

## **4. PEMBAHASAN**

### **4.1. Senyawa Aktif/ Nutrisi pada Kacang Hijau dan Daun Kelor yang dapat Berperan dalam Peningkatan Hemoglobin**

Tabel 11., menunjukkan sejumlah peluang kacang hijau dan daun kelor untuk dijadikan berbagai jenis produk makanan, senyawa nutrisi serta manfaatnya bagi kesehatan manusia khususnya bertujuan untuk mengurangi kejadian anemia. Kacang hijau yang diaplikasikan dalam bidang pangan menjadi sebuah produk olahan antara lain ekstrak kacang hijau, jelly, yogurt, biskuit, dan lain sebagainya. Selain diolah menjadi olahan, kacang hijau juga dapat dikonsumsi secara utuh. Sedangkan produk daun kelor yang digunakan dalam penelitian yaitu kue dadar gulung, es krim, dan sorbet. Beberapa senyawa nutrisi yang ditemukan pada produk olahan kacang hijau yaitu protein, asam amino bebas, karbohidrat larut, mineral, vitamin, pati, senyawa fenolik, D-chiro-Inositol, vitexin dan isovitexin. Senyawa nutrisi pada produk olahan daun kelor yang ditemukan pada penelitian yaitu zat besi, dan vitamin C.

#### **4.1.1. Kandungan Zat Besi dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Zat besi merupakan salah satu mineral mikro yang paling dibutuhkan untuk mencegah kejadian anemia. Besi yang berada dalam tubuh terletak dalam sel darah merah sebagai heme (hemoglobin atau mioglobin), enzim heme, atau senyawa non heme (enzim flavin-besi, transfer, dan ferritin) (McDowell LR, 2003 dalam Abbaspour et al., 2014). Heme adalah suatu pigmen yang di dalamnya terkandung inti dari sebuah atom besi. Satu molekul hemoglobin memiliki empat buah heme. Zat besi dalam tubuh dapat berasal dari tiga sumber, sumber utama yaitu dari usus (diet/ konsumsi makanan sehari-hari), makrofag (besi yang di daur ulang), dan hati (ferritin yang disimpan) (Miller, 2013).

Zat besi yang bersumber dari penyerapan makanan akan melalui proses reduksi dari bentuk feri ( $Fe^{+++}$ ) menjadi fero ( $Fe^{++}$ ) yang dapat dengan lebih mudah diserap oleh

tubuh. Proses reduksi ini akan lebih mudah dilakukan apabila dibantu dengan adanya asam amino (protein) dan vitamin C (asam askorbat) serta dapat meningkatkan ketersediaan zat besi dalam makanan serta menghindari zat pengkelat zat besi lainnya (Miller, 2013).

Kejadian kekurangan zat besi pada tubuh merupakan salah satu gangguan mikronutrien yang paling sering/ umum terjadi di dunia. Dampak dari kekurangan zat besi yaitu terbatasnya pengiriman oksigen ke sel, kinerja sel menjadi buruk, mudah kelelahan serta dapat menyebabkan penurunan kekebalan dan kematian. Rekomendasi konsumsi atau asupan zat besi pada wanita usia subur bervariasi dari 14,8 hingga 20 mg/hari tergantung kebutuhan masing-masing individu (meliputi kegiatan, diet, dll) sementara wanita usia subur yang sedang dalam kondisi hamil, terdapat rekomendasi bervariasi yaitu dengan peningkatan suplementasi dari 27 mg/hari menjadi 40 mg/hari (Milman et al., 2017). Berdasarkan hasil riset WHO, pada tahun 2019 prevalensi anemia global pada wanita usia subur adalah 29,9% (95% interval ketidakpastian) yaitu setara dengan lebih dari setengah miliar wanita berusia 15-49 tahun. Sedangkan prevalensi tersebut dapat dipisahkan lagi yaitu sebesar 29,6% pada wanita tidak hamil usia subur, dan 36,5% pada wanita hamil.

Pada tabel 11., dapat dilihat bahwa kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dan daun kelor (*Moringa oleifera* L.) memiliki kandungan zat besi yang tinggi dan memiliki beberapa manfaat kesehatan bagi manusia, yaitu dapat meningkatkan hemoglobin sehingga dapat mencegah maupun mengobati anemia pada WUS. Berdasarkan penelitian pada beberapa produk seperti biji kacang hijau, biskuit kacang hijau, jelly drink kacang hijau, kue dadar gulung daun kelor, dan es krim daun kelor dapat diketahui bahwa mengkonsumsi produk-produk yang berbahan dasar kacang hijau dan daun kelor tersebut dapat meningkatkan asupan zat besi dalam tubuh. Peranan manfaat zat besi bagi tubuh yaitu berperan dalam pembentukan sel darah merah sehingga meningkatkan kadar hemoglobin dan serum feritin (mengatasi efek penurunan Hb), dapat meningkatkan kualitas darah, membantu proses hematopoiesis, pembentukan energi,

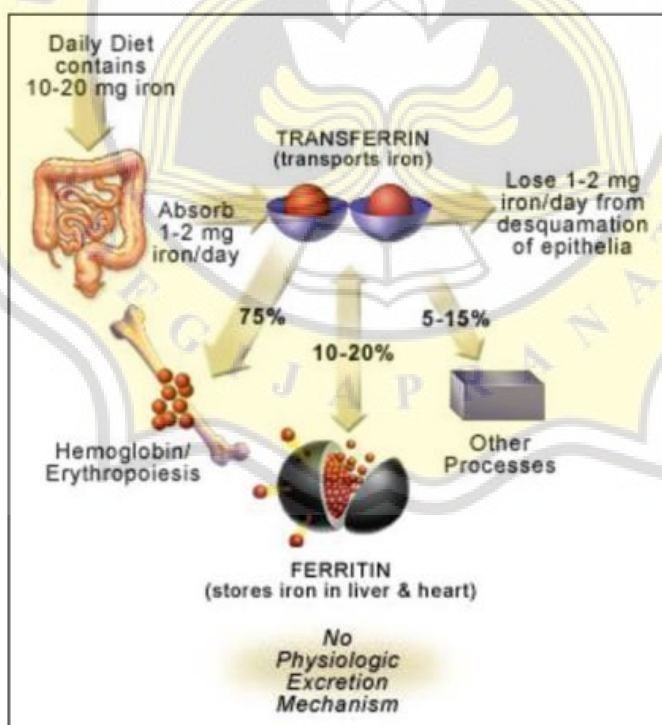
meningkatkan ketahanan terhadap stress dan penyakit serta dapat meningkatkan prestasi belajar (Maharani, 2020; Nisa et al., 2020; Puspitasari et al., 2021; Roifah et al., 2019; Setyaningrum et al., 2017).

Berdasarkan penelitian Mekkara nikarhil Sudhakaran & Bukkan (2021), kandungan zat besi dalam kacang hijau berkisar antara 3,9 hingga 9,77 mg. Sedangkan menurut Nisa et al. (2020), dalam 100 gram kacang hijau terkandung 6,7 mg zat besi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah dilaporkan bahwa zat besi pada kacang hijau berperan penting dalam proses pembentukan hemoglobin dalam sel darah merah, metabolisme energi, dll (Gharib Zahedi & Jafari, 2017 dalam Mekkara nikarhil Sudhakaran & Bukkan, 2021). Embrio dan kulit kacang hijau merupakan bagian dari kacang hijau yang memiliki kandungan zat besi terbesar/ paling banyak. Apabila dilakukan konsumsi sebanyak 2 cangkir ekstrak/ jus kacang hijau dengan rutin setiap hari berarti seseorang telah memenuhi setidaknya sebesar 50% zat besi yang dibutuhkan per harinya yaitu 18 mg sehingga dapat terjadi peningkatan kadar hemoglobin dalam kurun waktu 2 minggu (Rimawati, dkk., 2018 dalam Nisa et al., 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suzana et al. (2017), ekstrak daun kelor memiliki kandungan zat besi sebanyak 14.67 mg/ 100 gram yang memiliki potensi untuk meningkatkan hemoglobin, serum ferritin, trombosit, nilai hematokrit, hemoglobin kospular rata-rata dan konsentrasi hemoglobin korpuskular rata-rata. Ferritin adalah salah satu jenis protein yang ada dalam tubuh. Protein ini berfungsi untuk mengikat zat besi. Sebagian besar zat besi yang berada dalam tubuh diikat oleh ferritin. Sedangkan pada penelitian yang Sartika et al. (2019) diketahui bahwa zat besi yang terkandung dalam daun kelor memiliki fungsi untuk memperlancar metabolisme energi dalam tubuh. Pada masa remaja, konsumsi daun kelor yang mengandung zat besi dapat meningkatkan prestasi belajar. Apabila dihubungkan, beberapa bagian dalam otak memiliki kandungan zat besi yang tinggi yang didapatkan dari hasil transpor zat besi dengan yang dipengaruhi oleh transformasi reseptor. Sebaliknya, apabila kekurangan

zat besi maka dapat menyebabkan gangguan kelelahan, konsentrasi menurun, daya ingat dan kemampuan belajar terganggu serta dapat menyebabkan anemia defisiensi zat besi terutama pada wanita usia subur (Almatsier, 2012 dalam Sartika et al., 2019).

Kebutuhan zat besi pada tubuh memiliki tujuan agar dapat dilakukannya sintesis protein transpor oksigen, khususnya pada hemoglobin dan mioglobin serta untuk pembentukan enzim heme dan enzim lain yang mengandung zat besi yang terlibat dalam transfer elektron serta reduksi oksidasi (Hurrell RF, 1997; McDowell LR, 2003 dalam Abbaspour et al., 2014). Sebagian besar zat besi dalam tubuh (hampir 2/3) ditemukan dalam hemoglobin yang ada pada eritrosit yang bersirkulasi, selanjutnya sebesar 25% terkandung dalam simpanan besi yang mudah dimobilisasi, serta sisanya yaitu kurang lebih 15% terikat pada mioglobin di jaringan otot dan dalam berbagai enzim yang terlibat dalam metabolisme oksidatif dan fungsi sel lainnya (IOM, 2003 dalam Abbaspour et al., 2014).



**Gambar 8.** Skema Siklus Zat Besi dalam Tubuh

**Sumber :** (Abbaspour et al., 2014)

Gambar 8 diatas menunjukkan diagram skema siklus zat besi dalam tubuh manusia. Zat besi yang masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi harian yaitu sebesar 10-20 mg. Selanjutnya besi tersebut akan terserap sebanyak 1-2 mg/ hari. Besi yang telah terserap dikirim ke jaringan melalui transferin yang bersirkulasi, suatu transporter yang menangkap besi yang dilepaskan ke dalam plasma terutama dari enterosit usus atau makrofag retikuloendotelial. Terjadinya pengikatan transferin yang memuat besi ke reseptor transferin permukaan sel akan menghasilkan endositosis serta penyerapan muatan logam. Kemudian besi yang telah terinternalisasi akan diangkut atau dipindahkan ke mitokondria untuk dilakukan sintesis gugus heme atau besi-sulfur, yang merupakan bagian integral dari beberapa metaloprotein, apabila terdapat kelebihan besi maka akan disimpan dan didetoksifikasi dalam feritin sitosol (Abbaspour et al., 2014).

Walaupun kacang hijau dan daun kelor memiliki kandungan zat besi yang tinggi dengan manfaatnya terhadap pencegahan anemia, namun konsumsi kacang hijau dan daun kelor tidak boleh berlebihan. Konsumsi yang berlebihan dapat menyebabkan akumulasi zat besi yang tinggi sehingga dapat menyebabkan gangguan gastrointestinal dan hemokromatosis. Oleh karena itu, dosis harian yang disarankan untuk konsumsi yaitu 70 g kelor sehingga dapat mencegah akumulasi nutrisi yang berlebihan

#### **4.1.2. Kandungan Protein dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Protein adalah suatu zat makanan yang merupakan sumber asam-asam amino dengan kandungan unsur C, H, O dan N. Unsur-unsur tersebut tidak dimiliki oleh karbohidrat maupun lemak. Fungsi utama dari protein yaitu membentuk jaringan baru serta mempertahankan jaringan lama yang telah terdapat dalam tubuh. Selain itu, protein dapat mengatur keseimbangan cairan yang berada pada jaringan dan pembuluh darah.

Berdasarkan tabel 11 dan 12., dapat diketahui bahwa produk makanan yang berbahan dasar kacang hijau dan daun kelor dapat memberikan manfaat peningkatan hemoglobin. Kacang hijau merupakan salah satu sumber protein (24-28%) dan

karbohidrat (59-65%). Kualitas protein pada makanan dapat dilihat dari tingkat pencernaan serta konsentrasi AA esensial, yaitu termasuk isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, valin, dan histidin. Tingkat pencernaan pada protein telah diteliti secara *in vitro* yaitu sebesar 70%, lebih besar apabila dibandingkan dengan 65% pada protein kedelai (Srivastava RP & Ali M, 2004 dalam Nair et al., 2013). Berdasarkan sebuah studi mengenai kacang hijau yang dilakukan pada kacang hijau lokal India, diketahui bahwa kandungan protein dalam biji-bijian yaitu sekitar 17 hingga 30% (Naik BS, 2000 dalam Nair et al., 2013).

Suzana et al. (2017) telah meneliti mengenai kandungan protein pada ekstrak daun kelor. Jumlah protein yang terkandung dalam ekstrak daun kelor adalah sebanyak 27,33% dari jumlah keseluruhan ekstrak daun kelor yang diteliti. Hal ini sejalan dengan informasi dari website resmi Kementerian Pertanian Indonesia yang melaporkan bahwa kandungan protein pada daun kelor berkisar antara 19-29 persen. Apabila dibandingkan dengan kayu manis dan daun bayam, kandungan protein yang dimiliki daun kelor hampir dua kali lipat dan empat kali lipat lebih tinggi dari daun kayu manis dan daun bayam. Adanya peningkatan konsentrasi/ level hemoglobin pada setelah mengkonsumsi daun kelor dapat terjadi karena juga terdapat peningkatan asupan protein atau adanya asam askorbat dan beta-karoten dalam bubuk/ ekstrak daun kelor, yang merupakan penambah besi non-heme. Kandungan protein juga dapat berkontribusi pada aktivitas eritropoietin dengan menyediakan asam amino untuk sintesis porfirin, globin, dan transferrin (Koury MJ & Ponka P, 2004 dalam (Suzana et al., 2017).

#### **4.1.3. Kandungan Seng dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Seng merupakan komponen enzim yang memiliki keterlibatan dalam metabolisme karbohidrat, sintesis protein pencernaan dan metabolisme tulang. Seng berpartisipasi dalam sintesis dan degradasi karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat serta dalam metabolisme zat gizi mikro lainnya. Senyawa ini dapat menstabilkan struktur molekul

komponen seluler dan membran sehingga berkontribusi pada pemeliharaan integritas sel dan organ. Seng memiliki peran penting dalam transkripsi polinukleotida dan proses ekspresi genetik. Defisiensi seng dapat mengakibatkan beberapa kelainan seperti penurunan pertumbuhan, peningkatan kerentanan terhadap infeksi dan lesi kulit (Jones GP, 1997 dalam Nair et al., 2013). Untuk orang dewasa, wanita hamil dan menyusui, jumlah asupan seng yang direkomendasikan berkisar dari 7 mg/hari hingga 16 mg/hari, tergantung pada jenis kelamin dan asupan fitat makanan (Haase et al., 2020). Pada sebuah penelitian yang dilakukan pada 16 galur kacang hijau, dapat diketahui bahwa konsentrasi seng bervariasi yaitu antara melaporkan konsentrasi seng bervariasi dari 0,023 hingga 0,04 g/ kg butir kering (Kaur et al., 2017). Konsentrasi kandungan seng dalam kacang hijau tersebut diperoleh dengan menggunakan metode RAPD (*random amplified polymorphic DNA*). Kandungan seng dalam biji kacang hijau yaitu sebesar 1,5-3,9 mg/100 mg (Singh, 2013). Sedangkan pada daun kelor, terkandung sekitar 25,5–31,03 mg seng/kg, yang merupakan kebutuhan harian seng dalam makanan (Gopalakrishnan, Doriya, & Santhosh, 2016).

#### **4.1.4. Kandungan Vitamin C dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Asam askorbat atau yang lebih umum dikenal sebagai vitamin C merupakan vitamin yang memiliki peranan kuat untuk mempermudah penyerapan zat besi. Dalam prosesnya meningkatkan penyerapan zat besi, vitamin C bertindak sebagai pengkhelet lemah untuk membantu melarutkan logam di duodenum (Conrad ME, 1993 dalam Abbaspour et al., 2014). Vitamin C atau asam askorbat memiliki peranan penting apabila dikonsumsi yaitu mempermudah penyerapan zat besi yang berada di lambung dan mereduksi ion feri menjadi fero dalam pencernaan (Kondaiah et al., 2019). Besarnya efek vitamin C ini bergantung pada dosis yang dikonsumsi serta efek peningkatan zat besi hanya akan terjadi apabila kedua nutrisi tersebut dikonsumsi secara bersamaan (Piskin et al., 2022).

Asam askorbat memiliki aktivitas antioksidan sehingga memiliki efek melindungi folat tereduksi dari oksidasi serta dapat membantu dekonjugasi poliglutamat menjadi bentuk monoglutamat, mengubah asam 5-Methyldihydrofolic menjadi asam 5-Methyltetrahydrofolic (Golding, 2018). Vitamin C berbentuk kristal putih yang larut dalam air. Dalam keadaan kering vitamin C cukup stabil, tetapi dalam keadaan tidak larut, vitamin C mudah rusak oleh paparan udara (oksidasi), terutama bila terkena panas, tidak stabil dalam larutan basa, tetapi cukup stabil dalam larutan asam (Septiani, 2017)

Kandungan vitamin C pada kacang hijau tergolong rendah yaitu sebesar  $0,05 \text{ g kg}^{-1}$  berat kering) tetapi tinggi pada kecambah ( $1,38 \text{ g/kg}$  berat kering) (USDA, 2010 dalam Nair et al., 2013). Peningkatan kandungan vitamin C dalam biji kacang hijau dapat dilakukan dengan pengolahan pascapanen melalui perkecambahan. Sedangkan pada daun kelor segar, kandungan asam askorbat (Vitamin C) sebesar  $271 \text{ mg/100 g}$  (Saini et al., 2014 dalam Arwani et al., 2019). Vitamin C merupakan satu-satunya kandungan nutrisi yang dapat meningkatkan penyerapan besi dalam diet vegetarian, dan penyerapan zat besi dari makanan vegetarian (Lynch SR, 1980 dalam Abbaspour et al., 2014). Proses memasak, pemrosesan industri, serta penyimpanan yang kurang baik dapat menurunkan kadar atau kandungan asam askorbat dan menghilangkan efek peningkatannya pada penyerapan zat besi (Teucher et al., 2004 dalam Abbaspour et al., 2014).

#### **4.1.5. Kandungan Vitamin A dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Vitamin A atau retinol merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil yaitu karena memiliki fungsi untuk menormalkan sistem visual atau penglihatan, pertumbuhan dan perkembangan, memelihara integritas sel epitel, serta meningkatkan fungsi kekebalan, dan reproduksi. Vitamin A merupakan vitamin yang larut dalam lemak. Kekurangan vitamin A dalam konsumsi dapat menyebabkan beberapa kelainan seperti keterlambatan pertumbuhan, kebutaan serta lebih rentan



terhadap infeksi, yang umumnya terjadi apabila juga kekurangan seng dan protein (Wahlqvist ML, 1997 dalam Nair et al., 2013). Vitamin A yang berasal dari sumber tumbuhan dalam makanan yang dibentuk sebagai karotenoid provitamin A. Karotenoid provitamin A, yang menunjukkan aktivitas vitamin A yang berbeda, diubah menjadi bentuk aktif vitamin (retinal dan asam retinoat) untuk digunakan oleh tubuh. Apabila seseorang mengalami kekurangan vitamin A maka akan berpengaruh pada morbiditas dan mortalitas pada keturunannya di negara berkembang, khususnya di Afrika dan Asia Tenggara (Bailey et al., 2015).

Pada tabel 11 dan 12., dapat dilihat bahwa kacang hijau dan daun kelor sama-sama memiliki kandungan vitamin A. Sebagian besar sumber vitamin A dapat ditemukan pada bahan-bahan nabati dalam bentuk karoten. Karotenoid termasuk dalam provitamin A, seperti karoten dan  $\beta$ -karoten, penyerapan sumber vitamin dari makanan dalam bentuk karoten kemudian akan diubah menjadi vitamin A dalam tubuh manusia setelah penyerapan. Pada biji kacang hijau, terdapat kandungan vitamin A sebesar 70 g RAE (setara aktivitas retinol), lebih rendah apabila dibandingkan dengan 100 g RAE pada tauge ( $\text{kg}^{-1}$ , basis berat kering) (USDA, 2010 dalam Nair et al., 2013). Daun kelor segar dilaporkan memiliki kandungan betakaroten sebesar 18 mg/100 g (Saini et al., 2014 dalam Arwani et al., 2019).

**Tabel 13.** Pengaruh Konsumsi Kacang Hijau terhadap Kadar Hemoglobin

Produk	Metode	Karakteristik Sampel	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
Ekstrak Kacang Hijau	Quasi eksperimen dengan <i>non-random sampling</i>	10 ibu hamil trimester III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 responden (anemia) - 1 kali perhari (rutin)</li> <li>• 2 responden – tidak rutin minum (tidak dapat dilanjutkan sebagai responden studi penelitian/ hasilnya diabaikan)</li> </ul>	14 hari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dari 8 responden ibu hamil trimester III yang mengkonsumsi secara rutin, sebanyak 7 responden (87,5%) mengalami peningkatan level hemoglobin sedangkan 1 responden (12,5%) tidak mengalami peningkatan.</li> <li>• Berdasarkan uji statistik <i>chi-square</i> didapatkan <i>p value</i> 0,354 <math>\leq</math> 0,05 artinya ada hubungan antara pemberian jus kacang hijau terhadap kadar hemoglobin ibu hamil TM III dan terbukti secara statistik.</li> </ul>	IIB/ B	(Lamdayani et al., 2021)
Sari kacang hijau dan	Quasi-eksperimen dengan <i>randomized pretest-</i>	34 ibu hamil trimester II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 17 responden (kontrol) : Tablet Fe 1 hari sekali (rutin)</li> </ul>	20 hari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan kadar hemoglobin terhadap ibu hamil trimester II sebelum dan sesudah pada kelompok kontrol</li> </ul>	IIB/ B	(Hidayati & Holila, 2021)

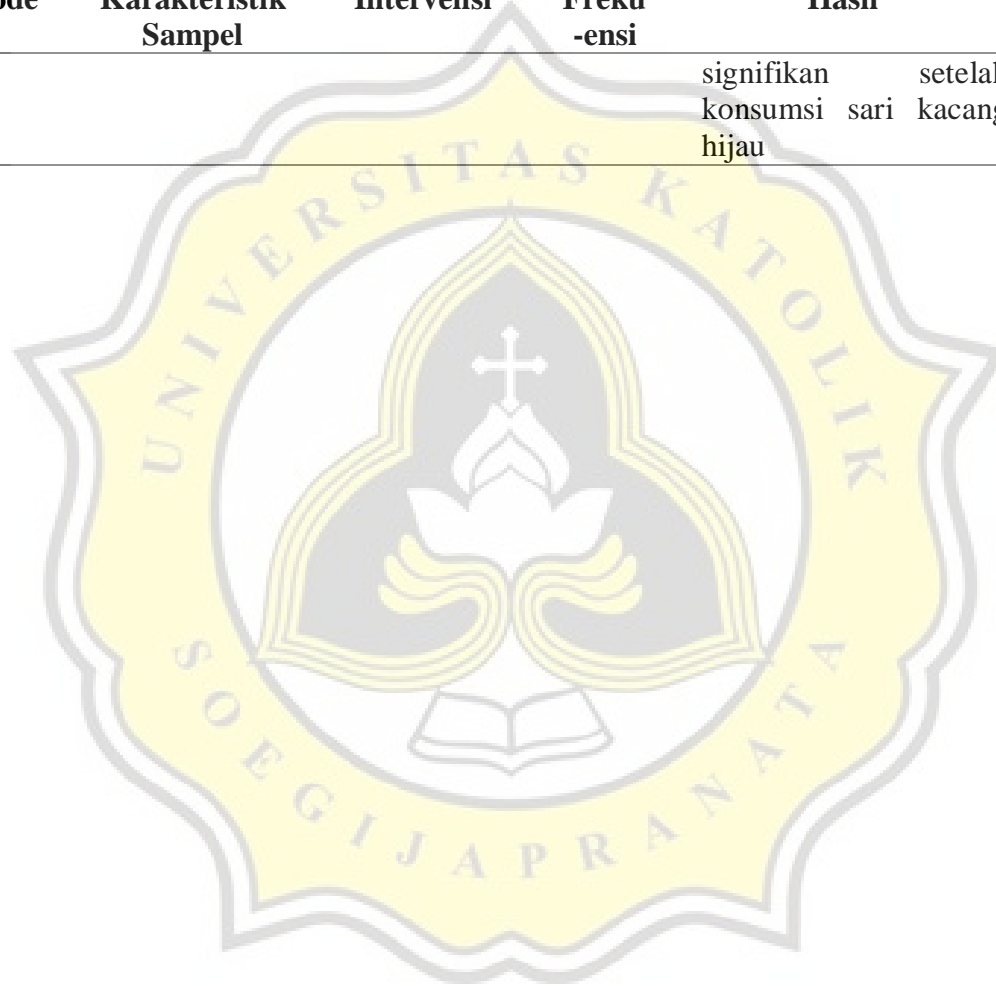
Produk	Metode	Karakteristik Sampel	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
tablet Fe	<i>posttest with a control group design.</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 17 responden (intervensi) : Tablet Fe dan sari kacang hijau 1 hari sekali (rutin)</li> </ul>		<p>yaitu sebanyak 0,5941 g/dL (5,91%) dan kelompok intervensi sebanyak 2,8059 g/dL (30%).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil uji <i>paired sample T-test</i> diperoleh <i>p value</i> 0,000 (<math>p &lt; 0,05</math>) yang berarti terdapat perbedaan nyata antara kelompok kontrol dan intervensi</li> </ul>		
Sari kacang hijau dan tablet Fe	<i>Quasi experiment dengan desain Pretest-Posttest Control Group Design.</i>	64 ibu hamil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 responden kelompok kontrol : konsumsi tablet Fe 60 gram</li> <li>• 32 responden kelompok intervensi : Konsumsi tablet Fe 60 gram dan sari kacang hijau</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan kadar hemoglobin terhadap ibu hamil pada kelompok intervensi sebesar 0,9063 g/dL (9,16%) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 0,0187 g/dL (0,185%).</li> <li>• Hasil uji <i>t-test</i> kelompok kontrol <i>p value</i> 0,056 dan kelompok intervensi <i>p value</i> 0,000 yang berarti</li> </ul>	IIB/ B	(Retnorini et al., 2017)

Produk	Metode	Karakteristik Sampel	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
					konsumsi sari kacang hijau dan tablet FE berpengaruh pada peningkatan kadar hemoglobin.		
Jus kacang hijau dan madu	Quasi eksperimen dengan rancangan penelitian one group pretest dan posttest.	19 ibu hamil	Campuran 250 ml jus kacang hijau dan 2 sendok makan madu/ hari.	7 hari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kadar hemoglobin ibu hamil meningkat sebanyak 0,87 g/dL (9,245%) setelah konsumsi jus kacang hijau dan madu.</li> <li>• Hasil analisa Uji Paired T-Test, <math>p</math>-value <math>0,00 &lt; 0,05^a</math> yang berarti terdapat pengaruh konsumsi jus kacang hijau dan madu terhadap peningkatan kadar hemoglobin.</li> </ul>	Iib/ B	(Wulan & Vindralia, 2021)
Kacang hijau dan tablet FE	Quasi eksperimen dengan pendekatan <i>pretest-posttest with control group</i>	30 ibu hamil trimester II yang mengalami anemia berat (Hb<8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 responden (kontrol) : konsumsi tablet FE</li> <li>• 15 responden (intervensi) : konsumsi</li> </ul>	Februari - Juli 2018 (6 bulan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan kadar hemoglobin setelah konsumsi kacang hijau dan tablet Fe sebesar 1,47 g/dL (15,755%) lebih tinggi dibandingkan konsumsi</li> </ul>	Iib/ B	(Lathifah, 2018)

Produk	Metode	Karakteristik Sampel	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
			kacang hijau dan tablet FE		<p>tablet Fe saja yaitu sebesar 1,06 (11,434%).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil analisa bivariat menggunakan hasil uji T, yaitu didapat <i>p value</i> <math>0,000 &lt; \alpha</math> (0,05) yang berarti terbukti adanya pengaruh peningkatan kadar hemoglobin pada subjek ibu hamil trimester II yang semula mengalami anemia sedang (9,33 g/dL) menjadi anemia ringan (10,80 g/dL).</li> </ul>		
Sari kacang hijau dan tablet tambah darah (TTD)	Quasi eksperimen dengan desain penelitian pretest-posttest control group design.	32 remaja putri (15-16 tahun)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 responden kontrol : TTD 1 kali seminggu</li> <li>• 16 responden intervensi : 250-300 ml sari kacang hijau (2 kali sehari, pagi dan sore) dan</li> </ul>	7 hari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kadar hemoglobin pada remaja putri meningkat setelah intervensi yaitu sebesar <math>13,156 \pm 1,42</math> g/dL jika dibandingkan dengan sebelum intervensi yaitu sebesar <math>12,65 \pm 1,477</math> g/dL.</li> <li>• Hasil uji analisis menggunakan t-test dependent memperlihatkan nilai</li> </ul>	Iib/ B	(Usman et al., 2021)

Produk	Metode	Karakteristik Sampel	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
			TTD 1 kali seminggu		p=0,022 <sup>a</sup> yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar hemoglobin sebelum dan sesudah intervensi		
Sari kacang hijau	Quasy-Eksperiment Design dengan rancangan Two Group Pre and Post Test with Control Design	30 remaja putri anemia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 responden kontrol : tidak konsumsi sari kacang hijau</li> <li>• 15 responden intervensi : konsumsi sari kacang hijau.</li> </ul>	Maret-April 2021 (1 bulan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan kadar hemoglobin pada kelompok kontrol yaitu sebesar 0,28 g/dL (2,59%) dengan hasil <i>uji paired t-test p value</i> 0,95 (<math>&gt;\alpha</math> 0,05) yang berarti tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada kadar hemoglobin.</li> <li>• Peningkatan kadar hemoglobin pada kelompok intervensi yaitu sebesar 1,28 g/dL (11,775%) dengan hasil <i>uji paired t-test p value</i> 0,000 (<math>&lt;\alpha</math> 0,05) yang berarti terdapat peningkatan kadar hemoglobin yang</li> </ul>	IIB/ B	(Zaimy et al., 2021)

<b>Produk</b>	<b>Metode</b>	<b>Karakteristik Sampel</b>	<b>Intervensi</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Hasil</b>	<b>Interpretasi</b>	<b>Referensi</b>
					signifikan konsumsi hijau	setelah sari kacang	



Pada tabel 13., produk kacang hijau terbukti memiliki efek terhadap pencegahan maupun pengobatan terhadap penyakit anemia dengan meningkatkan kadar hemoglobin pada penelitian yang dilakukan terhadap Wanita Usia Subur. Pengaruh konsumsi kacang hijau dilakukan dengan metode penelitian Quasi-eksperimen. Pada penelitian quasi-eksperimen, terdapat subjek intervensi dan kontrol yang dipilih tidak secara acak (Gopalan et al., 2020). Subjek pada penelitian yang digunakan adalah ibu hamil (Retnorini et al., 2017; Wulan & Vindralia, 2021), ibu hamil trimester II (Hidayati & Holila, 2021; Lathifah, 2018), ibu hamil trimester III (Lamdayani et al., 2021) dan remaja (Usman et al., 2021; Zaimy et al., 2021). Remaja dan ibu hamil merupakan wanita usia subur karena berumur antara 15-49 tahun atau telah mengalami menstruasi (Solang et al., 2021). Subjek atau responden dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok intervensi dan kelompok kontrol.

Metode awal yang dilakukan yaitu pengukuran kadar hemoglobin sebelum mendapat perlakuan atau sebelum mengkonsumsi kacang hijau. Seluruh subjek tidak diberikan kontrol makanan sehingga faktor pengaruh makanan yang dikonsumsi diabaikan. Penelitian menggunakan beberapa produk yang berbeda untuk kelompok intervensi dan kontrol yaitu sari/jus kacang hijau (Lamdayani et al., 2021; Zaimy et al., 2021), sari kacang hijau dan tablet Fe (Hidayati & Holila, 2021; Lathifah, 2018; Retnorini et al., 2017), jus kacang hijau dan madu (Wulan & Vindralia, 2021), serta sari kacang hijau dan TTD (Usman et al., 2021). TTD merupakan suplemen gizi berbentuk tablet yang memiliki kandungan zat besi setara 60 mg besi elemental dan 400 mcg asam folat (Kemkes, 2018). Suplemen yang dikonsumsi sering kali mengandung zat besi dosis rendah; dosis yang biasa diresepkan pada awal kehamilan adalah 30 mg zat besi per hari. Dosis yang lebih tinggi yaitu 60 sampai 100 mg zat besi per hari biasa diresepkan untuk peningkatan risiko anemia defisiensi besi (McDonagh et al., 2015).

Frekuensi pemberian perlakuan bervariasi mulai dari 7 hari hingga 6 bulan. Analisis perbedaan pengaruh antara kelompok kontrol dan intervensi sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan dengan uji analisis statistik. Seluruh penelitian menunjukkan



perbedaan yang signifikan terhadap kadar hemoglobin sebelum dan sesudah konsumsi kacang hijau secara rutin dalam jangka waktu/ frekuensi yang telah ditentukan.

Bentuk penyajian kacang hijau yang paling efektif yaitu sari/ jus kacang hijau, proses pembuatannya adalah dengan menyaring air dengan ampasnya sehingga padat gizi (Retnorini et al., 2017). Menurut Retnorini et al, (2017), rebusan kacang hijau memiliki daya cerna yang tinggi dan penyerapan zat besi dapat lebih mudah sehingga memudahkan proses maturasi sel darah dan rendah daya flatulensinya. Diet pada kelompok kontrol dilakukan dengan konsumsi yang tidak rutin pada kacang hijau maupun tanpa konsumsi kacang hijau (hanya tablet Fe atau TTD saja), sedangkan pada kelompok intervensi diet dilakukan dengan teratur dan konsisten konsumsi produk kacang hijau. Frekuensi pemberian perlakuan bervariasi mulai dari 7 hari hingga 6 bulan.

Metode lanjut yang diberikan setelah perlakuan adalah pengukuran kembali kadar hemoglobin subjek. Analisis perbedaan pengaruh antara kelompok kontrol dan intervensi sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan dengan uji analisis statistik. Berdasarkan tabel 13, seluruh penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kadar hemoglobin sebelum dan sesudah konsumsi kacang hijau secara rutin dalam jangka waktu/ frekuensi yang telah ditentukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Lamdayani et al., (2021) dan Zaimy et al., (2021), perbedaan antara kelompok kontrol dan intervensi dibedakan dengan konsumsi sari kacang hijau teratur dan tidak rutin atau tidak sama sekali. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa konsumsi sari kacang hijau saja telah dapat meningkatkan kadar hemoglobin secara signifikan. Hal ini karena kacang hijau mengandung zat besi, vitamin C, dan seng yang dapat membantu pengobatan anemia defisiensi besi. Selain itu, dalam setengah cangkir sari kacang hijau mengandung vitamin A sebesar 7 mcg (Hidayati & Holila, 2021). Kekurangan konsumsi vitamin A dapat menyebabkan kondisi anemia defisiensi semakin buruk (Nora Maulina & Sitepu, 2015).

**Tabel 14.** Pengaruh Konsumsi Daun Kelor terhadap Kadar Hemoglobin

Produk	Metode	Subjek Peneliti n	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
<b>Teh daun kelor</b>	Pre-eksperimen dengan rancangan <i>the one group pretest-posttest design</i>	30 remaja putri usia 17-24 tahun	Teh daun kelor (5 gr) per hari yaitu 1 kantong teh (2,5 gr) pagi hari dan 1 kantong teh tiap sore hari	1 bulan (September 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kategori kadar Hb sebelum intervensi yaitu sebanyak 14 responden ringan dan 16 sedang, sedangkan setelah intervensi sebanyak 5 responden sedang, 7 ringan dan 18 normal.</li> <li>• Hasil uji <i>Mann Whitney U test</i> yaitu <i>p value</i> 0,82 yang berarti terdapat efektivitas setelah konsumsi teh daun kelor yaitu dengan adanya peningkatan kadar hemoglobin pada subjek penelitian setelah konsumsi.</li> </ul>	Iib/B	(Pratiwi, 2020)
<b>Ekstrak daun kelor</b>	Quasi Eksperimen dan pendekatan <i>one group</i>	33 ibu hamil trimester III	Sebanyak 70 mg tablet serbuk	14 hari (2 minggu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat peningkatan kadar hemoglobin pada ibu hamil dari semula 9,642 g/dL menjadi 10,648 g/dL, selisih</li> </ul>	Iib/ B	(Hartati & Sunarsih, 2021)

Produk	Metode	Subjek Peneliti n	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
	<i>pretest-postes design</i>		daun kelor/ hari.		peningkatan yaitu sebesar 1,006 g/dL (10,43%). • Berdasarkan Hasil uji statistik didapatkan <i>p value</i> = 0,000 (< $\alpha$ 0,005) yang berarti terdapat pengaruh pemberian ekstrak daun kelor terhadap kenaikan kadar Hb pada ibu hamil		
<b>Kapsul daun kelor dan tablet FE</b>	Quasi eksperimen dengan pendekatan <i>Two Group Pretest-Postest Design</i>	30 ibu hamil	• 15 responden kelompok kontrol : konsumsi tablet Fe • 15 responden kelompok intervensi : konsumsi tablet Fe dan kapsul daun kelor	-	• Peningkatan kadar hemoglobin terhadap ibu hamil sebelum dan sesudah pada kelompok kontrol yaitu sebanyak 0,9 g/dL (9,18%) dan kelompok intervensi sebanyak 1,427 g/dL (14,41%). • Hasil uji statistik menunjukkan <i>p-value</i> 0,000<0.05 yang berarti terdapat pengaruh pemberian kapsul daun	Iib/ B	(Rismawati et al., 2021)

Produk	Metode	Subjek Penelitian	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
					kelor terhadap kadar hemoglobin.		
<b>Daun kelor dan madu</b>	Quasi Eksperimental dengan pendekatan one group pretest – posttest design	30 ibu hamil	2 kapsul/ hari (1 kapsul berisi 35 mg ekstrak daun kelor)	15 hari	Terdapat peningkatan rata-rata kadar Hb setelah konsumsi daun kelor dan madu yaitu dari 10,167 gr% menjadi 11.100 gr%	Iib/ B	(Usatiawaty, 2019)
<b>Kapsul serbuk daun kelor</b>	<i>True experimental</i> dengan desain <i>pre-dan post-test</i> dengan pendekatan prospektif	Remaja putri usia 18-21 tahun <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 responden kontrol : kapsul serbuk daun kelor</li> <li>• 25 respon</li> </ul>	1 x 3 kapsul/ hari, satu kapsul berisi 700 mg serbuk daun kelor (dosis per hari 2100 mg)	30 hari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat peningkatan kadar hemoglobin setelah pemberian edukasi serta kapsul serbuk daun kelor pada remaja putri mengalami peningkatan sebesar <math>1,76 \pm 0,80</math> g/ dL.</li> <li>• Hasil uji statistik <i>Paired t-test</i> menunjukkan nilai signifikansi 0,000 (<math>p &lt; 0,05</math>) yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara</li> </ul>	Iib/ B	(Indriani et al., 2019)

Produk	Metode	Subjek Peneliti n	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
		den interve nsi : kapsul plaseb o (berisi tepung gula)			sebelum dan sesudah intervensi.		
<b>Teh daun kelor</b>	Pre-eksperiment al dengan pendekatan <i>one group pre-test post-test design</i>	32 remaja putri rentang usia 19- 20 tahun	Sebanyak 5 gr per hari (1 kantong teh (2,5 gr) pagi hari dan sore hari)		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pemberian teh daun kelor terbukti efektif dalam meningkatkan kadar hemoglobin. Sebelum perlakuan, jumlah responden dengan anemia ringan yaitu 22 menjadi tidak anemia 16 serta tetap anemia 6, sedangkan responden dengan anemia sedang sebelum diberikan teh daun kelor berjumlah 10 responden menjadi tidak anemia 4 responden, anemia ringan 6 dan tidak ada</li> </ul>	IIB/ B	(Maria et al., 2021)

Produk	Metode	Subjek Penelitian	Intervensi	Frekuensi	Hasil	Interpretasi	Referensi
					<p>lagi yang mengalami anemia sedang.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil uji statistik dengan <i>Wilcoxon signed ranks test</i> didapatkan p-value (<i>Asymp. Sig-tailed</i>) 0,000 dimana kurang dari batas kritis penelitian 0,05 yang berarti teh daun kelor memiliki pengaruh terhadap kadar hemoglobin</li> </ul>		

Pada tabel 14., produk yang terbuat dari bahan baku daun kelor terbukti dapat mencegah serta mengobati penyakit anemia dengan meningkatkan kadar hemoglobin pada penelitian yang dilakukan terhadap Wanita Usia Subur (remaja maupun ibu hamil). Sebagian besar penelitian yang dilakukan untuk menguji pengaruh konsumsi daun kelor dilakukan secara kuantitatif yaitu dengan metode penelitian Quasi-eksperimen dan pre-eksperimen. Subjek yang digunakan pada penelitian pengaruh daun kelor yaitu remaja putri (Indriani et al., 2019; Maria et al., 2021; Pratiwi, 2020), ibu hamil (Rismawati et al., 2021; Usatiawaty, 2019) dan ibu hamil trimester III (Hartati & Sunarsih, 2021). Terdapat 2 penelitian yang membandingkan hasil penelitian menggunakan responden kelompok kontrol dan intervensi (Indriani et al., 2019; Rismawati et al., 2021).

Dalam penelitian ini, metode awal yang digunakan yaitu dengan mengukur kadar hemoglobin dari subjek penelitian yang akan digunakan sebagai pembanding (kadar Hb sebelum konsumsi). Dalam melakukan penelitian, daun kelor yang dikonsumsi bervariasi yaitu berupa daun kelor (Usatiawaty, 2019) hingga olahan daun menjadi beberapa macam produk, yaitu teh daun kelor (Maria et al., 2021; Pratiwi, 2020), kapsul daun kelor (Indriani et al., 2019; Rismawati et al., 2021). Selain itu, juga terdapat penelitian yang mengkombinasikan daun kelor dengan madu (Usatiawaty, 2019) maupun tablet Fe (Rismawati et al., 2021). Pemberian daun kelor untuk dikonsumsi memiliki frekuensi waktu yang berbeda-beda yaitu antara 14 hari hingga 30 hari atau 1 bulan. Terdapat frekuensi pemberian daun kelor yang tidak tertera dalam penelitian (Maria et al., 2021). Pengaruh perbedaan kadar Hb responden sebelum dan sesudah pemberian/ konsumsi daun kelor akan dapat langsung terlihat dengan pengukuran kadar Hb kembali setelah masa frekuensi konsumsi yang telah ditentukan selesai, setelah itu dilakukan uji analisis statistik. Seluruh penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kadar hemoglobin sebelum dan sesudah konsumsi daun kelor.

Daun kelor dapat disajikan dalam berbagai bentuk jenis, baik sebagai minuman

maupun makanan. Berdasarkan hasil pengamatan belum terdapat informasi mengenai bentuk penyajian yang paling efektif digunakan dalam upaya peningkatan hemoglobin. Namun, bentuk penyajian yang paling banyak diminati oleh masyarakat yaitu teh daun kelor karena proses pembuatannya yang mudah, hanya dengan diseduh saja serta biaya yang lebih terjangkau. Penggunaan/ penambahan ekstrak daun kelor pada makanan atau minuman dapat menormalkan mitokondria, mencegah hiperlipidemia dan perubahan ultrastruktur dalam hepatosit karena kekurangan zat besi. Efek baik ini merupakan hubungan terikat yang disebabkan oleh kandungan besi yang tinggi dari daun *M.oleifera* (Teixeira et al., 2014 dalam Stohs & Hartman, 2015) Konsumsi teh daun kelor memiliki daya cerna yang tinggi serta cepat. Pada penelitian dengan diet yang dilakukan pada dua kelompok yaitu kontrol dan intervensi, pada kelompok kontrol dilakukan dengan konsumsi hanya tablet Fe (Rismawati et al., 2021) dan kapsul plasebo berisi tepung gula (Indriani et al., 2019) tanpa konsumsi daun kelor, sedangkan pada kelompok intervensi diet terdapat dosis dan frekuensi yang harus dilakukan konsumsi produk daun kelornya secara teratur dan konsisten. Frekuensi pemberian perlakuan bervariasi mulai dari 14 hari hingga 1 bulan.



## **4.2. Tantangan Pemanfaatan Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Terdapat beberapa tantangan dalam mengimplementasikan kacang hijau dan daun kelor sebagai pangan yang dapat meningkatkan kadar hemoglobin. Dalam kacang hijau dan daun kelor terdapat beberapa jenis senyawa anti nutrisi serta karakteristik bahan dalam kacang hijau dan daun kelor yang dipercaya dapat memberikan efek negatif terhadap produk maupun manusia. Beberapa senyawa anti nutrisi tersebut antara lain tanin, hemaglutinin, tripsin, lektin, oksalat, asam fitat dan saponin. Setiap senyawa anti nutrisi memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa masalah kesehatan yang dapat ditimbulkan dari beberapa zat anti nutrisi tersebut yaitu penghambatan penyerapan nutrisi seperti protein dan mineral serta menghambat kerja enzim sehingga dapat menimbulkan beberapa penyakit seperti batu ginjal dan anemia.

### **4.2.1. Kandungan Tanin dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Tanin adalah senyawa fenolik bersifat larut dalam air yang dapat mengendapkan alkaloid, gelatin dan protein lainnya (Vergara-Jimenez et al., 2017). Tanin dapat meningkatkan rasa asam, sepat, pahit, memiliki tekstur astringen, dan pengeringan. Senyawa tanin termasuk dalam senyawa anti nutrisi karena dapat mengikat dan menyusutkan protein. Tanin pada kacang hijau dapat menurunkan pencernaan protein dan ketersediaan asam amino (Jain et al., 2009 dalam Mekara nikarthil Sudhakaran & Bukan, 2021). Kandungan tanin dalam kacang hijau berkisar antara 0,21% hingga 0,50% (Mekara nikarthil Sudhakaran & Bukan, 2021). Proses perendaman, perkecambahan, dan memasak dengan tekanan (*pressure cooking*) terbukti merupakan metode yang paling efektif untuk mengurangi kadar polifenol dan tanin dalam makanan berbasis kacang (Khandelwal et al., 2012)

Tanin pada daun kelor memiliki dapat menghambat penyerapan pencernaan terutama pada protein. Penghambatan ini dapat menurunkan bioavailabilitasnya, sehingga menimbulkan sindrom defisiensi protein dan kwashiorkor (Length, 2017). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gwer et al., (2020), diketahui bahwa

kandungan tanin yang ditemukan pada daun kelor yaitu pada kisaran rentang 0,13-0,55 mg/100 g dimana secara signifikan ( $p < 0,05$ ) menurun apabila dilakukan substitusi dengan tepung millet. Hal ini menunjukkan bahwa tanin pada daun kelor yang merupakan penghambat protein dinilai tidak signifikan (Gwer et al., 2020).

#### **4.2.2. Kandungan Hemaglutinin dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Hemaglutinin merupakan senyawa anti-nutrisi dengan karakteristik/ sifat mengikat gula yang mengikat sel darah merah. Hemaglutinin mampu menggumpalkan sel darah merah serta bersifat toksik. Senyawa ini mengikat dengan reseptor spesifik pada sel epitel usus, menyebabkan lesi dan perkembangan mikrovili yang tidak tepat. Apabila dikonsumsi dalam jumlah di atas batas normal maka dapat menyebabkan penyerapan nutrisi yang abnormal. Kandungan hemaglutinin telah diteliti dapat menurun atau berkurang dengan perendaman, pemanasan kering (pemanggangan) dan perebusan selama sepuluh menit pada titik didih  $100^{\circ}\text{C}$  (D, 2016)

#### **4.2.3. Kandungan Tripsin dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Senyawa tripsin pada legum dapat diklasifikasikan dalam 2 famili menurut ukuran molekulnya yaitu Kunitz (KTI), dengan berat molekul sekitar 20 kDa dan Bowman-Birk (BBTI) sekitar 8 kDa. Pada tanaman kelor, kandungan tripsin hanya terdapat pada bagian bunga dan tidak ditemukan kandungan tripsin pada daun kelor. Karakteristik lain dari senyawa tripsin yaitu memiliki 7 ikatan disulfida, berada pada sitoplasma dan larut dalam air (selama perendaman). Pada kacang hijau, kandungan senyawa penghambat tripsin berkisar antara 15,8 hingga 36,20 TIU/mg protein (Mekkar nikarthil Sudhakaran & Bukkan, 2021). Senyawa tripsin menghambat enzim proteolitik, sehingga mempengaruhi pencernaan protein secara negatif serta menghambat aktivitas enzim pankreas yaitu tripsin dan kimotripsin sehingga mengurangi pencernaan dan penyerapan protein makanan sehingga tidak dapat dicerna bahkan dengan adanya enzim pencernaan dalam jumlah tinggi (Gemedede and Ratta, 2014 dalam Avilés-Gaxiola et al., 2018).

Dalam rangka menghindari efek negatif tripsin, telah dikembangkan beberapa metode untuk menonaktifkan atau mengurangi jumlah senyawa tripsin hingga di bawah batas ambang batas. Penggunaan metode pemanasan merupakan yang paling banyak digunakan dengan alasan mampu secara bertahap mengurangi jumlah senyawa penghambat tripsin, hal yang tetap perlu diperhatikan pada metode ini yaitu waktu dan suhu yang digunakan (Khattab dan Arntfield 2009 dalam Avilés-Gaxiola et al., 2018). Namun, metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan biaya yang tinggi serta berdampak negatif pada lingkungan dan fungsionalitas protein penuh, sehingga dikembangkan pilihan alternatif lain. Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menonaktifkan senyawa tripsin yaitu dengan proses fisik (pemanasan, ekstrusi, USG dan ultrafiltrasi), kimia (menggunakan agen pereduksi dan asam dan basa) serta biologi (perkecambahan dan fermentasi).

#### **4.2.4. Kandungan Lektin dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Lektin adalah protein pengikat karbohidrat yang tersebar luas dalam organisme hidup yang juga sering disebut *phytohemagglutinins* (Adamcová et al., 2021). Lektin pada kacang hijau memiliki beberapa efek toksik yang dapat dikaitkan dengan kemampuannya untuk mengikat beberapa reseptor spesifik pada permukaan sel epitel yang melapisi usus, sehingga menyebabkan gangguan non-spesifik dengan penyerapan atau transportasi nutrisi di dinding usus, mengikat gula atau protein, berinteraksi dengan gula spesifik dalam membran sel, menghambat penyerapan mineral, penghambatan pertumbuhan, diare, mual, kembung hingga muntah (Shi et al., 2018). Sedangkan pada daun kelor, kandungan anti nutrisi lektin berada pada bagian bijinya.

#### **4.2.5. Kandungan Oksalat dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Oksalat merupakan senyawa anti-nutrisi karena dapat mengikat mineral yang menghambat penyerapan usus. Sifat oksalat dapat dibagi menjadi dua, yaitu larut dalam air (asam oksalat atau kalium, natrium dan amonium oksalat) dan oksalat yang tidak larut (terutama garam kalsium). Efek negatif yang ditimbulkan oleh oksalat apabila

dikonsumsi secara berlebihan yaitu dapat menghambat penyerapan dan mengurangi bioavailabilitas mineral, menyebabkan peningkatan ekskresi oksalat urin yang dapat menyebabkan kristalisasi kalsium oksalat dan pembentukan batu ginjal (Shi et al., 2018). Daun kelor memiliki kandungan senyawa oksalat yang tinggi. Kandungan oksalat daun kering berkisar antara 430 hingga 1050 mg/100 g berat kering (Leone et al., 2015b). Sedangkan kacang hijau merupakan kacang yang masuk dalam golongan rendah oksalat yaitu hanya sebanyak 7,9 mg/ setengah cangkir biji kacang hijau.

#### **4.2.6. Kandungan Asam Fitat dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Asam fitat merupakan salah satu senyawa anti nutrisi yang memiliki bentuk kristal di dalam badan protein dikotiledon, bermuatan negatif pada pH fisiologis, dan memiliki afinitas tinggi untuk ion mineral divalen bermuatan positif. Asam fitat melakukan pembentukan ikatan kompleks dengan mineral (kalsium, tembaga, magnesium, besi dan seng) dan mengikat enzim (protease dan amilase). Asam fitat memiliki efek yang rumit dalam sistem pencernaan manusia, terutama akan mengganggu pencernaan makanan serta menyebabkan perut kembung (Maynard, 1997 dan Akubugwo et al., 2007 dalam (Length, 2017)). Gangguan pencernaan yang terjadi dapat berupa menghambat penyerapan zat besi dan zinc, mempengaruhi penyerapan di saluran pencernaan, menghambat pencernaan proteolitik dan mengurangi ketersediaan fosfor hingga menyebabkan anemia karena kekurangan zat besi. Pada kacang hijau, kandungan asam fitat termasuk jumlah yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan legum nonkonvensional lainnya (Siddhuraju et al., 2002 dalam Mekkara nikarthis Sudhakaran & Bukan, 2021), dan kandungannya bervariasi dari 0,376% hingga 1,2. Sifat asam fitat yang dapat menghambat penyerapan zat besi dapat dikurangi, yaitu dengan melakukan perendaman kacang hijau sebelum proses pengolahan lebih lanjut. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah proses penyerapan zat besi yang diperlukan untuk maturasi sel-sel darah (Helty, 2008 dalam Nisa et al., 2020). Kelebihan biji kacang hijau yang telah direndam, direbus maupun diolah serta

kemudian dikonsumsi yaitu dapat memiliki daya cerna yang lebih tinggi dan rendah daya flatulensinya.

#### **4.2.7. Kandungan Saponin dalam Kacang Hijau dan Daun Kelor**

Saponin merupakan suatu kelompok dari beragam senyawa yang di dalamnya terkandung aglikon terkait dengan satu atau lebih gula atau residu oligosakarida. Kandungan saponin pada daun kelor memiliki konsentrasi yang tinggi sehingga dapat berpotensi bahaya saat dikonsumsi khususnya bagi vegetarian karena apabila dikonsumsi dalam jumlah di atas batas dapat mengurangi bioavailabilitas logam divalen dan trivalen seperti zat besi dan magnesium (Canett et al., 2014 dalam Milla et al., 2021). Kandungan saponin dalam kacang hijau dalam bentuk biji mentah dan biji yang telah direndam air telah diuji dengan hasil total konsentrasi saponin tidak jauh berbeda sehingga metode perendaman dinilai tidak dapat mengurangi kandungan saponin secara signifikan. Namun, terdapat penurunan total konsentrasi saponin apabila metode yang digunakan adalah perendaman yang diikuti dengan iridiasi. Pengurangan total konsentrasi tersebut juga bergantung pada dosis yang digunakan. Mekanisme penurunan kadar saponin pada metode iradiasi yaitu dengan pemutusan ikatan bagian karbohidrat dari aglikon steroid/triterpenoid yang terikat melalui ikatan glikosidik.