

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stunting merupakan kondisi gagal tumbuh atau keterlambatan pertumbuhan fisik pada anak dibawah lima tahun, dimana tinggi badan lebih rendah dari standar sesuai umur (< -2 SD pada kurva WHO), akibat kekurangan gizi kronis dalam jangka panjang. Kejadian stunting masih menjadi salah satu masalah gizi yang dialami balita di dunia saat ini. Stunting pada anak merupakan salah satu hambatan paling signifikan terhadap perkembangan manusia dan secara global mempengaruhi sekitar 162 juta anak di bawah usia lima tahun. Hasil Survei Kesehatan Dasar Indonesia tahun 2007 menunjukkan prevalensi stunting di Indonesia sebesar 36,8%. Prevalensi stunting pada tahun 2019 sebesar 27,67% (Laksono *et al.*, 2022). Berdasarkan data Dinas Kesehatan tahun 2023, prevelensi stunting di Provinsi Sulawesi Selatan berada di urutan ke-10 dengan angka 27,4%, sementara Kabupaten Luwu Utara berada di urutan ke-5 mencatat prevalensi *stunting* sebesar 15.5% (Dinas Kesehatan Luwu Utara, 2023).

Salah satu faktor risiko signifikan stunting adalah bayi berat lahir rendah, dengan penelitian yang menunjukkan kemungkinan anak-anak yang lahir dengan bayi berat lahir rendah memiliki risiko stunting yang jauh lebih tinggi dari pada dengan berat lahir normal (Vats *et al.*, 2024). Efek jangka panjang dari bayi berat lahir rendah dapat bermanifestasi sebagai kegagalan pertumbuhan (*growth faltering*). Keterlambatan pertumbuhan dini akan sulit diatasi pada bayi yang lahir dengan bayi berat lahir rendah. Di Indonesia ditemukan bahwa bayi berat lahir rendah merupakan prediktor paling dominan yang berhubungan dengan stunting pada anak usia 12-23 bulan (Halli, Biradar and Prasad, 2022; Ode, Murti and Budihastuti, 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan hubungan erat antara pertumbuhan organ dan pertumbuhan linear selama masa kanak-kanak terutama ukuran ginjal (Wells *et al.*, 2019). Berbeda dengan organ lain, ginjal memiliki karakteristik unik karena pembentukan nefron (nefrogenesis) selesai pada usia kehamilan 34–36 minggu. Setelah kelahiran, tidak ada lagi pembentukan nefron baru. Dengan demikian, bayi yang lahir dengan BBLR akibat restriksi pertumbuhan intrauterin

berpotensi memiliki jumlah nefron lebih sedikit dan ukuran ginjal lebih kecil. (Vale et al., 2024) Ginjal dengan jumlah nefron yang lebih sedikit memiliki kemampuan yang berkurang untuk beradaptasi dengan kelebihan zat dari makanan serta penurunan kompensasi kerusakan ginjal; kondisi ini juga diterapkan pada kasus transplantasi ginjal, di mana rasio ginjal terhadap berat badan penerima yang lebih kecil dikaitkan dengan luaran yang lebih buruk, terlepas dari faktor imunologisnya. (Barry MB et al., 2005) Kelahiran prematur pada bayi perempuan juga merupakan faktor risiko untuk risiko kelahiran prematur, hipertensi gestasional, dan diabetes gestasional pada pasien tersebut di usia dewasanya, yang pada waktunya nanti juga dapat memengaruhi perkembangan ginjal janin dan risiko hipertensi serta penyakit ginjal pada keturunannya. Oleh karena itu, pemutusan siklus ini penting dilakukan untuk mengurangi beban hipertensi dan penyakit ginjal secara global pada generasi mendatang (Luyckx et al., 2015).

Penilaian ukuran ginjal dapat dilakukan dengan mudah karena letaknya jelas dan dapat teridentifikasi dengan baik menggunakan ultrasonografi. Selain itu, pada sebagian besar perangkat ultrasonografi sudah tersedia fitur perhitungan volume ginjal secara otomatis, sehingga memudahkan peneliti dalam memperoleh data yang objektif dan efisien. Ultrasonografi telah memainkan peran penting dalam mengevaluasi ukuran ginjal dikarenakan merupakan modalitas yang murah, akurat, non-invasif, bebas radiasi dan tersedia secara luas untuk menentukan panjang, lebar, dan ketebalan organ (Vale et al., 2024). Penilaian perkembangan ukuran ginjal meliputi pengukuran panjang, volume total, volume kortikal dan ketebalan merupakan titik awal evaluasi penyakit ginjal untuk diagnosis dan prognosis (Bhardwaj et al., 2024). Ukuran ginjal dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya terdapat korelasi signifikan antara panjang ginjal dengan usia, berat badan, tinggi badan, dan indeks massa tubuh. Volume ginjal kecil bukan hanya akibat berat bayi lahir rendah tetapi juga dapat menjadi konsekuensi stunting, yang pada penelitian menyebutkan anak-anak yang kekurangan gizi memiliki panjang ginjal dan volume ginjal yang secara signifikan lebih rendah (Parmaksız et al., 2020; Rad et al., 2022).

Terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa bayi berat lahir rendah berhubungan dengan ukuran ginjal. Pada penelitian Konopásek dkk, menunjukkan volume ginjal berhubungan dengan berat lahir dengan nilai $p < 0,005$ dengan total volume ginjal standar deviasi relatif terhadap populasi referensi yakni

-0,26 (Konopásek *et al.*, 2025). Pada penelitian Villani dkk, menunjukkan terdapat korelasi antara berat lahir dengan volume ginjal dengan pada pasien bayi prematur dengan nilai $p < 0,001$. Pada penelitian Wells dkk, menunjukkan terdapat anak dengan riwayat BBLR dengan stunting pada usia 2 tahun mempunyai ukuran ginjal yang lebih kecil dibandingkan anak tanpa stunting dengan nilai $p < 0,001$ (Wells *et al.*, 2019).

Namun, hingga kini belum banyak penelitian di Indonesia, khususnya di Sulawesi Selatan, yang mengeksplorasi hubungan antara riwayat bayi berat lahir rendah, volume ginjal dan derajat stunting pada anak. Oleh karena itu, maka kami bermaksud melakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana hubungan bayi berat lahir rendah dan derajat stunting dengan volume ginjal menggunakan ultrasonografi pada anak stunting khususnya di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan bayi berat lahir rendah dan derajat stunting dengan volume ginjal menggunakan ultrasonografi pada anak stunting?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan bayi berat lahir rendah dan derajat stunting dengan volume ginjal menggunakan ultrasonografi pada anak stunting.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui hubungan antara bayi berat lahir rendah dengan derajat stunting pada anak stunting.
2. Mengetahui hubungan antara bayi berat lahir rendah dengan volume ginjal pada anak stunting.
3. Mengetahui hubungan antara derajat stunting dengan volume ginjal pada anak stunting.

1.4 Hipotesis Penelitian

H1 : Terdapat hubungan bayi berat lahir rendah dan derajat stunting dengan volume ginjal menggunakan ultrasonografi pada anak stunting.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Memberikan informasi ilmiah, menambah wawasan dan pengetahuan mengenai hubungan bayi berat lahir rendah dan derajat stunting dengan volume ginjal menggunakan ultrasonografi pada anak stunting.

1.5.2 Manfaat Metodologis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih data ilmiah sebagai sarana referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya mengenai keterkaitan antara volume ginjal dengan berat badan lahir pada anak stunting.

1.5.3 Manfaat Aplikatif

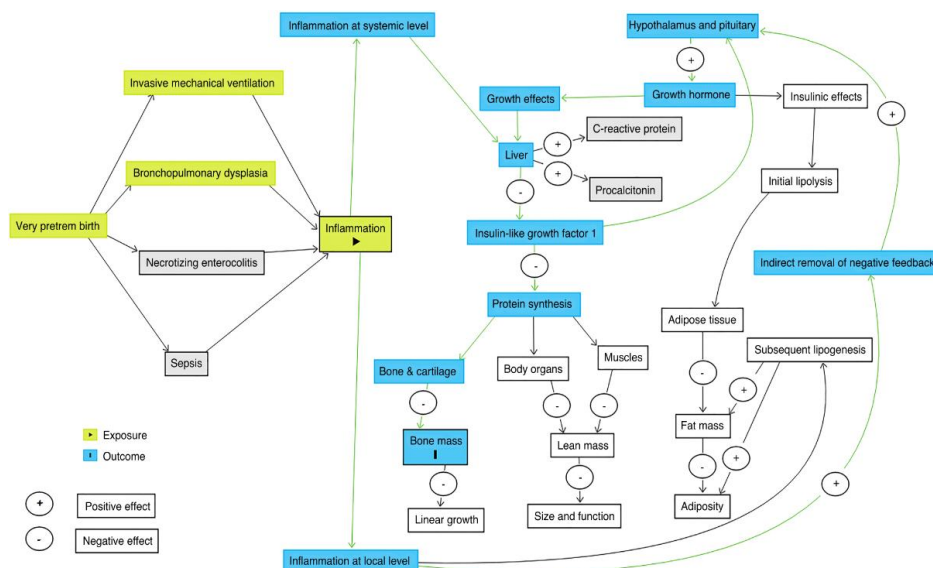
- a. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dan memberikan rekomendasi agar anak dengan BBLR dan stunting dilakukan pemeriksaan ultrasonografi ginjal berkala untuk menilai volume ginjal.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dan memberikan masukan bagi klinisi dalam optimalisasi pemantauan lebih lanjut bayi berat lahir rendah dan anak stunting.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bayi berat lahir rendah

Bayi berat lahir rendah (BBLR) merupakan berat badan lahir < 2500 gram, angka kejadian diseluruh dunia berkisar 15-20% diseluruh kelahiran. Kondisi ini dapat terjadi karena bayi lahir prematur, yaitu sebelum usia kehamilan 37 minggu, atau karena adanya hambatan pertumbuhan janin di dalam rahim (IUGR). Ini sangat berhubungan dengan mortalitas dan morbiditas saat perinatal dan postnatal. Beberapa faktor, seperti ibu yang mengalami anemia atau rendahnya konsumsi kalsium merupakan penyebab paling banyak dari bayi berat lahir rendah (Konopasek, *et al.*, 2024).



Gambar 1. Mekanisme prematuritas dan BBLR dan komplikasinya terhadap perkembangan organ dan menyebabkan stunting. Inflamasi memicu resistensi growth hormone (GH) di tingkat hati, yang mengakibatkan penurunan ekspresi insulin-like growth factor 1 (IGF-1); hal ini mengakibatkan peningkatan sirkulasi GH karena hilangnya umpan balik negatif IGF-1 pada pelepasan GH. IGF-1 adalah mediator utama aksi aksis GH pada sintesis protein dan pertumbuhan organ, otot, dan linier. Hasil dari kelompok penelitian saat ini menemukan beberapa asosiasi yang konsisten dengan konsep-konsep ini. Pada usia yang dikoreksi, bayi dengan peradangan berkelanjutan menunjukkan faktor insulin-like growth factor 11 (IGF-1), length z-score (LZS), bone mineral conten (BMC) dan lean mass (LM) yang lebih rendah secara signifikan, dan hormon pertumbuhan (GH) dan massa lemak (FM) yang lebih tinggi. LZS dikaitkan secara negatif dengan prokalsitonin (PCT), BMC dikaitkan secara negatif dengan IGF-1, FM dikaitkan secara positif dengan protein C-reaktif (CRP), LM dikaitkan secara negatif dengan CRP, GH dikaitkan secara positif dengan displasia bronkopulmonalis dan CRP, dan IGF-1 dikaitkan secara negatif dengan ventilasi mekanis, CRP, dan PCT, semuanya dengan signifikansi statistik. (Cuestas *et al.*, 2023)

BBLR memiliki dampak yang serius terhadap kesehatan bayi, baik dalam jangka pendek maupun panjang. Bayi dengan berat badan rendah lebih rentan mengalami berbagai komplikasi, seperti gangguan pernapasan, hipotermia, hipoglikemia, dan infeksi. Selain itu, mereka juga berisiko mengalami gangguan tumbuh kembang, termasuk keterlambatan perkembangan motorik dan kognitif. Dalam banyak kasus, BBLR juga menjadi penyebab utama kematian neonatal, terutama di negara berkembang. Salah satu dampak jangka panjang dari BBLR yang mulai banyak diteliti adalah gangguan perkembangan ginjal, baik dari sisi struktur maupun fungsi. Ginjal merupakan organ yang berkembang sejak trimester awal kehamilan dan mencapai maturasi mendekati akhir trimester ketiga. Oleh karena itu, gangguan pertumbuhan intrauterin yang menyebabkan BBLR juga dapat menghambat perkembangan nefron dan ukuran ginjal (Manfellotto, 2022).

Penelitian menunjukkan bahwa bayi yang lahir dengan berat badan rendah cenderung memiliki volume ginjal yang lebih kecil dibandingkan bayi dengan berat badan lahir normal. Volume ginjal merupakan indikator penting dalam menilai jumlah nefron dan kapasitas filtrasi ginjal. Nefron, sebagai unit fungsional ginjal, jumlahnya tidak bertambah setelah lahir. Oleh karena itu, gangguan perkembangan nefron selama kehamilan akan berdampak permanen. Penurunan volume ginjal pada individu dengan riwayat BBLR juga dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit ginjal kronis dan hipertensi di usia dewasa. Hal ini sejalan dengan teori Barker atau “fetal origin of adult disease” yang menyatakan bahwa gangguan lingkungan intrauterin dapat menyebabkan perubahan permanen pada struktur dan fungsi organ, termasuk ginjal (Manfellotto, 2022).

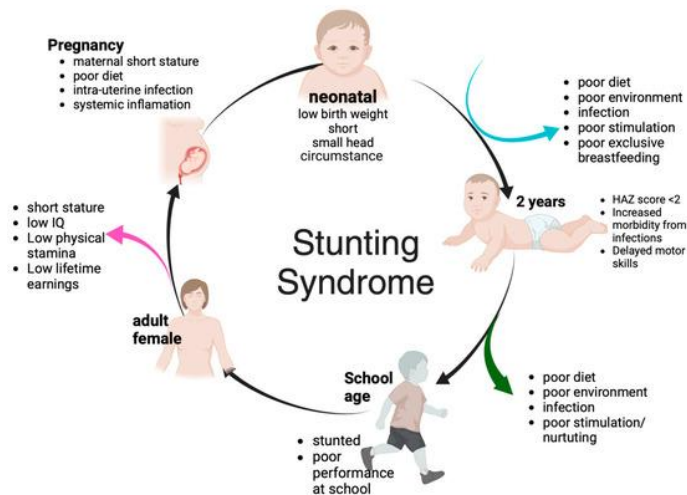
Pada penelitian yang dilakukan oleh Keijzer-Veen *et al.*, 2010 mendapatkan penurunan volume ginjal juga ditemukan pada 33 anak Aborigin dengan bayi berat lahir rendah (BBLR) berusia 5–18 tahun. Pada penelitian Lillås dkk, menunjukan Wanita paruh baya yang lahir dengan BBLR juga memiliki ginjal yang lebih kecil dibandingkan wanita paruh baya yang lahir dengan BBLR (Lillås *et al.*, 2021).

2.2 Stunting

Stunting adalah kondisi ketika anak-anak di bawah usia lima tahun (balita) memiliki panjang atau tinggi badan yang lebih pendek dari usia mereka dan kondisi ini terjadi karena panjang atau tinggi badan lebih dari minus dua standar deviasi dari standar pertumbuhan anak median WHO. Stunting merupakan salah satu penanda risiko yang sudah diketahui secara luas mengenai buruknya perkembangan anak, dan stunting sebelum usia dua tahun memprediksi buruknya luaran kognitif dan pendidikan di masa kanak-kanak dan remaja (Laksono *et al.*, 2022).

Angka kejadian stunting masih menjadi salah satu masalah gizi yang dialami balita di dunia saat ini. Pada tahun 2017, sebanyak 22,2% atau sekitar 150,8 juta balita mengalami stunting. Pada tahun 2017, lebih dari separuh balita yang mengalami stunting berasal dari Asia (55%), sedangkan lebih dari sepertiganya (39%) tinggal di Afrika. Dari 83,6 juta balita kecil di Asia, proporsi tertinggi berasal dari Asia Selatan (58,7%). Data prevalensi stunting balita yang dihimpun WHO, Indonesia termasuk dalam negara ketiga dengan mayoritas tertinggi di kawasan Asia Tenggara/South-East Asia Regional (SEAR). Rata-rata prevalensi stunting balita di Indonesia sejak tahun 2005 hingga 2017 sebesar 36,4% dan pada tahun 2023 adalah 21,5%, sedikit turun dari 21,6% di tahun 2022. (Laksono *et al.*, 2022).

Stunting pada anak dimulai sejak awal kehidupan hingga tiga atau empat tahun pertama. 1000 hari pertama kehidupan merupakan masa krusial dalam menentukan tumbuh kembang anak di masa mendatang, baik dari segi kesehatan fisik maupun mental. Stunting dapat diidentifikasi sebagai bagian dari siklus proses yang berkesinambungan, dimulai dari asupan gizi ibu selama masa kehamilan, yang diteruskan kepada anak dan berlanjut ke siklus berikutnya melalui beberapa faktor. Penyebab stunting, menurut kerangka konseptual yang diajukan oleh WHO, merupakan masalah yang kompleks dan multifaktorial. Faktor-faktor tersebut meliputi kondisi rumah tangga, pemberian makanan pendamping yang tidak memadai, pemberian ASI yang tidak eksklusif, penyakit menular, ekonomi politik, pendidikan, akses terhadap layanan kesehatan, pengaruh sosial dan budaya, kondisi lingkungan, sanitasi, dan kualitas air (Mulyani *et al.*, 2025).



Gambar 2. Sindrom Stunting. Gambar ini menjelaskan bagaimana sindrom stunting diidentifikasi sebagai siklus yang berkelanjutan. Beberapa faktor yang memengaruhi siklus sindrom stunting antargenerasi meliputi kekurangan gizi pada ibu dan anak sepanjang hidup, pemberian ASI yang tidak memadai, pemberian makanan pendamping yang tidak tepat, penyakit menular dan peradangan, serta faktor sosial seperti kurangnya sumber daya lintas generasi dan kemiskinan. Berbagai perubahan patologis akibat gangguan pertumbuhan linier pada awal kehidupan dikaitkan dengan peningkatan angka kesakitan dan kematian, penurunan kemampuan fisik, perkembangan otak yang buruk, dan peningkatan risiko gangguan metabolisme di masa dewasa (Mulyani *et al.*, 2025)

Salah satu faktor risiko yang paling menonjol terhadap terjadinya stunting adalah bayi berat lahir rendah (BBLR). BBLR didefinisikan oleh WHO sebagai bayi dengan berat badan kurang dari 2500 gram saat lahir, terkait dengan proses gagal tumbuh yang sudah terjadi sejak bayi baru lahir, signifikan dalam pengaruhnya terhadap kejadian stunting karena menunjukkan adanya hambatan pertumbuhan saat anak masih dalam kandungan, sehingga potensi pertumbuhan anak tetap terhambat setelah lahir (Apriastini *et al.*, 2024). Kasus BBLR di Indonesia berkisar 5% - < 10% yang menjadikan Indonesia menduduki peringkat keenam di Asia Tenggara dan di Indonesia sebanyak 1-3% kematian bayi terjadi. Selain faktor genetik, kelahiran prematur atau Intra Uterine Growth Retardation atau IUGR merupakan indikasi BBLR (Aryastami *et al.*, 2017; Rahmadani and Santik, 2024).

Bayi dengan BBLR lebih berisiko mengalami stunting dibandingkan bayi dengan berat badan normal karena mereka berisiko lebih tinggi tidak menerima cukup nutrisi selama periode perkembangan kritis. Hal ini dapat menyebabkan gangguan perkembangan kognitif dan peningkatan kerentanan terhadap penyakit kronis di kemudian hari. Selain itu, bayi BBLR lebih mungkin lahir prematur, yang selanjutnya meningkatkan risiko stunting. Pertumbuhan janin yang buruk atau terhambatnya pertumbuhan dalam 2 tahun pertama kehidupan menyebabkan

kerusakan yang tidak dapat dipulihkan, termasuk tinggi badan orang dewasa yang lebih pendek. BBLR berhubungan langsung dengan morbiditas pediatrik, terkait dengan pertumbuhan berat badan dan tinggi badan yang tidak memadai, gangguan perkembangan neuropsikomotor, dan peningkatan risiko penyakit kronis tidak menular seperti obesitas, hipertensi arteri sistemik, diabetes melitus tipe 2, dan penyakit kardiovaskular di masa depan. Anak dengan BBLR berisiko lebih tinggi mengalami malnutrisi, infeksi, dan penyakit degeneratif. Malnutrisi dan infeksi dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan serta meningkatkan morbiditas anak di kemudian hari (Rahmadiani, Fibriana and Azam, 2024).

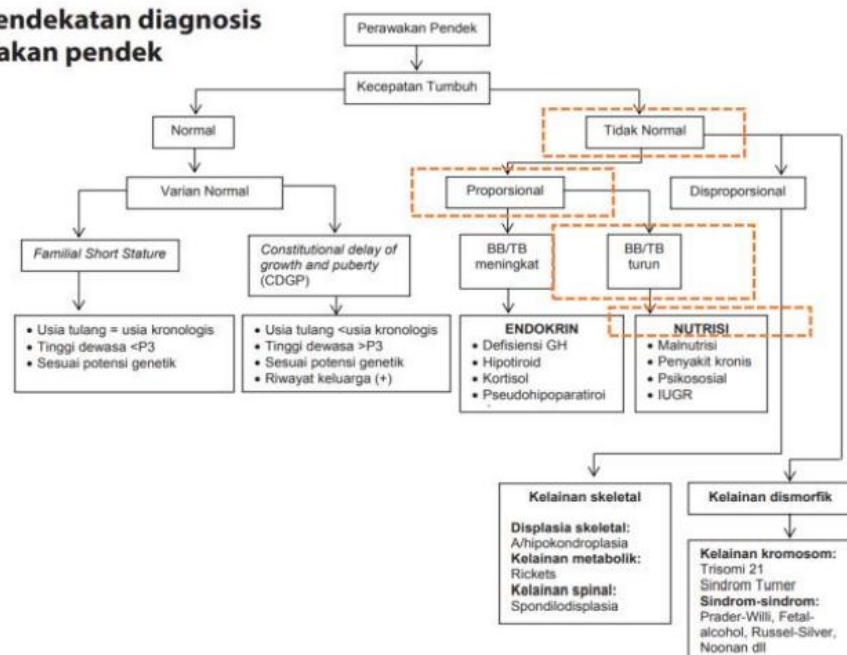
Terdapat keterlambatan perkembangan yang jauh lebih tinggi pada usia 2-3 tahun pada bayi yang lahir prematur dan/atau BBLR. Pemberian ASI eksklusif, pengenalan dan kecukupan makanan pendamping ASI yang tepat waktu, dan akses terhadap penanganan gizi buruk yang efektif diperlukan untuk semua anak, tetapi dengan penekanan khusus pada bayi yang lahir prematur dan/atau BBLR untuk mengurangi keterlambatan perkembangan yang dapat mengurangi prevalensi gizi buruk yang parah hingga 61,4%, dan juga dapat mengurangi angka kematian terkait malnutrisi (Ramadhan, Amalia and Sudaryanti, 2023).

Stunting ditegakkan melalui anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang apabila diperlukan. Pada kasus stunting, keluhan umumnya tidak spesifik, umumnya orang tua menyadari bahwa anaknya lebih pendek dari anak seusianya disertai keluhan susah makan. Pemeriksaan dilanjutkan dengan melakukan pengukuran antropometri, kecepatan pertumbuhan, pemeriksaan proporsi tubuh, dan pemeriksaan potensi genetik (Apriastini *et al.*, 2024).

Diagnosis stunting pada anak dilakukan dengan cara membandingkan tinggi badan anak dengan standar pertumbuhan yang ditetapkan oleh WHO atau CDC. Saat ini, stunting dievaluasi oleh petugas kesehatan dengan mengukur tinggi badan anak/remaja dan menentukan usianya, kemudian menggunakan tabel atau grafik pertumbuhan untuk menentukan tinggi badan sesuai usia dan jenis kelamin (TB/U) yang sesuai untuk mengklasifikasikan seseorang sebagai: normal ($TB/U \leq -2$); *stunted* ($TB/U < -2$); dan *severe stunted* ($TB/U < -3$) (Chanyarungrojn *et al.*, 2023).

Kecepatan tumbuh anak stunting cenderung tidak normal atau lebih lambat daripada anak tidak stunting. Pemeriksaan proporsi tubuh dilakukan dengan membandingkan segmen atas tubuh dengan segmen bawah. Segmen atas (A) diukur dengan mengurangkan tinggi badan dengan segmen bawah. Segmen bawah (B) diukur dari titik tengah simfisis pubis sampai titik paling bawah saat anak berdiri. Anak stunting memiliki $A/B = 1$, yang artinya proporsi tubuhnya normal, tetapi pendek. Apabila A/B menunjukkan hasil disproporsional, maka bisa dipikirkan penyebab perawakan pendek lain seperti kelainan dismorfik. Pemeriksaan potensi tinggi genetik Pemeriksaan potensi genetik dapat dilakukan untuk memperkirakan potensi tinggi anak saat dewasa (Apriastini *et al.*, 2024).

Alur pendekatan diagnosis perawakan pendek



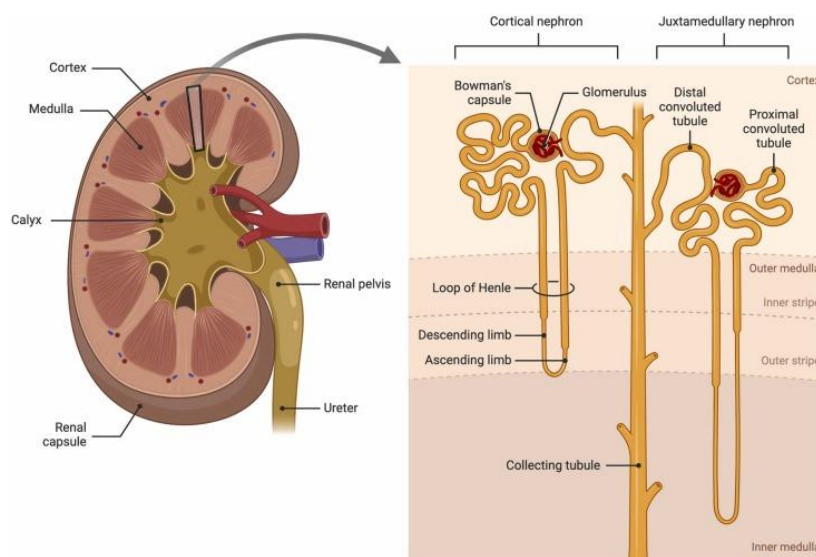
Gambar 3. Alur diagnosis stunting (Apriastini *et al.*, 2024).

2.3 Pengukuran Ginjal

Nefrogenesis dimulai pada awal kehamilan, namun mencapai puncaknya pada minggu ke-32 kehamilan, berlanjut hingga minggu ke-36 kehamilan, dan berkorelasi dengan ukuran ginjal. BBLR bisa disebabkan oleh hambatan pertumbuhan intrauterin atau prematuritas. Sudah diketahui bahwa berat badan menurut usia kehamilan merupakan penentu independen yang penting dari ukuran ginjal saat lahir dan awal masa bayi. Ada data tentang neonatus BBLR yang mencapai laju filtrasi glomerulus (GFR) yang sama dibandingkan dengan neonatus

dengan berat badan normal meskipun volume ginjal 25% lebih kecil pada minggu pertama kehidupan. Semakin banyak penelitian menunjukkan adanya hubungan antara retardasi pertumbuhan intrauterin (IUGR) dan keterbelakangan perkembangan ginjal janin, dengan jumlah nefron terbatas dan ukuran ginjal menurun. Selain itu, berat badan lahir tampaknya menjadi penentu kuat ukuran ginjal, jumlah nefron, volume glomerulus, albuminuria dan tekanan darah sistolik. Temuan ini memperkuat hipotesis bahwa IUGR membawa risiko kehilangan fungsi ginjal akibat defisit nefron, hilangnya luas permukaan filtrasi, hiperfiltrasi, hipertensi glomerulus, dan kerusakan glomerulus. Selain itu, kelahiran prematur diketahui berhubungan dengan gangguan nefrogenesis dan pertumbuhan ginjal pascanatal yang terbatas hingga usia 18–24 bulan (Keijzer-Veen *et al.*, 2010; Iyengar *et al.*, 2016).

Ginjal berbentuk seperti kacang yang terletak retroperitoneal pada dinding posterior abdomen. Aspek medial ginjal berisi hilum renal tempat pembuluh darah, termasuk saraf, ureter, pembuluh darah renal, dan pembuluh limfatik masuk dan keluar dari ginjal. Ginjal dikelilingi oleh kapsul luar, berisi korteks luar dan medula dalam, yang selanjutnya dibagi lagi menjadi piramida renal berbentuk kerucut. Di dasar setiap piramida terdapat papila, yang bertransisi ke pelvis renal. Batas luar pelvis terbagi menjadi kaliks mayor yang memanjang ke bawah sebagai kaliks minor, yang menampung urine dari setiap papila. Dinding kontraktile kaliks, pelvis, dan ureter memungkinkan pergerakan urine ke kandung kemih (Ray and Reddy, 2023).



Gambar 4. Struktur ginjal dan nefron normal. Dua ginjal berbentuk seperti kacang terletak retroperitoneal pada dinding posterior abdomen (Ray and Reddy, 2023).

Ginjal manusia terutama berfungsi untuk membuang produk sisa metabolisme, seperti urea, kreatinin, asam urat, dan metabolit lainnya, dengan menyaring plasma pada berbagai tingkat. Selain itu, organ-organ ini melakukan berbagai fungsi homeostatis penting, pengaturan keseimbangan dan konsentrasi cairan dan elektrolit, pengaturan tekanan arteri, pemeliharaan keseimbangan asam-basa, sekresi, metabolisme, dan ekskresi hormon, serta glukoneogenesis. Untuk menjaga homeostasis, ginjal menyesuaikan laju ekskresinya agar sesuai dengan asupan berbagai zat. Sementara ginjal mempertahankan tekanan arteri jangka panjang dengan mengatur jumlah natrium dan air, ginjal mempertahankan tekanan arteri jangka pendek dengan mengeluarkan hormon dan faktor atau zat vasoaktif. Demikian pula, ginjal mengatur keseimbangan asam-basa dengan mengeluarkan asam dan mempertahankan keberadaan buffer dalam cairan tubuh. Ginjal juga berfungsi untuk memproduksi sel darah merah di sumsum tulang dengan mengeluarkan eritropoietin, bentuk aktif vitamin D yang dikenal sebagai 1,25-dihydroxyvitamin D3 (kalsitriol), dan glukosa dari berbagai molekul prekursor selama periode puasa berkepanjangan yang dikenal sebagai glukoneogenesis (Ray and Reddy, 2023).

Secara keseluruhan, perubahan dalam struktur dan fungsi ginjal dikaitkan dengan usia dan jenis kelamin baik dalam keadaan sehat maupun sakit, seperti diabetes, obesitas, hipertensi, dan kondisi lainnya. Karena ginjal tidak dapat menghasilkan nefron baru, terjadi penurunan jumlah nefron secara bertahap seiring waktu karena penuaan, penyakit, atau cedera, dan fenomena ini dapat menjelaskan banyak perubahan fisiologis yang diamati pada ginjal yang menua, baik karena penuaan saja atau penuaan yang disertai dengan penyakit penyerta yang berhubungan dengan penuaan (Ray and Reddy, 2023).

Perkembangan atau peningkatan ukuran ginjal berhenti pada usia 25 atau 26 tahun. Ketika ginjal berhenti bertambah besar, panjang rata-rata biasanya mencapai 12 cm sedangkan lebarnya sekitar 6 cm, dan ketebalan rata-rata ginjal sekitar 3,0 cm. Ukuran ginjal masih dapat bertambah setelah matang jika salah satu ginjal diangkat untuk mengimbangi fungsi ginjal lainnya (Tsehay and Seyoum, 2023).

Penilaian ukuran ginjal mempunyai kepentingan yang tak terbantahkan dalam diagnostik penyakit ginjal anak (Obrycki *et al.*, 2022). Ukuran ginjal

merupakan parameter penting yang digunakan untuk evaluasi klinis kelainan ginjal, seperti atrofi, hipoplasia, dan hipertrofi pada anak-anak (Ezeofor, Anyanwu and Obikili, 2020). Ukuran merupakan parameter utama yang harus diukur secara cermat karena merupakan dasar untuk keputusan klinis yang penting. Panjang dan volume ginjal merupakan indikator penting untuk perkembangan penyakit dalam praktik urologi dan nefrologi (Tsehay and Seyoum, 2023).

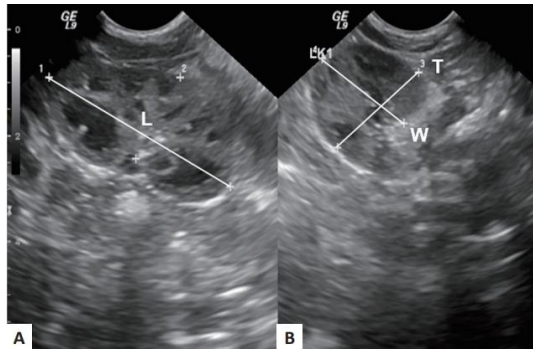
Terdapat beberapa metode untuk mengukur volume ginjal, seperti computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), dan ultrasonografi (USG). Meskipun CT dan MRI memberikan akurasi yang lebih baik daripada USG, keduanya memiliki keterbatasan untuk penggunaan klinis pada anak-anak karena sedasi dan paparan radioaktivitas. Oleh karena itu, USG merupakan metode yang paling tepat untuk penelitian anak-anak karena relatif dapat diandalkan dan noninvasif.

Ultrasonografi merupakan metode pilihan untuk mengukur ukuran ginjal pada anak karena metode ini bersifat noninvasif, nonionisasi, hemat biaya dan dapat dilakukan di rumah sakit. Ultrasonografi digunakan untuk memantau ginjal anak dengan ukuran yang dibandingkan dengan nilai normatif yang dipublikasikan. Ultrasonografi tidak berisiko terkena radiasi pengion dan karenanya aman dalam evaluasi anak-anak yang sedang tumbuh. Ultrasonografi juga memberikan penilaian cepat dan akurat terhadap dimensi organ visceral lainnya (Ezeofor, Anyanwu and Obikili, 2020; Rongviriyapanich *et al.*, 2020).

Ultrasonografi merupakan alat penting dalam nefrologi tidak hanya untuk diagnosis dan penanganan penyakit ginjal tetapi juga untuk memandu prosedur invasif. Ultrasonografi juga berguna dalam menentukan agenesis, hipertrofi, atrofi, dan lokasi ektopik ginjal. Mengukur volume ginjal adalah cara yang lebih baik dalam mendeteksi kelainan, terutama ketika tes biokimia menunjukkan hasil normal atau ketika penyakit tidak dapat divisualisasikan pada gambar ultrasonografi. (Rongviriyapanich *et al.*, 2020; Tsehay and Seyoum, 2023).

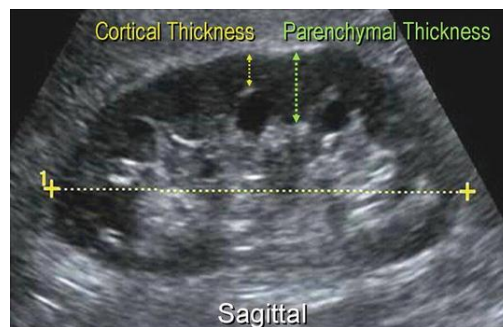
Pada saat pemeriksaan USG dalam mengukur volume ginjal, subjek diperiksa dalam posisi berbaring miring. Panjang ginjal maksimum diukur sepanjang sumbu longitudinal setiap ginjal. Lebar dan tebal diukur pada bidang transversal yang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal ginjal pada tingkat hilum.

Volume ginjal dihitung dengan rumus = panjang × lebar × kedalaman × 0,523 (Rongviriyapanich *et al.*, 2020).



Gambar 5. Contoh gambar USG 2 dimensi ginjal yang diperoleh menggunakan transduser 2–5 MHz. (A) Panjang ginjal maksimum (L) diukur sepanjang sumbu longitudinal ginjal. (B) Lebar (W) dan tebal (T) diukur pada bidang transversal yang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal ginjal pada tingkat hilum (Rongviriyapanich *et al.*, 2020).

Ketebalan kortikal diukur dari kapsul ginjal ke dasar piramida medula segitiga. Ketebalan parenkim ginjal adalah jarak antara kapsul ginjal dan puncak piramida. Semua pengukuran dilakukan pada bidang sagital menggunakan gambar yang menggambarkan panjang ginjal terbesar. Ketebalan piramida meduler dan ketebalan parenkim ginjal diukur di sepertiga tengah ginjal (Kelley *et al.*, 2016).



Gambar 6. Perbedaan antara pengukuran ketebalan kortikal dan ketebalan parenkim (Kelley *et al.*, 2016).

Tabel 1. Kisaran Referensi Volume Ginjal Pada Neonatus

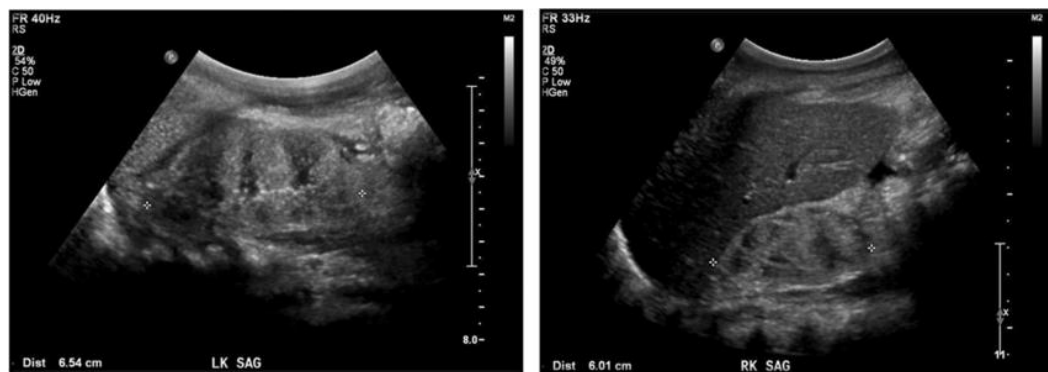
Kidney length neonates in cm			
Gestational age	Length (1sd)	Min-max	No
24-31 wk	3.3 (0.4)	2.5 – 4.0	29
32-35 wk	3.6 (0.4)	2.5 – 4.6	33
36-37 wk	4.1 (0.4)	3.0 – 4.9	35
38-41 wk	4.1 (0.4)	2.6 – 5.2	153

Tabel 2. Rentang Referensi Panjang Ginjal Seiring Bertambahnya Usia

Kidney length in cm					
Age	Length (sd)	No	Age	Length (sd)	No
0 – 1 wk	4.5 (0.3)	10	8 – 9 y	8.9 (0.9)	18
1 wk – 4 mo	5.3 (0.7)	54	9 – 10 y	9.2 (0.9)	14
4 – 8 mo	6.2 (0.7)	20	10 – 11 y	9.2 (0.8)	28
8 – 12 mo	6.2 (0.6)	8	11 – 12 y	9.6 (0.6)	22
1 – 2 y	6.6 (0.5)	28	12 – 13 y	10.4 (0.9)	18
2 – 3 y	7.4 (0.5)	12	13 – 14 y	9.8 (0.8)	14
3 – 4 y	7.4 (0.6)	30	14 – 15 y	10.0 (0.6)	14
4 – 5 y	7.9 (0.5)	26	15 – 16 y	11.0 (0.8)	6
5 – 6 y	8.1 (0.5)	30	16 – 17 y	10.0 (0.9)	10
6 – 7 y	7.8 (0.7)	14	17 – 18 y	10.5 (0.3)	4
7 – 8 y	8.3 (0.5)	18	18 – 19 y	10.8 (1.1)	8

Tabel 5. Kisaran Referensi Volume Ginjal Seiring Bertambahnya Usia

Kidney volume in ml					
Age	Volume (sd)	No	Age	Volume (sd)	No
0 mo	15 (4) ml	99	8	76 (7)	127
3 mo	22 (6)	81	9	82 (6)	147
6 mo	28 (3)	121	10	87 (5)	125
1	31 (5)	111	11	94 (6)	104
2	37 (5)	87	12	101 (6)	90
3	45 (6)	135	13	108 (8)	87
4	51 (5)	115	14	113 (8)	90
5	56 (7)	109	15	118 (7)	85
6	62 (6)	173	16	126 (8)	50
7	68 (6)	142	17	131 (6)	41



Gambar 7. Ultrasonografi ginjal dengan ukuran ginjal kecil. Ginjal pasien tampak kecil, ekogenisitas difus, dan hilangnya diferensiasi kortikomeduler. Ukuran ginjal rata-rata untuk anak usia 5 tahun adalah 8 cm, namun ia kecil untuk usianya, dan untuk anak dengan tinggi 90 cm, ukuran ginjal rata-rata adalah 7,1 cm dengan batas prediksi 95% sebesar 5,8 hingga 8,3 cm (Sandokji *et al.*, 2019).

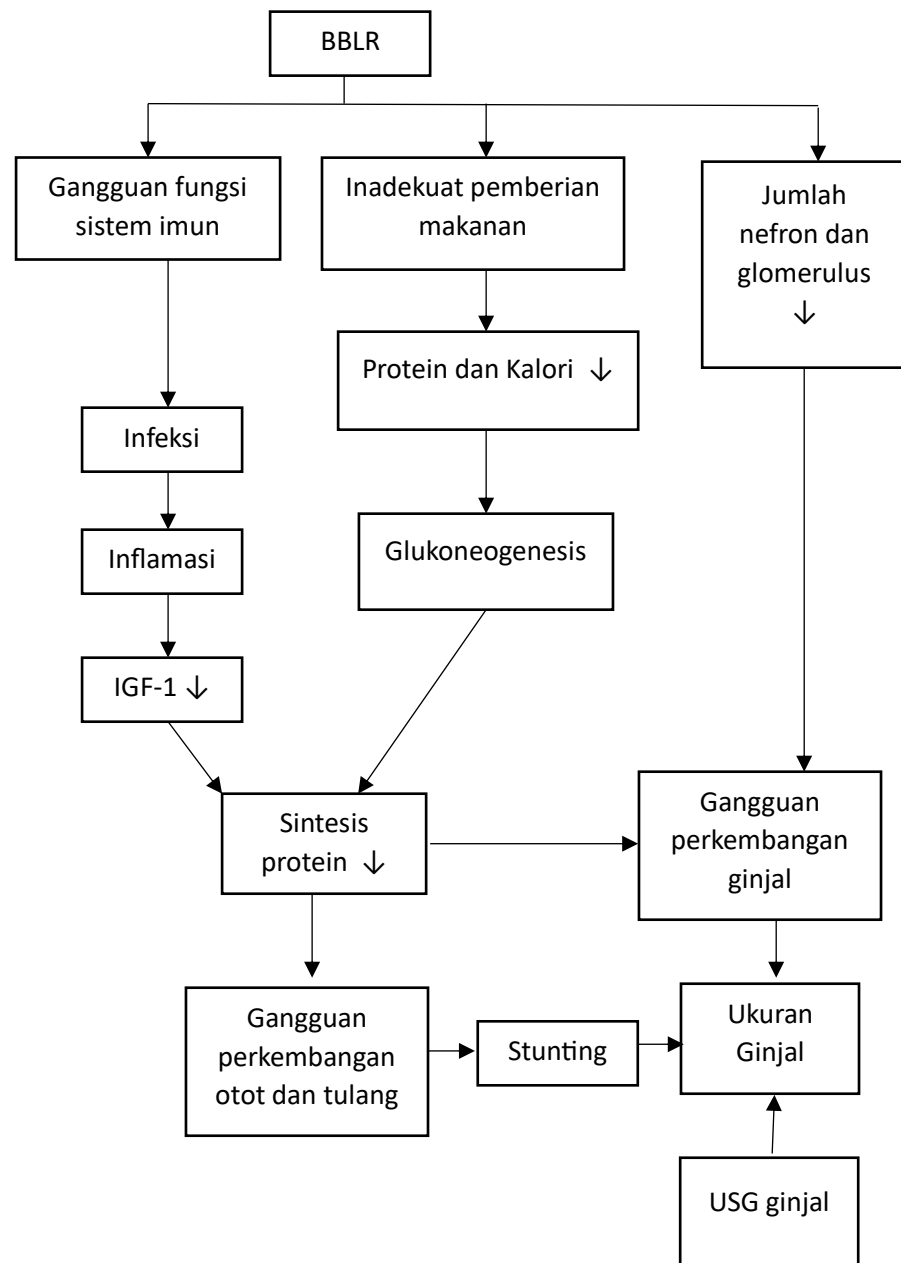
Ukuran ginjal berkorelasi baik dengan sebagian besar parameter ukuran tubuh yang digunakan saat ini, termasuk tinggi badan, berat badan, IMT, dan Luas permukaan tubuh (Obrycki *et al.*, 2022). Haugstvedt dkk., yang menemukan korelasi yang baik antara panjang dan kedalaman ginjal dan variabel seperti usia, berat badan, tinggi badan, dan luas permukaan tubuh. Dalam penelitian yang

dilakukan oleh Vujic dkk., koefisien korelasi linier terkuat ditemukan antara panjang tubuh (tinggi) dan panjang ginjal ($r = 0,728$ untuk ginjal kanan, $r = 0,721$ untuk ginjal kiri, dan $r = 0,724$ untuk panjang ginjal gabungan) dan volume ginjal gabungan ($r = 0,651$). Thapa dkk. pada kelompok 272 subjek pediatrik berusia antara 1 bulan dan 15 tahun; panjang ginjal menunjukkan korelasi terkuat dengan tinggi badan dan usia. Tinggi badan juga merupakan prediktor utama panjang ginjal pada anak-anak dan remaja dalam penelitian oleh Konus et al.; koefisien korelasi dengan dimensi ginjal (longitudinal dan transversal) adalah 0,94 dan 0,86 (Thapa et al., 2017).

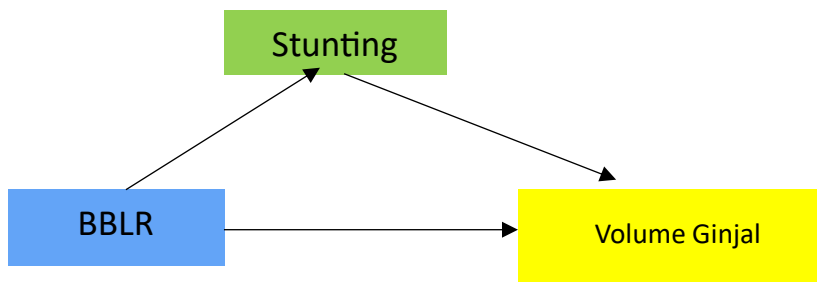
Tabel 6. Beberapa penelitian terkait hubungan antara bayi berat lahir rendah dengan volume ginjal pada anak stunting

Referensi	Subjek	Metode Penelitian	Hasil
Keijzer-Veen <i>et al.</i> , 2010	51 individu sangat prematur (<32 minggu kehamilan), baik kecil (SGA) atau sesuai (AGA) untuk usia kehamilan (22 SGA dan 29 AGA), dan 30 kontrol cukup bulan 20 tahun setelah kelahiran.	<i>Case control</i>	Baik panjang dan volume ginjal kiri absolut maupun relatif secara signifikan lebih rendah pada individu prematur dibandingkan aterm, terutama pada wanita. Ukuran ginjal tidak berbeda antara individu SMK dan KMK. Pada 70% kontrol (bayi aterm), ginjal kiri lebih besar daripada ginjal kanan dibandingkan dengan 40,9% pada prematur (KMK) [risiko relatif (RR) 1,7; interval kepercayaan (CI) 95% 1,0–3,0] dan 48,3% pada individu prematur (SMK) (RR 1,5; CI 95% 0,9–2,3).
Lillås <i>et al.</i> , 2021	200 orang dengan BBLR dan 200 orang wanita dengan berat normal.	Analisis retrospektif	Volume ginjal total adalah 302 ± 51 ml pada wanita berat normal vs 258 ± 48 ml pada wanita BBLR ($P = 0,002$). Individu perempuan yang lahir dengan BBLR memiliki ginjal yang lebih kecil daripada individu perempuan sehat yang lahir dengan berat normal.
Thapa <i>et al.</i> , 2017	272 subjek pediatrik berusia antara 1 bulan dan 15 tahun	Analisis retrospektif	Panjang ginjal menunjukkan korelasi terkuat dengan tinggi badan dan usia ($p < 0,05$)
Kumar, <i>et al.</i> , 2021	124 subjek anak < 5 tahun dengan malnutrisi berat dan 86 anak untuk kontrol	Prospektif <i>case control</i>	Anak dengan malnutrisi berat memiliki ukuran yang lebih kecil signifikan

2.4 Kerangka teori



2.5 Kerangka Konsep



Keterangan:

- = Variabel Tergantung
- = Variabel Bebas
- = Populasi