dengan pengamatan langsung di depan symmetograph. Skrining scoliosis dengan adam test	gender, usia,	Terdapat hubungan antara postur duduk yang buruk dengan perubahan anteriorisasi kepala dan retroversi panggul pada wanita dan dengan hiperkifosis toraks pada pria.

1.4 Kerangka Teori



Gambar *Error*No.text.of.specified.style.in.document;7* Kerangka Teori (Sumber : (Araújo et al., 2022; Huppert et al., 2021; In et al., 2021; Ovsepyan et al., 2022; Wen et al., 2022; Zhou et al., 2020b))

1.5 Kerangka Konsep



Gambar *Error*No.text.of.specified.style.in.document*;.8 Kerangka Konsep (Peneliti, 2024)

1.6 Rumusan Masalah

Mengetahui apakah ada hubungan Postural Duduk Makan non Ergonomis sesuai analisis RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dengan Kelengkungan *Vertebrae Thoracalis* pada Pelajar *Boarding School*.

1.7 Tujuan Penelitian

1.5.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui Hubungan Postural Duduk Makan non Ergonomis sesuai analisis RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dengan Kelengkungan *Vertebrae Thoracalis* pada Pelajar *Boarding School*.

1.5.2 Tujuan Khusus

Tujuan Khusus Penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbandingan sudut cobb vertebrae posisi duduk tegak dengan posisi makan pada tempat duduk non ergonomis dalam rentang waktu <3 tahun.
2. Untuk mengetahui perbandingan sudut cobb vertebrae posisi duduk tegak dengan posisi makan pada tempat duduk non ergonomis dalam rentang waktu >3 tahun.
3. Untuk mengetahui perbandingan sudut cobb vertebrae pada posisi duduk tegak dengan posisi makan pada tempat duduk ergonomis.
4. Untuk mengetahui hubungan usia dengan sudut cobb vertebrae pada posisi makan dengan tempat duduk non ergonomis dan ergonomis.
5. Untuk mengetahui hubungan IMT dengan sudut cobb vertebrae pada posisi makan dengan tempat duduk non ergonomis ergonomis.
6. Untuk mengetahui Postural Duduk Makan ergonomis dan non ergonomis berdasarkan analisis RULA (Rapid Upper Limb Assessment).

1.8 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut :

a. Bagi Ilmu Pengetahuan

Pengembangan ilmu biomedik dalam upaya mengetahui Hubungan Postural Duduk Makan non Ergonomis sesuai analisis RULA dengan Kejadian Kifosis pada Pelajar *Boarding School*

b. Bagi Peneliti

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi saran dan pengembangan diri untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti dalam menjelaskan Hubungan Postural Duduk Makan non Ergonomis sesuai analisis

RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dengan Kelengkungan *Vertebrae Thoracalis* pada Pelajar *Boarding School*.

c. Bagi Masyarakat

Untuk khalayak, penelitian ini dimaksudkan agar menjadi bahan edukasi dalam penerapan sehari-hari. Khususnya dalam memperhatikan posisi duduk makan dalam kehidupan sehari-hari, agar meminimalisir kejadian pada *kurvatura vertebrae*.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan analitik observasional dalam rancangan penelitiannya. Desain penelitian yang diterapkan adalah desain penelitian *cross sectional*. Peneliti melakukan analisis observatif kelengkungan *vertebrae* dalam 3 posisi (duduk tegak di kursi makan, duduk posisi makan di kursi makan, dan berdiri) menggunakan alat *inclinometer* dan dilakukan 3 kali pengukuran pada setiap posisi.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

2.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 2 Sekolah berbasis Asrama area Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah yaitu Pondok Pesantren Muhammadiyah Boarding School Yogyakarta dan As-Sakinah Boarding School SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.

2.2.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini adalah Bulan Juli 2024 sampai dengan Bulan Agustus 2024

2.3 Populasi dan Sampel

2.3.1 Populasi

Populasi yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah seluruh siswa Pondok Pesantren *Muhammadiyah Boarding School* Yogyakarta dan As-Sakinah Boarding School SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.

2.3.2 Sampel Penelitian

Pemilihan sampel pada penelitian ini menggunakan *purposive sampling* dengan menggunakan kriteria-kriteria sebagai berikut :

a. Kriteria Inklusi :

- 2) Pelajar Pondok Pesantren Modern *Muhammadiyah Boarding School* Yogyakarta atau As-Sakinah Boarding School SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta
- 3) Berusia 12 – 20 tahun
- 4) Bersedia menjadi responden dengan menyetujui *informed consent*.

b. Kriteria Eksklusi :

- 1) Memiliki riwayat kelainan kongenital, infeksi, trauma, tumor, dan operasi pada *vertebrae*.

2.3.3 Besar Sampel

Penentuan besar sampel pada penelitian ini menggunakan rumus slovin, sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

Keterangan :

n : Jumlah Responden

N : Jumlah Populasi

e : Persentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang ditolerir (0,05)

Sampel minimal yang diteliti sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

$$n = \frac{1500}{1 + 1500(0,05)^2}$$

$$n = \frac{1500}{1 + 3,75}$$

$$n = 315,78 \text{ dibulatkan } 316$$

Jumlah sampel minimal penelitian ini berdasarkan rumus slovin didapatkan 316. Pada penelitian ini jumlah sampel didistribusikan kedalam 3 kelompok dengan masing-masing 106 responden.

2.4 Definisi Operasional dan Variabel

Tabel 2. *Error! No text of specified style in document..1* Tabel Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1	Postural Duduk Makan Non Ergonomis	Posisi makan dengan postural yang tidak tepat sesuai dengan analisis ergonomis RULA	Mengukur posisi Postural Duduk Makan sesuai analisis RULA,	metode RULA	1-4 : Posisi Ergonomis, > 4 : Posisi Non ergonomis	Nominal
2	Sudut Cobb	Sudut kelengkungan terbesar pada processus spinosus vertebrae T1 dan processus vertebrae T12 berdasarkan pengukuran dengan alat <i>inclinometer</i>	mengukur kelengkungan vertebrae pada posisi duduk tegak, posisi duduk ketika makan dan posisi berdiri dilakukan 3 kali pengukuran dan diambil rata-rata	Inklinometer	Derajat Kelengkungan	Ratio
3	Kelengkungan vertebrae thoracalis	derajat sudut cobb vertebrae lebih dari 40 derajat sesuai dengan klasifikasi lenke.	mengklasifikasi hasil sudut cobb		≤ 40 derajat = tidak kifosis, > 40 derajat = kifosis	Nominal
4	Usia	Lama waktu hidup atau ada (sejak dilahirkan atau diadakan)	Usia kronologis responden	Tahun	12-20 tahun	Ratio
5	IMT	IMT adalah pengukuran antropometri untuk mengetahui postur tubuh ideal. Pengukuran IMT dilakukan dengan cara mengukur tinggi badan dan menimbang berat badan seseorang	Hasil pengukuran kemudian dimasukkan dalam rumus pengukuran IMT, yaitu berat badan (kg)/tinggi badan (m) ²	Antropometri Kit	< 18.5 = underweight 18.5-22.9 = normal 23-24.9 = overweight 25-29.9 = obesitas I ≥ 30 = obesitas II	Ratio

3.4.1. Variabel Dependen

Variabel Dependen pada penelitian ini adalah Kelengkungan Vertebrae Thoracalis.

3.4.2. Variabel Independen

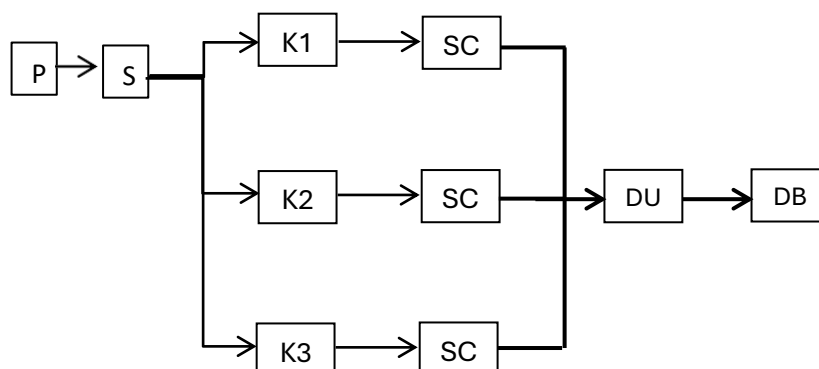
Variabel Independen pada penelitian ini adalah Postural Duduk Makan non Ergonomis sesuai analisis RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).

2.5 Prosedur Penelitian dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian prosedur yang sistematis dan terstruktur. Dimulai dari survei pendahuluan dan pengambilan data awal untuk memahami fenomena yang diteliti sampai pengukuran sudut *cobb* dilakukan dengan alat *inclinometer*. Data yang terkumpul diolah serta dianalisis untuk menghasilkan temuan penelitian yang valid dan reliabel. Rancangan penelitian ini menggunakan desain observasional dengan prosedur penelitian berikut:

- a. Survei pendahuluan dan pengambilan data penelitian awal
- b. Penyusunan proposal penelitian
- c. Pengajuan etik
- d. Proses ijin penelitian
- e. Penjelasan kepada responden terkait proses penelitian, pengajuan informed consent penelitian, dan pengisian kuesioner penelitian.
- f. Penyeleksian responden sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi
- g. Pengisian lembar identitas oleh responden
- h. Pengukuran sudut cobb dengan alat inclinometer
- i. Peneliti melakukan pengolahan data dan menganalisis hasil data

Rancangan penelitian tertera pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Rancangan Penelitian

Keterangan :

P : Populasi

S : Sampel

K1 : Kelompok Posisi Makan Non Ergonomis > 3 tahun

K2 : Kelompok Posisi Makan Non Ergonomis < 3 tahun

K3 : Kelompok Kontrol

SC : Sudut Cobb

DU : Data Analisis Univariat

DB : Data Analisis Bivariat

2.6 Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

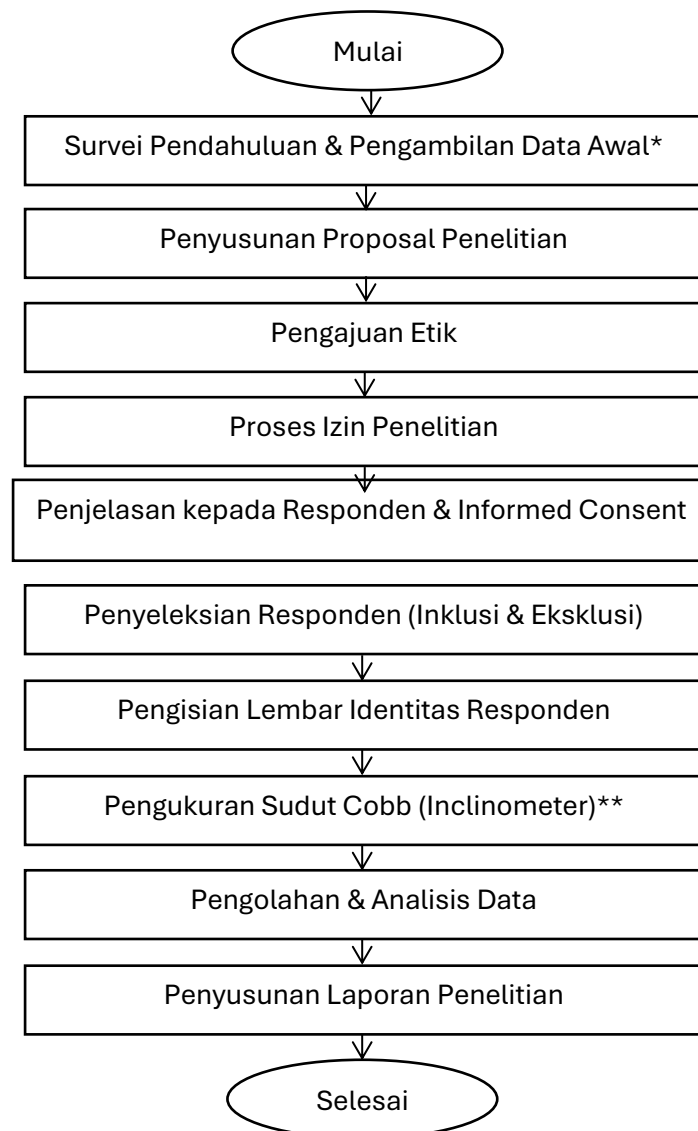
a. Analisis Univariat

Dengan menggunakan statistik deskriptif, kita akan menggambarkan dan meringkas data yang ada secara individual. Tujuannya adalah untuk memahami ciri-ciri umum dari setiap variabel yang diteliti.

b. Analisis Bivariat

Dalam analisis ini, kita akan fokus pada dua variabel: posisi duduk dan kejadian kifosis. Setelah menyeleksi data yang sesuai, peneliti akan membuat tabel dan memberi kode pada data tersebut. Selanjutnya akan digunakan uji statistik seperti chi-square, Spearman, atau Pearson untuk mengukur seberapa kuat hubungan antara kedua variabel ini.

2.7 Prosedur Kerja



Gambar 2. 2 Prosedur Kerja

Keterangan :

(*) : Dilakukan pemeriksaan postural duduk pada meja dan kursi pada tempat penelitian dengan supervisi ahli arsitektur.

(**) : Dilakukan pemeriksaan Sudut Cobb pada 3 posisi (Berdiri Tegak, Duduk Tegak dan Duduk Makan) dengan supervise ahli fisioterapi.

Berdiri Tegak

Posisi responden berdiri alamiah (posisi statis tubuh)

Duduk Tegak

Posisi responden duduk diatas kursi yang biasa digunakan untuk makan dengan posisi duduk alamiah

Duduk Makan	Posisi responden duduk makan diatas kursi dan meja yang biasa digunakan untuk makan
-------------	---
