

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah pustaka

1. Stunting

a. Definisi

Stunting merupakan gangguan pertumbuhan kronis yang ditandai dengan kegagalan anak mencapai tinggi badan sesuai usianya. Menurut (World Health Organization 2018), stunting didefinisikan sebagai tinggi badan menurut umur (HAZ) di bawah -2 SD dari standar pertumbuhan WHO. Kondisi ini mencerminkan kekurangan gizi jangka panjang akibat asupan yang tidak memadai dan infeksi berulang selama masa pertumbuhan.

Stunting merupakan kondisi *growth faltering* yang berlangsung sejak janin hingga usia dua tahun akibat defisiensi gizi kronis dan lingkungan yang tidak mendukung. Keadaan ini menghambat pertumbuhan linier serta memengaruhi perkembangan otak, metabolisme, dan sistem imun. Menurut (Rahayu et al. 2018) dan (Beal et al. 2018), stunting juga mencerminkan ketidaksetaraan sosial-ekonomi dan sering berawal dari gizi ibu yang rendah pada masa kehamilan, sehingga pencegahan pada 1.000 Hari Pertama Kehidupan menjadi sangat penting.

b. Ciri-ciri

Untuk mengetahui kejadian stunting pada anak, perlu dikenali terlebih dahulu ciri-ciri yang menunjukkan adanya kondisi tersebut. Dengan mengenali tanda-tandanya sejak dini, penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat untuk mencegah dampak jangka panjang. Menurut (Rahayu et al. 2018), beberapa ciri anak yang mengalami stunting antara lain:

- 1) Terhambatnya tanda-tanda pubertas.
- 2) Postur tubuh lebih pendek dibandingkan anak seusianya.
- 3) Berat badan cenderung lebih rendah dari anak seusianya.
- 4) Anak tampak pendiam dan jarang melakukan kontak mata.
- 5) Pertumbuhan tubuh berjalan lambat.
- 6) Wajah terlihat lebih muda dari usia sebenarnya.
- 7) Pertumbuhan gigi mengalami keterlambatan.

c. Etiologi

Menurut (Rahayu et al. 2018), stunting disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor. Penyebab langsungnya adalah kurangnya asupan gizi dan infeksi berulang. Sementara itu, penyebab tidak langsung meliputi pola asuh yang kurang baik, sanitasi dan air bersih yang buruk, rendahnya pendidikan ibu, keterbatasan layanan kesehatan, serta kondisi sosial ekonomi keluarga. Faktor ibu selama kehamilan seperti status gizi rendah, jarak kehamilan yang dekat, dan tinggi badan ibu yang pendek juga meningkatkan risiko. Selain itu, praktik

pemberian makan yang tidak tepat, termasuk tidak diberikannya ASI eksklusif atau kesalahan dalam pemberian MP-ASI, turut memperburuk terjadinya stunting.

d. Dampak

Kondisi stunting menimbulkan berbagai dampak negatif, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam jangka pendek, anak stunting mengalami gangguan perkembangan otak, keterlambatan pertumbuhan fisik, menurunnya daya tahan tubuh, serta peningkatan risiko terkena penyakit infeksi. Sementara itu, dalam jangka panjang, stunting dapat menyebabkan penurunan kemampuan kognitif, prestasi belajar yang rendah, dan produktivitas yang berkurang saat dewasa. Tingginya angka stunting di masyarakat akan berdampak pada penurunan kualitas sumber daya manusia, peningkatan kemiskinan, serta perlambatan pertumbuhan ekonomi bangsa (Rahayu et al. 2018).

2. Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada anak stunting

a. Definisi ISK

Anak stunting lebih rentan mengalami infeksi, termasuk infeksi saluran kemih (ISK) (Schlaudecker 2017). Infeksi saluran kemih (ISK) didefinisikan sebagai pertumbuhan mikroorganisme yang bermakna dalam urin, yang diukur dengan kultur kuantitatif, dan secara historis threshold bakteriuria ≥ 100.000 CFU/mL dianggap sebagai indikasi penting untuk diagnosis ISK pada pasien dengan gejala klinis (Bilsen et al. 2022). Menurut (Nedra et al. 2021), ISK dapat mengenai ginjal,

kandung kemih, atau terjadi tanpa gejala, dan muncul saat bakteri patogen masuk serta berkembang biak di saluran kemih yang normalnya steril. (Hidayati, Umboh, and Rondonuwu 2022) menambahkan bahwa mekanisme utama ISK adalah ascending, yaitu bakteri naik dari perineum ke uretra, kandung kemih, hingga ginjal dan menimbulkan inflamasi.

b. Etiologi ISK

Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada anak umumnya disebabkan oleh bakteri Gram-negatif usus melalui mekanisme ascending, dengan *E. coli* sebagai penyebab utama karena faktor virulensi yang memudahkan adhesi ((Nedra et al. 2021);(Hidayati, Umboh, and Rondonuwu 2022)). Selain *E. coli*, bakteri lain seperti *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Citrobacter freundii*, dan *Enterobacter spp.* juga dapat menyebabkan ISK. (Ibrahim, Aikhionbare, and Aliyu 2019) melaporkan bahwa *E. coli* paling dominan pada anak dengan malnutrisi energi-protein, menunjukkan bahwa status gizi berperan penting dalam kerentanan ISK. Kekurangan zat gizi seperti seng, besi, dan vitamin A melemahkan imunitas, sementara faktor lingkungan seperti sanitasi buruk, keterbatasan air bersih, dan kebiasaan menjaga kebersihan yang kurang baik turut meningkatkan risiko ISK.

c. Gejala ISK

Gejala ISK pada anak bervariasi tergantung usia dan lokasi infeksi (sistitis atau pielonefritis) (Nedra et al. 2021). Pada anak di bawah dua tahun, gejala sering tidak spesifik dan muncul sebagai demam tanpa sebab, lesu, atau penurunan nafsu makan, terutama usia 13–24 bulan (Ibrahim, Aikhionbare, and Aliyu 2019). Pada anak gizi buruk atau stunting, gejala ISK cenderung ringan atau tidak khas karena respon imun yang lemah, sehingga tanda seperti nyeri berkemih, demam tinggi, atau piuria tidak selalu tampak (Hidayati, Umboh, and Rondonuwu 2022).

Sementara itu, pada anak yang lebih besar, ISK umumnya menimbulkan gejala khas, seperti:

- 1) Disuria (nyeri atau rasa terbakar saat berkemih)
- 2) Polakisuria (frekuensi buang air kecil meningkat)
- 3) Urgensi urinaria (rasa ingin berkemih terus-menerus)
- 4) Nyeri suprapubik atau perut bagian bawah
- 5) Urin keruh atau berbau menyengat, kadang disertai darah (*hematuria*)

Pada anak stunting, respon imun lambat karena rendahnya produksi sitokin seperti IL-6 dan IL-8, sehingga infeksi sering tidak menunjukkan gejala khas namun dapat menimbulkan inflamasi kronis yang memperburuk status gizi (Ibrahim, Aikhionbare, and Aliyu 2019). Jika infeksi mencapai ginjal dan berkembang menjadi pielonefritis,

gejalanya lebih berat, seperti demam tinggi, nyeri pinggang, menggigil, mual, muntah, dan lemas, serta berisiko menyebabkan kerusakan ginjal (Nedra et al. 2021).

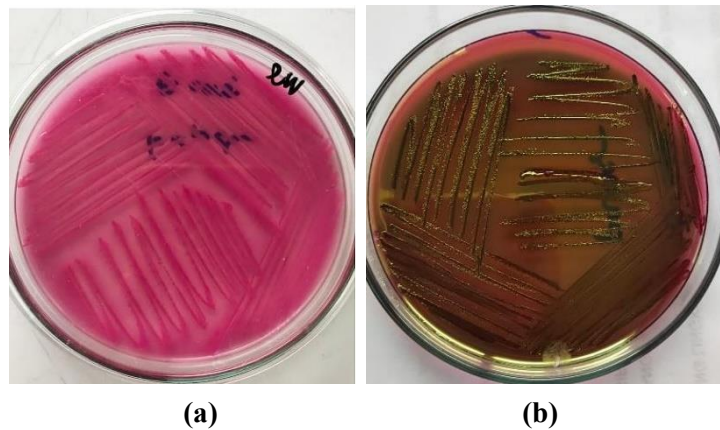
3. Bakteri *Eschericia coli*

Seperti yang telah disebutkan bahwa lebih dari 70–80% kasus ISK disebabkan oleh *E. coli*, terutama pada anak-anak dengan gizi buruk dan sistem imun yang lemah ((Devnikar et al. 2024);(Ibrahim, Aikhionbare, and Aliyu 2019)).

a. Klasifikasi dan Morfologi

E. coli termasuk dalam kelompok bakteri gram negatif berbentuk batang pendek (basil) yang bersifat anaerob fakultatif, artinya dapat hidup dengan atau tanpa oksigen (Brooks et al. 2007). Bakteri ini tidak membentuk spora, dan beberapa strain memiliki flagela peritrik yang tersebar di seluruh permukaan sel, sehingga dapat bergerak aktif. Pada pewarnaan Gram, *E. coli* akan tampak merah muda karena memiliki lapisan peptidoglikan tipis di dinding sel.

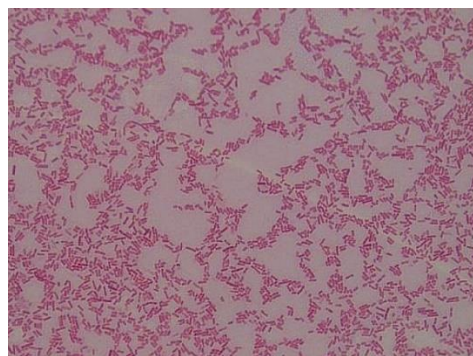
E. coli tumbuh baik pada Mac Conkey Agar dengan koloni bulat, halus, cembung, dan berwarna merah muda karena memfermentasikan laktosa (Brooks et al. 2007). Pada media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA), *E. coli* menghasilkan koloni ungu gelap dengan kilau hijau metalik sebagai fermenter.



**Gambar 2. 1 Pertumbuhan *E.coli* pada Media MCA (a)
Pertumbuhan *E.coli* pada Media EMBA (b)**

(Khoiriyah and Busman 2023)

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan *E. coli* sebagai bakteri Gram negatif berbentuk batang berwarna merah muda yang tampak tersusun tunggal (Bria, Missa, and Sombo 2022).



Gambar 2. 2 Pewarnaan Gram Negatif Bakteri *E.coli*

(Khoiriyah and Busman 2023)

Setelah dilakukan identifikasi awal melalui pengamatan koloni pada media EMBA, MCA, dan pewarnaan Gram untuk melihat morfologi dasar bakteri, tahap selanjutnya adalah melakukan uji biokimia untuk memastikan jenis bakteri yang dicurigai. Rangkaian uji

yang dilakukan meliputi TSIA, SIM, indole, MR–VP, serta uji Simmons Citrat.

Pada uji TSIA, *E. coli* menunjukkan pola acid/acid (A/A) yang ditandai dengan slant dan butt berwarna kuning, menandakan bakteri memfermentasi glukosa dan laktosa. Adanya retakan atau pengangkatan media menunjukkan pembentukan gas, sedangkan tidak adanya warna hitam menandakan H₂S negatif.



Gambar 2. 3 Hasil Identifikasi pada Uji TSIA pada *E. coli* menunjukkan reaksi A/A

(Khoiriyah and Busman 2023)

Pada uji SIM, *E. coli* juga bersifat H₂S negatif, memperlihatkan indole positif dengan munculnya cincin merah cerah setelah penambahan reagen Kovac, serta motilitas positif yang tampak dari kekeruhan media di sekitar jalur tusukan (Kristiawan, Sudipa, and Rahmadani 2022).

Pada uji MR–VP, hasil MR positif terlihat dari larutan yang tetap merah setelah ditambahkan reagen Methyl Red, menunjukkan bahwa *E. coli* menghasilkan asam kuat melalui jalur mixed acid

fermentation. Sebaliknya, pada uji VP, hasil negatif ditandai dengan tidak terbentuknya warna merah pada permukaan media setelah ditambahkan reagen α -naftol dan KOH. Media tetap kekuningan atau tidak berubah warna, menunjukkan bahwa *E. coli* tidak memproduksi asetoin (Kristiawan, Sudipa, and Rahmadani 2022).

Pada uji Simmons Citrate, media awalnya berwarna hijau, dan hasil negatif terlihat ketika media tetap hijau tanpa perubahan menjadi biru, menandakan bakteri tidak menggunakan sitrat sebagai sumber karbon (Kristiawan, Sudipa, and Rahmadani 2022)



Gambar 2. 4 Hasil identifikasi *E. coli* pada uji SIM, MR,VP, Simmons Citrate Agar

(Khoiriyah and Busman 2023)

Struktur sel *E.coli* terdiri dari membran luar berlipopolisakarida, lapisan peptidoglikan tipis, dan membran dalam yang melindungi serta membantu ketahanan bakteri (Nanninga 1998). Bentuk batang dipertahankan oleh protein FtsZ, MreB, dan PBP, sementara flagela peritrik memungkinkan pergerakan dan pili berperan dalam adhesi pada epitel inang, termasuk saluran kemih (Hernández-chiñas et al. 2023).

Secara genetik, *E. coli* memiliki beragam strain dengan karakteristik yang berbeda. Berdasarkan penelitian (Hernández-chiñas et al. 2023), strain-strain tersebut dibedakan menjadi nonpatogenik (flora normal usus) dan patogenik, yang meliputi:

- 1) Enteropathogenic *E. coli* (EPEC) – menyebabkan diare pada bayi dengan cara merusak mikrovili usus;
- 2) Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) – menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan diare cair;
- 3) Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC) – menghasilkan toksin Shiga yang menyebabkan kolitis berdarah;
- 4) Enteroinvasive *E. coli* (EIEC) – menembus sel epitel usus dan menyebabkan disentri;
- 5) Uropathogenic *E. coli* (UPEC) – penyebab utama infeksi saluran kemih, memiliki pili khusus (type 1 fimbriae dan P fimbriae) yang memudahkan perlekatan pada epitel saluran kemih.

Strain uropatogenik *E. coli* (UPEC) memiliki struktur permukaan lebih kompleks, seperti kapsul, siderofor, dan protein adhesin yang membantu bakteri menghindari respon imun dan melekat kuat pada jaringan ginjal serta kandung kemih, sehingga dapat menimbulkan infeksi berulang (Hernández-chiñas et al. 2023). Kombinasi lapisan pelindung, alat gerak, dan faktor adhesi membuat *E. coli* sangat adaptif dan menjadi patogen yang mudah bertahan serta menginfeksi manusia.

b. Habitat dan Sifat Umum

E.coli adalah flora normal usus yang berperan dalam pencernaan dan sintesis vitamin K (Brooks et al. 2007). Namun, ketika masuk ke saluran kemih, bakteri ini dapat menjadi patogen oportunistik. Lingkungan tidak higienis, air tercemar, dan sanitasi buruk meningkatkan risiko perpindahan *E. coli* dari usus ke saluran kemih.

Studi (Fayyaz et al. 2025) juga menunjukkan bahwa sebagian besar anak yang terinfeksi *E. coli* berasal dari daerah pedesaan dengan sanitasi buruk. Kondisi kebersihan yang rendah mempermudah perpindahan *E. coli* dari saluran cerna ke saluran kemih. Hal ini sejalan dengan temuan lain bahwa malnutrisi memperlemah imun mukosa, membuat anak lebih mudah mengalami ISK meskipun gejalanya sering tidak khas. Daerah rural, air tercemar, serta akses kesehatan yang terbatas menjadi faktor tambahan yang meningkatkan risiko ISK pada anak malnutrisi.

Selain di usus, *E. coli* juga dapat ditemukan di tanah, air, dan makanan. Strain non-patogen umumnya tidak menyebabkan penyakit, tetapi beberapa strain patogen seperti enteropathogenic, enterotoxigenic, enterohemorrhagic, dan uropathogenic (UPEC) memiliki gen virulensi yang dapat menimbulkan infeksi serius (Hernández-chiñas et al. 2023).

Dalam kasus ISK, strain yang paling berperan adalah uropathogenic *E. coli* (UPEC). Strain ini memiliki berbagai faktor virulensi yang memungkinkannya berkolonisasi dan bertahan hidup di saluran kemih. Beberapa faktor penting tersebut antara lain:

- 1) Adhesin atau fimbriae (P fimbriae dan type 1 fimbriae)
→ membantu bakteri melekat pada sel epitel saluran kemih dan mencegah pengeluaran melalui urin.
- 2) Hemolisin → toksin yang dapat merusak sel epitel ginjal dan kandung kemih.
- 3) Kapsul dan lipopolisakarida (LPS) → berfungsi melindungi bakteri dari sistem kekebalan tubuh inang.
- 4) Siderofor → membantu bakteri mengambil zat besi dari tubuh inang untuk pertumbuhan.

Infeksi *E. coli* pada saluran kemih dapat terjadi ketika bakteri dari feses masuk ke uretra dan berkembang menuju kandung kemih hingga ginjal. Fimbriae dan faktor virulensi lain memicu peradangan yang menimbulkan demam, muntah, atau urin keruh, meskipun pada anak malnutrisi sering kali gejalanya minimal (Fayyaz et al. 2025). Anak dengan malnutrisi atau stunting lebih rentan karena imun lemah. *E. coli* juga merupakan isolat terbanyak pada urin anak gizi buruk (Ibrahim, Aikhionbare, and Aliyu 2019).

c. Mekanisme Patogenesis dalam Infeksi Saluran Kemih

Infeksi *E. coli* tidak hanya menyebabkan ISK akut, tetapi juga dapat menimbulkan komplikasi seperti kerusakan ginjal, anemia, dan gangguan pertumbuhan pada anak. (Hernández-chiñas et al. 2023) menjelaskan bahwa beberapa strain *E. coli* memiliki faktor virulensi yang mendukung kolonisasi dan peradangan berkelanjutan di saluran kemih. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Fayyaz et al. 2025), yang melaporkan bahwa infeksi *E. coli* pada anak malnutrisi sering berlangsung lebih berat dan dapat memicu respon inflamasi sistemik. Infeksi yang berulang atau persisten ini berkontribusi pada memburuknya kondisi umum anak dan dapat memengaruhi fungsi fisiologis lain yang rentan selama masa pertumbuhan.

4. Pemeriksaan darah lengkap

a. Definisi

Pemeriksaan darah lengkap (Complete Blood Count/CBC) merupakan pemeriksaan dasar yang digunakan untuk menilai kondisi hematologi seseorang, termasuk dugaan gangguan nutrisi dan infeksi (O et al. 2021). Dalam penelitian ini, tiga parameter utama yang diperhatikan adalah kadar Hb, kadar leukosit, dan kadar trombosit.

Hemoglobin (Hb) adalah protein dalam sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh, sehingga kadar Hb yang rendah pada anak dapat menyebabkan kekurangan oksigen yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan

dan perkembangan (Losong and Adriani 2017). Leukosit merupakan sel darah putih yang berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh, di mana perubahan kadar leukosit dapat menunjukkan adanya infeksi, peradangan, atau gangguan imunitas yang sering terjadi pada anak (Sarangi et al. 2018). Sementara itu, trombosit merupakan keping darah yang berperan dalam proses pembekuan darah. Kadar trombosit yang rendah dapat meningkatkan risiko perdarahan, sedangkan kadar yang meningkat dapat mengindikasikan kondisi inflamasi atau gangguan lainnya (Getawa 2020). Pemeriksaan ketiga parameter ini sangat penting pada anak karena berada pada fase pertumbuhan cepat dan lebih rentan mengalami perubahan status gizi maupun infeksi.

b. Perubahan Parameter Darah Lengkap pada Anak Stunting

Pemeriksaan darah lengkap memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi hematologis anak, dan pada anak stunting sering ditemukan nilai yang menyimpang dari kisaran normal karena malnutrisi memengaruhi pembentukan sel darah ((O et al. 2021);(Losong and Adriani 2017)). Infeksi *E. coli* dapat memperburuk keadaan tersebut karena proses peradangan pada usus mengganggu penyerapan nutrisi, sehingga kebutuhan zat gizi untuk pembentukan sel darah tidak terpenuhi (Schlaudecker 2017). Anak stunting umumnya mengalami penurunan kadar Hb akibat kekurangan zat besi, asam folat, dan protein, yang semuanya merupakan komponen penting dalam pembentukan sel darah merah (Purnami et al. 2023).

Selain itu, kadar leukosit dapat meningkat sebagai respons tubuh terhadap infeksi kronis atau stimulasi imun yang berkelanjutan (E. I. Putri et al. 2024). Kadar trombosit juga sering menunjukkan peningkatan karena peradangan menstimulasi sumsum tulang untuk memproduksi lebih banyak trombosit sebagai bagian dari mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi bakteri (Eapen, Sreelatha, and Jayakumar 2017).

Rentang nilai rujukan pemeriksaan darah lengkap pada anak berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik ASA dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 1. Nilai Rujukan Pemeriksaan Darah Lengkap Pada Anak Usia 2–6 tahun

Parameter	Nilai Rujukan
Hemoglobin (Hb)	11,5-15,5 g/dL
Leukosit (WBC)	5.500–17.000/ μ L
Trombosit (PLT)	150.000– 450.000/ μ L

Berdasarkan rentang normal kadar Hb (11,5 -15,5 g/dL), kadar leukosit (5.500–17.000/ μ L), dan kadar trombosit (150.000–450.000/ μ L), perubahan nilai pada anak stunting dapat terlihat lebih nyata. Penurunan kadar Hb di bawah batas normal menunjukkan anemia yang berkaitan dengan kekurangan zat besi, asam folat, atau protein—suatu kondisi yang banyak dilaporkan pada anak dengan malnutrisi kronis (Purnami et al. 2023). Peningkatan kadar leukosit di

atas nilai normal mencerminkan respons inflamasi akibat infeksi, termasuk infeksi *E. coli*, yang dapat memicu peradangan mukosa usus dan mengganggu penyerapan nutrisi ((Schlaudecker 2017);(E. I. Putri et al. 2024)).

Pada infeksi bakteri, neutrofil sebagai fraksi terbesar leukosit umumnya akan meningkat (neutrofilia) karena berperan sebagai garis pertahanan pertama tubuh dalam melawan bakteri patogen (O et al. 2021). Selain itu, peningkatan kadar trombosit atau trombositosis reaktif di atas 450.000/ μ L juga sering ditemukan pada kondisi inflamasi kronis dan infeksi bakteri yang menyertai stunting (Eapen, Sreelatha, and Jayakumar 2017). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa trombositosis sekunder pada anak paling sering dipicu oleh infeksi dan proses inflamasi (Sarangi et al. 2018). Penelitian lain juga menjelaskan bahwa infeksi bakteri dapat memengaruhi peningkatan kadar trombosit sebagai bagian dari respons inflamasi tubuh (Ray, Chandra, and Sharma 2019). Secara keseluruhan, kadar Hb yang rendah, peningkatan leukosit dan neutrofil, serta meningkatnya kadar trombosit dapat menggambarkan adanya hubungan antara stunting, malnutrisi, infeksi *E. coli*, dan respons inflamasi sistemik yang saling memengaruhi dan dapat memperburuk kondisi anak (Losong and Adriani 2017).

5. Mekanisme Keberadaan Bakteri *E. coli* pada urin terhadap Kadar Hb, Kadar Leukosit, dan Kadar Trombosit pada Anak Stunting

Stunting adalah kondisi malnutrisi kronis yang menyebabkan gangguan pertumbuhan dan melemahkan sistem imun anak. Kekurangan zat gizi dalam waktu lama mengurangi kemampuan tubuh dalam memproduksi sel imun, menurunkan aktivitas fagosit, serta mengganggu regenerasi jaringan. (Schlaudecker 2017) menjelaskan bahwa anak stunting memiliki imunitas bawaan yang kurang optimal, sehingga lebih mudah mengalami infeksi berulang. (Uwaezuoke 2019) menambahkan bahwa hubungan antara infeksi dan malnutrisi bersifat dua arah: infeksi memperburuk status gizi, sedangkan gizi buruk mempermudah infeksi terjadi. Kombinasi ini membuat anak stunting menjadi kelompok yang sangat rentan terhadap infeksi bakteri, termasuk infeksi saluran kemih oleh *E. coli*.

Ketika kondisi imun melemah, *E. coli* lebih mudah masuk ke saluran kemih melalui mekanisme ascending, yaitu bergerak dari perineum menuju uretra hingga mencapai kandung kemih ((Nedra et al. 2021);(Hidayati, Umboh, and Rondonuwu 2022)). Setelah mencapai epitel saluran kemih, *E. coli* menempel kuat menggunakan fimbriae, sehingga tidak mudah terbilas oleh aliran urin. Perlekatan bakteri ini memicu pelepasan mediator inflamasi seperti IL-6 dan TNF- α dari sel epitel. Proses inflamasi inilah yang menjadi faktor awal terjadinya perubahan pada kadar Hb, kadar leukosit, dan kadar trombosit. Pada anak stunting, inflamasi

yang dihasilkan oleh infeksi bakteri cenderung lebih berat atau lebih lama karena tubuh tidak memiliki cadangan nutrisi dan energi yang cukup untuk menghasilkan respons imun yang efektif.

Salah satu dampak infeksi *E. coli* yang paling nyata adalah penurunan kadar Hb. Pada anak stunting, cadangan zat besi, folat, dan protein sudah rendah akibat malnutrisi kronis. Ketika terjadi infeksi, proses inflamasi menghambat penyerapan besi dan menurunkan efisiensi produksi sel darah merah. Studi terbaru oleh (Fayyaz et al. 2025) yang melibatkan 247 pasien melaporkan bahwa anemia merupakan temuan hematologis yang sangat umum pada anak malnutrisi dengan infeksi saluran kemih, di mana 88,89% anak dengan ISK mengalami anemia. Temuan ini menunjukkan bahwa infeksi, terutama oleh *E. coli*, dapat memperberat kondisi hematologis pada anak dengan status gizi buruk melalui proses inflamasi yang mengganggu produksi eritrosit dan penyerapan zat besi. (Purnami et al. 2023) juga menemukan bahwa anak stunting lebih mudah mengalami penurunan kadar Hb karena status gizi yang buruk membuat tubuh tidak mampu mempertahankan produksi eritrosit selama infeksi. Kombinasi antara stunting dan infeksi menjelaskan mengapa kadar Hb cenderung lebih rendah pada anak yang mengalami ISK oleh *E. coli*.

Selain kadar Hb, kadar leukosit juga mengalami peningkatan sebagai bagian dari respon tubuh terhadap invasi bakteri. Ketika *E. coli* melekat dan berkoloni di saluran kemih, tubuh merespons dengan meningkatkan produksi leukosit, terutama neutrofil. (E. I. Putri et al. 2024)

menyebutkan bahwa leukositosis merupakan indikator utama adanya infeksi pada anak. Pada anak stunting, peningkatan leukosit dapat terjadi karena tubuh berusaha mengimbangi lemahnya aktivitas imun yang sudah terganggu akibat kekurangan gizi. Dengan kata lain, leukositosis yang terjadi merupakan upaya tubuh untuk mempertahankan diri dalam kondisi cadangan imun yang terbatas.

Selanjutnya, infeksi *E. coli* juga dapat menyebabkan peningkatan kadar trombosit. Proses inflamasi akibat infeksi bakteri memicu pelepasan sitokin seperti IL-6 yang kemudian merangsang produksi trombopoietin. Hormon ini berperan dalam mempercepat pembentukan trombosit di sumsum tulang sehingga dapat terjadi trombositosis reaktif (Eapen, Sreelatha, and Jayakumar 2017). (Sarangi et al. 2018) juga menjelaskan bahwa infeksi bakteri merupakan salah satu penyebab tersering peningkatan trombosit pada anak. Selain itu, (Ray, Chandra, and Sharma 2019) menyebutkan bahwa proses inflamasi akibat infeksi dapat memengaruhi peningkatan kadar trombosit sebagai bagian dari respons pertahanan tubuh. Pada anak stunting, inflamasi kronis yang berlangsung dalam jangka panjang dapat memperkuat respons tersebut sehingga kadar trombosit lebih mudah meningkat saat terjadi infeksi.

Secara keseluruhan, terdapat kecenderungan perubahan kadar Hb, leukosit, dan trombosit pada anak stunting dengan keberadaan *E. coli* dalam urin. Stunting dapat melemahkan sistem imun sehingga bakteri *E. coli* lebih mudah menginfeksi saluran kemih (Uwaezuoke 2019). Infeksi tersebut

kemudian memicu respons inflamasi yang dapat mengganggu metabolisme besi dan menurunkan kadar Hb (Hidayati, Umboh, and Rondonuwu 2022). Selain itu, tubuh juga meningkatkan produksi leukosit sebagai bentuk pertahanan terhadap infeksi serta merangsang pembentukan trombosit sebagai respons terhadap proses inflamasi (Purnami et al. 2023). Dengan demikian, perubahan gambaran darah lengkap pada anak stunting bukan merupakan kondisi yang berdiri sendiri, melainkan manifestasi dari proses imunologis dan inflamasi akibat infeksi *E. coli* pada tubuh anak yang sudah rentan (E. I. Putri et al. 2024).

B. Kajian Empiris

Tabel 2. 2. Kajian Empiris

No	Pengarang, Judul, Tahun	Jenis Marker / Variabel	Hasil Penelitian
1.	Ayesha Fayyaz et al., <i>Prevalence of Urinary Tract Infection (UTI) in Malnourished Children Aged 1 Month to 5 Years</i> , 2025 (Fayyaz et al. 2025)	-Prevalensi ISK pada anak usia 1–5 tahun dengan malnutrisi akut - Kultur urin dan identifikasi bakteri	Penelitian ini melibatkan 247 anak malnutrisi akut. Dari semua pasien, 62 anak (33%) memiliki ISK positif kultur. <i>E. coli</i> adalah patogen paling sering diisolasi (64,5% dari isolat positif), diikuti oleh <i>Klebsiella</i> sp. (19,3%). Ini menunjukkan bahwa <i>E. coli</i> merupakan penyebab dominan ISK pada anak dengan malnutrisi, yang secara biologis berkaitan dengan status gizi buruk/stunting karena sistem imun yang menurun mempermudah kolonisasi bakteri patogen
2.	Nuraini, Indria Iswati, Retno Setyo Hartiningtiyaswati, Setiya, 2023, Analisis Hb pada Balita Stunting 6–59 Bulan (Nuraini, Iswati, and Hartiningtiyaswati 2023)	- Hemoglobin Pada anak stunting - Prevalensi anemia	Penelitian cross-sectional ini menunjukkan bahwa prevalensi anemia pada balita stunting mencapai sekitar 56,3% dari 16 responden. Kadar hemoglobin (Hb) dipengaruhi oleh kondisi stunting secara signifikan, dengan hubungan statistik yang kuat antara rendahnya Hb dan kejadian stunting. Malnutrisi kronis menyebabkan penurunan Hb sehingga anak stunting lebih rentan terhadap anemia dan infeksi.

No	Pengarang, Judul, Tahun	Jenis Marker / Variabel	Hasil Penelitian
3.	Han et al, Usefulness of neutrophil/lymphocyte ratio in young children with febrile urinary tract infection, 2015 (Han et al. 2015)	-WBC (leukosit total) - Diferensial neutrofil - Rasio neutrofil/limfosit (NLR)	Penelitian ini mengevaluasi secara retrospektif 298 pasien pediatrik berusia ≤ 36 bulan yang mengalami ISK dengan demam. Penelitian ini menilai WBC, diferensial neutrofil, dan NLR pada anak dengan ISK/UTI. Hasil menunjukkan jumlah WBC meningkat (leukositosis), neutrofil meningkat dominan, dan NLR lebih tinggi pada kasus ISK yang parah dibanding kasus ringan. Nilai numerik yang dilaporkan: WBC: $14,026 \pm 5,338$ (/mm ³), $p < 0,001$ dan NLR: $1,4 \pm 1,0$, $P < 0,001$. Peningkatan ini mencerminkan respons imun terhadap infeksi bakteri, termasuk <i>E. coli</i> , dan dapat menjadi indikator keparahan ISK pada anak.
4.	Chib et al., <i>Reactive thrombocytosis among febrile infants with serious bacterial infection</i> , 2016 (Chib, Rashid, and Kumar 2016)	-Trombosit (PLT)	Pada studi ini, trombositosis reaktif ($>400.000/\mu\text{L}$) ditemukan lebih sering pada anak dengan infeksi bakteri serius seperti ISK, yaitu 33 dari 39 anak (84,6%), dibandingkan dengan anak tanpa infeksi bakteri serius, yaitu 60 dari 110 anak (54,5%). Hal ini menunjukkan bahwa infeksi bakteri dapat meningkatkan kadar trombosit sebagai respons imun tubuh.