

## **BAB V. PEMBAHASAN**

### **5.1. Profil asam amino pada serealia yang dikombinasi dengan Legumes**

Pangan nabati merupakan bahan pangan yang berasal dari tanaman atau tumbuhan. Biasanya, pangan nabati memiliki kualitas nutrisi yang relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan pangan hewani. Salah satu nutrisi dengan kualitas yang lebih rendah yaitu protein. Pada protein yang bersumber dari tumbuhan atau protein nabati mengandung asam amino esensial yang relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan protein hewani (Gorissen *et al*, 2018). Pada *review* ini bahan pangan yang digunakan yaitu kelompok Serealia dan Legumes, dimana kedua bahan pangan ini memiliki kualitas protein yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan protein hewani. Hal tersebut dikarenakan baik pada serealia maupun legumes sama-sama memiliki asam amino esensial dalam jumlah yang terbatas. Sehingga, protein nabati (serealia dan legumes) memiliki kualitas yang rendah karena kandungan asam amino esensial yang lebih rendah dibandingkan protein hewani, namun kandungan beberapa asam amino pada protein nabati jumlahnya relatif lebih tinggi (Gorissen *et al*, 2018). Kualitas protein merupakan indeks yang berdasarkan jumlah pencernaan protein (*protein digestibility*) dan kandungan asam amino esensial yang ada pada sumber pangan (Manary *et al*, 2016).

Serealia merupakan salah satu bahan pangan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Pada masa MPASI, serealia merupakan makanan pertama yang biasanya diberikan ke bayi. Serealia mengandung karbohidrat yang tinggi namun untuk kandungan proteinnya cenderung rendah. Bila dilihat dari profil asam amino dari serealia, kandungan asam amino esensial yang terbatas pada serealia adalah lisin namun kandungan pada asam amino sulfur seperti metionin terbilang tinggi (Temba *et al*,

2016). Sedangkan untuk legumes merupakan sumber protein dengan harga yang terjangkau. Protein dalam legumes dapat dikatakan tinggi (Temba *et al*, 2016). Ketika dilihat dari sisi nutrisinya, komposisi asam amino lisin pada legumes yang tinggi namun pada asam amino sulfur (metionin dan sistein) yang terbatas (Leinonen *et al*, 2019). Hal tersebut juga sesuai pada Pastor-Cavade *et al* (2014), dimana legumes memiliki asam amino sulfur (metionin dan sistein) serta triptofan sebagai asam amino terbatas yang tidak mencapai rekomendasi dari FAO/WHO. Oleh karena itu untuk mendapatkan pangan nabati dengan kualitas protein yang baik yaitu dengan mengkonsumsi beragam bahan pangan secara bersamaan supaya komposisi asam amino dapat saling melengkapi. Mengkombinasi protein yang dari beberapa sumber (dua bahkan lebih dari dua sumber protein) dengan berbagai rasio dapat menyediakan keseluruhan asam amino yang cukup dengan porsi protein yang lebih rendah (Gorissen *et al*, 2018). Menurut Leinonen *et al* (2019) dan Sanchez-Chino *et al* (2015), dengan mengkombinasikan sereal dan legumes dapat membuat keseluruhan kandungan asam amino menjadi seimbang dan nutrisi yang cukup.

Dari tabel pertama yang membahas mengenai sereal-legumes dan asam amino didapatkan 8 jurnal data. Dimana dari kedelapan jurnal data tersebut membahas mengenai kandungan asam amino terutama asam amino esensial yang terdapat pada makanan sereal yang dikombinasikan dengan legumes.

Pada jurnal Anitha *et al* (2019), penelitian ini menggunakan sampel berupa *finger millet* dan *pearl millet* yang dikombinasikan dengan *chickpea* ataupun *pigeon pea*. Pada *finger* maupun *pearl millet* mengandung metionin 50% lebih banyak dibandingkan pada *pigeon pea* dan *chickpea*, sedangkan pada *pigeon pea* maupun *chickpea* mengandung lisin lebih banyak dibandingkan *finger* maupun *pearl millet*. Dari penelitian ini ditemukan bahwa dengan mengkombinasikan *pearl millet* (var Dhanashaki) dan *Chickpea* dengan perbandingan 3:1 dapat mencukupi kebutuhan harian semua asam amino. Pada penelitian Coda *et al* (2017) menunjukkan bahwa

sampel kontrol (roti yang terbuat dari 100% *wheat*) lisin, tirosin, dan metionin merupakan asam amino terbatas. Dengan adanya penambahan *faba bean* sebanyak 30% dapat menunjukkan peningkatan signifikan pada lisin (34%), tirosin (55%), dan metionin (45%) dibandingkan sampel kontrol yang hanya mengandung lisin (19%), tirosin (33%), dan metionin (40%). Dari data jurnal Ejigui *et al* (2007) menunjukkan bahwa pada semua sampel mengandung metionin < 30%, kecuali pada FMGRP (*fermented maize with germinated and roasted peanut*) dan FMGRB (*fermented maize with germinated and roasted bean*) yang mengandung metionin > 60%. Pada lisin yang menjadi asam amino terbebas pada sereal, semua formulasi menunjukkan peningkatan 50% kecuali di FMRB (*fermented maize with roasted bean*), dimana FMRB tidak mengalami perubahan signifikan dibandingkan dengan kontrol. Pada Kayitesi *et al* (2012), menunjukkan dengan menambahkan *marama beans* dengan kondisi yang berbeda pada bubur *sorghum* terjadi peningkatan beberapa asam amino terutama pada lisin sebanyak 250 – 350%. Menurut jurnal data Mahmoud *et al* (2012) menunjukkan dengan penambahan lupin pada tepung gandum dapat meningkatkan profil asam amino terutama lisin dan treonin, dimana penambahan sebanyak 25% lupin dapat meningkatkan lisin sebanyak 93% dibandingkan kontrol. Penelitian Milan *et al* (2007), menunjukkan bahwa terjadi peningkatan lisin sebanyak 51,9% pada sampel (21,2 gram NEMF (*nixtamalized extruded maize flour*) dan 78,8% ECF (*extruded chickpea flour*)) dibandingkan pada sampel 100% NEMF. Sedangkan apabila dibandingkan dengan 100% ECF, kandungan metionin dan sistein pada sampel meningkat 84,6%. Dari jurnal Pastor *et al* (2011), menunjukkan bahwa kandungan lisin dengan sampel ekstrudat dari beras yang dikombinasi dengan *L. annuus* dan *L. clymenum* mengalami peningkatan 133% dan 142% dibandingkan pada sampel kontrol yang berupa 100% beras. Sedangkan kandungan lisin pada sampel yang berupa jagung yang dikombinasi *L. annuus* dan *L. clymenum* meningkat sebanyak 150% dan 161,5% dibandingkan sampel kontrol 100% jagung. Melalui jurnal data Serrem *et al* (2010), menunjukkan bahwa kandungan lisin pada biskuit yang terbuat dari sampel *sorghum* maupun gandum yang disubstitusi dengan *soy* mengalami peningkatan 231% dan 152% dibandingkan 100%

sampel *sorghum* maupun gandum saja. Kandungan lisin mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah kedelai yang ditambahkan pada sampel meningkat.

Dari kedelapan jurnal ini dapat dilihat bahwa dengan penambahan legumes pada produk pangan yang berbasis sereal ini dapat meningkatkan profil asam amino, terutama lisin yang merupakan asam amino terbatas pada sereal. Hal tersebut dikarenakan kandungan asam amino pada sereal dan legumes saling melengkapi sehingga menghasilkan profil asam amino yang lebih baik lagi. Oleh karena itu dapat menunjukkan dengan mengkombinasi protein yang dari beberapa sumber (dua bahkan lebih dari dua sumber protein) dengan berbagai rasio dapat menyediakan keseluruhan asam amino yang cukup dengan porsi protein yang lebih rendah (Gorissen *et al*, 2018). Demikian pula sesuai dengan Leinonen *et al* (2019) dan Sanchez-Chino *et al* (2015), dimana dengan mengkombinasikan sereal dan legumes dapat membuat keseluruhan kandungan asam amino menjadi seimbang dan nutrisi yang cukup.

## **5.2. Efek berbagai pemrosesan terhadap *in vitro* protein digestibility pada sampel pangan nabati**

Kualitas protein selain dilihat dari profil asam aminonya, *protein digestibility* juga menjadi faktor yang dipertimbangkan dalam menilai kualitas protein. Hal tersebut karena kualitas protein yang menjadi indeks yang dilihat berdasarkan *protein digestibility* dan kandungan asam amino esensial yang ada pada sumber makanan (Manary *et al*, 2016). Sereal dan legumes yang digunakan sebagai bahan pangan pada *review* ini merupakan bahan pangan berbasis nabati. Pada makanan berbasis nabati pastinya mengandung senyawa antinutrisi. Senyawa antinutrisi merupakan senyawa yang menghambat pencernaan protein sehingga menyebabkan peningkatan kehilangan nitrogen melalui feses (Sá, A. G., *et al.*, 2019). Senyawa antinutrisi ini merupakan senyawa yang tidak diharapkan karena akan berpengaruh terhadap pencernaan protein (*protein digestibility*) pada produk pangan berbasis nabati ini. Hal tersebut sesuai dengan Sarwar Gilani, G., *et al.* (2012) dimana keberadaan senyawa antinutrisi pada

bahan pangan memiliki efek terhadap *protein digestibility*. Dengan keberadaan senyawa antinutrisi ini menyebabkan terganggunya pencernaan protein sehingga menyebabkan kebutuhan senyawa protein menjadi lebih besar untuk memenuhi kebutuhan harian. Pencernaan protein yang terganggu akibat adanya senyawa antinutrisi menyebabkan kualitas nutrisi menurun terutama kualitas proteinnya. Hal tersebut dikarenakan salah satu faktor yang dilihat dari kualitas proteinnya adalah kecernaannya (Sá, A. G., *et al.*, 2019). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, strategi untuk menurunkan kandungan antinutrisi pada produk pangan nabati yaitu melakukan beberapa pemrosesan pada produk pangan. Senyawa antinutrisi yang terkandung dalam setiap produk pangan berbeda – beda dan setiap antinutrisi memiliki sifat yang berbeda – beda pula, oleh karena itu untuk menghilangkan senyawa antinutrisi pada produk pangan tertentu dibutuhkan jenis pemrosesan tertentu agar kandungan antinutrisi dapat dihilangkan secara efektif.

Tabel kedua ini membahas mengenai berbagai pemrosesan terhadap *in vitro protein digestibility* yang merupakan parameter untuk melihat pencernaan pada produk pangan nabati yaitu sereal maupun legumes. Dari keseluruhan jurnal data yang digunakan, sembilan jurnal menggunakan metode Teknik multienzim, 1 jurnal menggunakan metode *Microkjedahl*, dan 1 jurnal menggunakan metode menghitung residu dari pencernaan pepsin dan pancreatin untuk melihat nilai IVPD (*in vitro protein digestibility*). Dari kesebelas jurnal ini menunjukkan berbagai pemrosesan berpengaruh terhadap peningkatan *in vitro protein digestibility* pada sampel pangan yang berupa legumes maupun sereal. Pemrosesan yang dibahas pada *review* ini yaitu perendaman, pemasakan, *autoclave*, irradiasi, *dehulling*, *microwave*, perkecambahan, dan ekstruksi. Selain pemrosesan tunggal, pada *review* ini melihat juga kombinasi beberapa pemrosesan terhadap *in vitro protein digestibility*.

Pemrosesan pertama yaitu perendaman, dimana perendaman dapat menurunkan kandungan asam pitat, fenolik, tanin, dan tripsin inhibitor. Penurunan kandungan senyawa antinutrisi tersebut dikarenakan senyawa tersebut larut dalam air dan mengalami pelepasan ke air rendaman serta terjadi aktivitas pitase endogenus. Dalam perendaman terdapat beberapa faktor untuk menurunkan kandungan antinutrisi yaitu suhu, waktu perendaman, komposisi larutan (air, larutan asam, ataupun larutan basa), dan tipe dari kandungan antinutrisinya (Patterson, C. A. *et al.*, (2017) dan Sharma, A. (2020)). Pada jurnal data Vijayakumari, K. *et al.* (2007), Embaby, H. E.-S. (2010), Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013), Martín-Cabrejas, M. A. (2009), dan Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007) menunjukkan adanya peningkatan prosentase IVPD pada sampel dilakukan perendaman dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan.

Pada jurnal data Vijayakumari *et al* (2007) menunjukkan bahwa perendaman pada air destilasi selama 6 jam tidak menyebabkan terjadinya peningkatan IVPD namun perendaman selama 6 jam pada larutan natrium bikarbonat menunjukkan adanya peningkatan IVPD sebesar 6% dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan. Pada jurnal Embaby, H. E.-S. (2010) menunjukkan sampel berupa *bitter lupin* yang diberi perlakuan perendaman selama 24, 48, 72, dan 96 jam menunjukkan bahwa IVPD akan meningkat seiring bertambahnya durasi perendaman yang kemudian mengalami penurunan IVPD pada durasi perendaman 72 jam dan 96 jam sedangkan pada sampel *sweet lupin* yang diberi perlakuan perendaman selama 12 dan 24 jam menunjukkan adanya peningkatan IVPD, dimana IVPD pada *sweet lupin* yang direndam selama 24 jam akan lebih besar peningkatannya dibandingkan pada 12 jam. Pada penelitian yang dilakukan oleh Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), dimana pada penelitian ini kedua sampel yaitu *green faba bean* dan *white faba bean* dilakukan perendaman dengan durasi yang berbeda yaitu 12, 24, 36, dan 48 jam, dimana menunjukkan semakin lama durasi perendaman yang dilakukan maka semakin meningkat pula persentase IVPD pada kedua sampel.

Penelitian yang dilakukan oleh Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013) menunjukkan efek perendaman selama 12 jam pada sampel menggunakan air destilasi dan natrium bikarbonat. Peningkatan prosentase IVPD pada sampel yang dilakukan perendaman selama 12 jam di natrium bikarbonat lebih besar dibandingkan peningkatan IVPD pada sampel yang direndam pada air destilasi. Menurut jurnal data dari Martín-Cabrejas, M. A. (2009), menunjukkan bahwa perendaman pada kelima sampel (*Chickpea* var Castellano, *Chickpea* var Sinaloa, *Lentil*, *White bean*, dan *Pink-mottled cream bean*) mengalami peningkatan pada persentase IVPD dibandingkan pada sampel yang tidak diberi perlakuan. Pada jurnal data Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007), menunjukkan efek perendaman pada air destilasi dan natrium bikarbonat selama 12 jam terhadap peningkatan IVPD pada ketiga sampel (*Kidney bean* varietas Roba, Awash, dan Beshbesh), dimana dapat dilihat perendaman pada sampel varietas Roba dan Beshbesh menunjukkan prosentase peningkatan IVPD yang lebih besar pada perendaman natrium bikarbonat dibandingkan air destilasi namun pada varietas Awash menunjukkan bahwa perendaman menggunakan media berupa air destilasi maupun natrium bikarbonat menghasilkan prosentase peningkatan IVPD yang sama dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan (kontrol).

Dari keenam jurnal ini, perendaman dengan kondisi yang berbeda akan menunjukkan peningkatan prosentase *in vitro protein digestibility* yang berbeda pula. Pada perendaman baik yang menggunakan air destilasi maupun natrium bikarbonat, keduanya dapat menurunkan antinutrisi. Menurut Onwuka (2006), perendaman dapat menurunkan tripsin inhibitor, hemagglutinin, dan tanin. Proses perendaman juga dapat menurunkan kandungan asam pitat. Perendaman yang menggunakan natrium bikarbonat sebagai media perendaman lebih efektif menurunkan kandungan tripsin inhibitor dibandingkan pada hanya menggunakan air (Ibrahim *et al*, 2002). Proses perendaman menyebabkan senyawa antinutrisi terlepas menuju ke media perendaman. Perendaman dapat menurunkan kandungan tripsin inhibitor karena melepaskan

padatan yang tidak sesuai dengan perbedaan konsentrasi yang mengatur laju difusi dan tripsin inhibitor merupakan protein dengan berat molekul yang rendah sehingga dengan mudah lepas dari biji menuju media perendaman (Grewal & Jood, 2006). Waktu perendaman yang lebih lama akan menurunkan kandungan antinutrisi yang lebih besar karena kehilangan kandungan asam pitat yang lebih besar. Perendaman dapat melepaskan ion pitat ke media perendaman karena adanya perbedaan konsentrasi yang dapat mengatur laju difusi (ElMaki *et al*, 2007).

Pemasakan merupakan pemrosesan yang dapat meluruhkan kandungan antinutrisi ke media yang digunakan untuk pemasakan. Pemasakan ini secara efektif menurunkan antinutrisi yang tidak stabil panas. Dengan pemanasan dapat menghilangkan atau menginaktivasi senyawa antinutrient yang tidak tahan panas (Patterson, C. A., *et al*, (2017). Pada penelitian Vijayakumari, K. *et al*. (2007), menunjukkan adanya efek pemasakan selama 60 menit terhadap peningkatan *protein digestibility* sebesar 13%. Penelitian yang dilakukan oleh Embaby, H. E.-S. (2010), terjadi peningkatan prosentase IVPD pada kedua sampel (*bitter lupin* dan *sweet lupin*) yang dilakukan pemasakan sebesar 2.8% dan 6.2% apabila dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan. Jurnal Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), pada kedua sampel (*green* dan *white faba bean*) dengan dilakukan pemasakan menunjukkan terjadinya peningkatan prosentase IVPD sebesar 2% dan 7.3% dibandingkan pada sampel yang tidak diberi perlakuan. Menurut jurnal data dari Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013), pemasakan pada sampel dapat meningkatkan IVPD sebesar 10% dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007), dimana pada penelitian ini menunjukkan pemasakan akan memberikan efek pada peningkatan IVPD dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan.

Kelima jurnal data diatas, peningkatan IVPD pada sampel yang diberi perlakuan pemanasan menunjukkan adanya peningkatan IVPD dibandingkan pada sampel tanpa



perlakuan (kontrol). Hal tersebut karena pemasakan secara signifikan menurunkan kandungan tanin, asam pitat, dan tripsin inhibitor. Penurunan aktivitas tripsin inhibitor disebabkan karena pemecahan dari struktur inhibitor yang disebabkan oleh inaktivasi melalui pemanasan (Ibrahim *et al*, 2002). *Protein digestibility* yang lebih tinggi setelah perlakuan panas disebabkan karena peningkatan aksesibilitas protein terhadap serangan enzimatik atau inaktivasi antinutrisi protein. Menghilangkan sebagian tannin dan asam pitat menciptakan ruang besar dalam matriks yang meningkatkan kerentanan terhadap serangan enzimatik sehingga menyebabkan peningkatan *protein digestibility* setelah proses pemasakan (Rehman & Shah, 2005). Pemasakan menyebabkan beberapa sel pada bean terpisah namun tidak pecah sehingga kandungan antinutrisi dapat terlepas ke media pemasakan menyebabkan kandungan antinutrisi mengalami penurunan. Peningkatan IVPD disebabkan karena penurunan kandungan tannin yang disebabkan oleh pemrosesan panas (-ur-Rehman, Z., & Salariya, 2005). Pemrosesan panas dapat meningkatkan *protein digestibility* pada legumes dengan menghancurkan protease inhibitor yang bersifat tidak stabil pada panas dan mendenaturasi globulin, dimana globulin merupakan protease yang sangat resisten apabila dalam bentuk asli. Kandungan asam pitat dan polifenol akan menurun karena terjadi kerusakan selama perlakuan panas. Penurunan tripsin inhibitor pada perlakuan panas dikarenakan tripsin inhibitor memiliki sifat alami yaitu tidak stabil pada panas (Grewal & Jood, 2006).

*Autoclave* merupakan teknik pemasakan basah dimana memasak dibawah tekanan tinggi. Pada jurnal Vijayakumari, K. *et al.* (2007), menunjukkan adanya efek *autoclave* selama 30 menit terhadap peningkatan % *protein digestibility* dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan. Menurut jurnal data dari Embaby, H. E.-S. (2010), perlakuan *autoclave* pada kedua sampel (*bitter* dan *sweet lupin*) dapat meningkatkan IVPD sebesar 5.5% dan 5.6% dibandingkan pada sampel yang tidak diberi perlakuan. Penelitian yang dilakukan oleh Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), pada sampel *green* dan *white faba bean* keduanya sama sama diberi perlakuan *autoclave* meningkatkan

*protein digestibility* sebesar 5% dan 7.2% dibandingkan pada sampel tanpa perlakuan. Pada jurnal data Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013), menunjukkan bahwa *autoclave* dapat meningkatkan %IVPD pada sampel sebesar 8%. Dan juga pada jurnal data Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007) menunjukkan dengan dilakukannya *autoclave* pada sampel dapat meningkatkan prosentase IVPD sebesar 7%. Pemrosesan *autoclave* dapat mempersingkat durasi pemasakan. Keuntungan dari *autoclave* yaitu dapat mensterilkan makanan, mengubah sifat protein, dan mengontrol enzim dan reaksi kimia lainnya tanpa menyebabkan kerusakan fisik pada bahan mentah (Sharma, A., 2020). *Autoclave* tidak hanya memberikan panas basah untuk memodifikasi kimia dari senyawa antinutrisi namun menghilangkan secara stimulan (Sá, A. G., *et al.*, 2019).

Pada jurnal data El-Niely, H. F. G. (2007), menunjukkan pengaruh perlakuan radiasi dengan 3 dosis yang berbeda (5 kGy, 7.5 kGy, dan 10 kGy) terhadap peningkatan prosentase IVPD. Pada ketiga sampel menunjukkan peningkatan IVPD yang beraneka ragam pada sampel dan dosis yang berbeda. Dimana dapat dilihat bahwa dari ketiga sampel yang diberi perlakuan radiasi dengan dosis yang semakin meningkat maka akan menyebabkan semakin meningkat pula prosentase IVPDnya. Perlakuan radiasi dengan dosis 10kGy pada ketiga sampel menunjukkan adanya peningkatan IVPD paling tinggi hal tersebut karena radiasi dapat menghilangkan senyawa antinutrisi sehingga pencernaan dan pemanfaatan protein dapat meningkat. Dosis radiasi 10 kGy terjadi peningkatan kualitas protein yang maksimal. Hal tersebut sesuai Sá, A. G., *et al.*, (2019), dimana iradiasi makanan memiliki dampak positif terhadap kualitas protein. Radiasi dengan dosis hingga 10kGy efektif untuk menonaktifkan atau menurunkan inhibitor protease, lektin, asam pitat, dan oligosakarida tanpa mempengaruhi nilai gizi (Sharma, 2020). Menurut Siddhuraju *et al* (2002), radiasi dapat menurunkan kandungan pitat secara signifikan, dimana penurunan pitat karena adanya degradasi kimia dari pitat menjadi fosfat inositol dan inositol yang lebih rendah oleh aksi radikal bebas yang dihasilkan selama proses radiasi atau dapat pula cincin pitat itu sendiri akan

mengalami pemecahan. Penurunan pitat yang tidak efektif memungkinkan terjadi akibat dosis yang rendah. Hal tersebut juga sesuai dengan data pada El-Niely dimana kandungan pitat akan semakin menurun seiring bertambahnya dosis radiasi. Dimana kandungan pitat yang menurun akan berpengaruh terhadap *protein digestibility* karena keberadaan pitat akan mengganggu *protein digestibility* dengan bersaing untuk kofaktor mineral yang dibutuhkan oleh peptidase untuk aktif dan berinteraksi langsung dengan protein (Joye, 2019). Selain itu pada data El-Niely juga menunjukkan bahwa kandungan tannin pada kelima sampel akan mengalami penurunan apabila dilakukan pemrosesan dengan radiasi. Dimana semakin tinggi dosis radiasi akan menyebabkan penurunan tannin yang lebih banyak. Hal tersebut juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh de Toledo *et al* (2007) dimana menunjukkan radiasi mendukung penurunan kandungan tannin dan penurunan kandungan tannin ini menguntungkan karena senyawa antinutrisi ini dapat menyebabkan penurunan pada *protein digestibility*. Pada penelitian de Toledo *et al* (2007) selain tannin, perlakuan radiasi ini dapat menunjukkan penurunan beberapa senyawa antinutrisi seperti senyawa fenolik dan tripsin inhibitor.

*Dehulling* merupakan proses menghilangkan kulit luar. Tujuan dilakukannya *dehulling* yaitu untuk menurunkan faktor antinutrisi seperti tannin sehingga dapat meningkatkan kualitas dan pencernaan proteinnya. Pada pemrosesan ini secara signifikan dapat menurunkan kandungan total fenolik dan tannin (Patterson, C. A., *et al.*, 2017). Pada kedua sampel (*bitter* dan *sweet lupin*) yang diberikan perlakuan *dehulling* pada jurnal Embaby, H. E.-S. (2010), menunjukkan adanya peningkatan IVPD pada sampel sebesar 2.9% dan 0.3%. Penelitian yang dilakukan oleh Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013) pada kedua sampel *green* dan *white faba bean* menunjukkan terjadinya peningkatan IVPD sebesar 3.8% dan 0.8% dibandingkan sampel tanpa perlakuan.

Dari kedua jurnal ini menunjukkan adanya peningkatan IVPD pada sampel yang diberi perlakuan *dehulling* terhadap sampel yang tanpa diberi perlakuan. *Dehulling* dapat

menurunkan kandungan tannin dan asam pitat. Setelah *dehulling*, terdapat asam pitat dan tannin dalam jumlah kecil yang terdeteksi di kotiledon yang mengindikasikan bahwa tannin berada di bagian kulit pada biji (Pal *et al*, 2015). *Dehulling* secara signifikan menghilangkan tripsin inhibitor activity sehingga kandungan mengalami penurunan (Wang *et al*, 2008). Peningkatan *protein digestibility* pada sampel yang diberi perlakuan *dehulling* kemungkinan disebabkan karena kehilangan pitat, polifenol, dan tripsin inhibitor. Pada pemrosesan *dehulling*, kehilangan asam pitat karena memisahkan sekam atau kulit atau dedak, dimana sekam tersebut mengandung konsentrasi asam pitat yang lebih tinggi dibandingkan yang utuh, pemisahan sekam tersebut menjadi efektif untuk menurunkan kandungan asam pitat. Sama halnya pada kandungan polifenol mengalami penurunan karena konsentrasi utama polifenol terdapat pada sekam (Grewal & Jood, 2006).

*Microwave* merupakan pemrosesan yang menggunakan radiasi non-pengion dan menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi sekira 300 MHz hingga 300 GHz yang menyebabkan panas seketika pada produk yang diakibatkan oleh Gerakan molekul (migrasi ion dan rotasi ion). Energi radiasi ini menyebabkan ikatan hydrogen terhanggu dan ion yang terlarut akan migrasi, meningkatkan sifat fungsional, dan meningkatkan IVPD. Pemanasan dengan *microwave* ini efektif dalam menginaktivasi protease inhibitor (Sá, A. G., *et al.*, 2019). Pemanasan *microwave* dapat menghilangkan faktor antinutrisi dan meningkatkan profil nutrisi (Patterson, C. A., *et al.*, 2017). Pada jurnal data Embaby, H. E.-S. (2010) menunjukkan adanya efek perlakuan *microwave* terhadap peningkatan IVPD pada kedua sampel (*bitter* dan *sweet lupin*) sebesar 2.5% dan 1.5% dibandingkan sampel tanpa perlakuan. Sama halnya dengan jurnal data dari Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), menunjukkan bahwa pada kedua sampel (*green* dan *white faba bean*) menunjukkan adanya peningkatan IVPD sebesar 4.3% dan 1.7% dibandingkan sampel tanpa diberi perlakuan.

Peningkatan IVPD pada sampel dapat terjadi karena denaturasi protein, perusakan tripsin inhibitor, atau penurunan tannin dan asam pitat. Penurunan asam pitat pada pemrosesan *microwave* karena sifat asam pitat dan tripsin inhibitor yang tidak stabil pada panas. Perlakuan *microwave* secara signifikan menurunkan tannin dan saponin namun kurang efektif pada pitat apabila dibandingkan dengan HHP (*hydrostatic pressure*) (Deng *et al*, 2015). Pada perlakuan *microwave* dapat menurunkan asam pitat dan tripsin inhibitor karena sifatnya yang tidak stabil pada panas. Perlakuan *microwave* juga secara efektif menurunkan kandungan oxalate dan saponin (Kaur *et al*, 2012). Perlakuan panas secara signifikan meningkatkan kualitas protein dengan merusak atau menginaktivasi antinutrisi yang tidak tahan panas. Perlakuan *microwave* secara signifikan menurunkan asam pitat dan tannin. *Microwave* menjadi proses yang dapat menurunkan senyawa antinutrisi sehingga dapat meningkatkan *digestibility* dan penggunaan protein dalam tubuh (Pande & Singh, 2012).

Proses perkecambahan merupakan proses yang dimulai dengan penyerapan air yang dilakukan biji yang menyebabkan kulit biji menjadi lunak, kemudian terjadi metabolisme dan inisiasi perkecambahan (Sharma, A., 2020). Pada penelitian Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013), menunjukkan bahwa efek durasi perkecambahan terhadap IVPD dimana pada durasi perkecambahan yang semakin lama akan semakin meningkatkan IVPD namun pada perkecambahan setelah 48 jam akan mengalami penurunan %IVPD. Menurut jurnal Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007), menunjukkan adanya efek pada perkecambahan dengan durasi yang berbeda terhadap peningkatan IVPD, dimana pada penelitian ini juga mengalami peningkatan IVPD seiring bertambahnya durasi perkecambahan kemudian dengan semakin bertambahnya durasi perkecambahan maka dapat terjadi penurunan IVPD. Pada penelitian yang dilakukan Najdi Hejazi, S., *et al*. (2016), pengaruh perkecambahan dengan durasi dan suhu yang berbeda terhadap %IVPD dimana pada semakin

bertambahnya suhu dan durasi pada perkecambahan sampel maka semakin meningkat %IVPDnya.

Penurunan asam pitat pada perlakuan perkecambahan karena aktivitas pitase yang dapat menghidrolisasi pitat menjadi fosfat dan myoinositol fosfat (Sokrab *et al*, 2012). Perkecambahan juga dapat menurunkan kandungan tannin dan tripsin inhibitor (Ibrahim *et al*, 2002). Perkecambahan dapat mengaktifkan enzim pitase dan fosfatase lainnya, dimana aktivasi ini dapat mendegradasi pitat dan menghasilkan nutrisi penting seperti fosfat, inositol, dan mikronutrien. Penurunan kandungan tannin secara signifikan selama perkecambahan memungkinkan protein yang berikatan dengan tannin dibebaskan dalam matriks biji yang berkecambah sehingga menjadi lebih larut dan mudah diakses (Ohanenye *et al*, 2020). Beberapa antinutrisi seperti hemagglutinin, inhibitor amilase, dan inhibitor tripsin mengalami penurunan. Selama perkecambahan terjadi aktivitas polifenol oksidase yang tinggi, dimana kondisi ini menyebabkan kandungan tannin tereduksi (Sharma, A., 2020). Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam menurunkan kandungan antinutrisi adalah tipe *pulse*, kondisi saat dilakukan perkecambahan (dibawah cahaya atau gelap, serta jumlah air yang digunakan), dan durasi perkecambahan (Patterson, C. A., *et al.*, 2017). Selama proses perkecambahan, enzim hidrolitik yang dihasilkan akan menyebabkan perubahan biokimia, modifikasi struktural, meningkatkan nilai gizi, dan mengurangi senyawa antinutrisi. Kandungan polifenol dan asam pitat setelah perkecambahan menyebabkan pencernaan protein dapat meningkat (Sá, A. G., *et al.*, 2019).

Proses ekstruksi yaitu pemasakan yang menggunakan suhu tinggi sehingga waktu pemasakan yang pendek dapat meningkatkan kualitas produk. Pemanasan intens dan adanya tekanan selama proses ekstruksi akan menghasilkan produk pangan terdenaturasi dan mengalami pengembangan. Ekstruksi ini menghancurkan antinutrisi, meningkatkan serat larut, gelatinasi pati, dan menurunkan oksidasi lipid (Sharma, A., 2020). Pada jurnal Omosebi, M. O., *et al.*, (2018), menunjukkan adanya perlakuan

ekstruksi dengan suhu, kandungan moisture, dan kecepatan screw yang berbeda terhadap prosentase IVPD pada sampel, dimana pada penelitian ini menunjukkan bahwa suhu 180°C, kandungan *moisture* 20%, dan kecepatan *screw* memiliki %IVPD paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya dan suhu 180°C, kandungan *moisture* 18%, dan kecepatan *screw* 200 rpm menunjukkan %IVPD paling rendah. Pada penelitian Rathod, R. P., & Annapure, U. S. (2016), menunjukkan bahwa adanya efek ekstruksi dengan suhu dan kelembapan *moisture* pada bahan yang berbeda terhadap peningkatan IVPD, dimana semakin tinggi suhu dan semakin tinggi kelembapan *moisture* bahan maka akan menghasilkan prosentase IVPD semakin besar.

Proses Ekstruksi menyebabkan terjadinya penghancuran sebagian atau keseluruhan senyawa yang tidak tahan panas sehingga efektif untuk meningkatkan IVPD yang berdampak pada kualitas protein. Selama proses ekstruksi terjadi tekanan geser mekanis yang dapat menghasilkan perubahan kualitas fisik, kimia, dan nutrisi produk makanan serta dapat meningkatkan pencernaan proteinnya (Sá, A. G., *et al.*, 2019). Perlakuan baik perendaman dan ekstruksi sama sama meningkatkan IVPD, meningkatkan keberadaan *phosphorus*, menurunkan tannin dan polifenol, menghilangkan tripsin dan alpha amilase inhibitor. Ekstruksi dapat lebih efektif menurunkan tannin dibandingkan pemrosesan lainnya (Abd El-Hady, E. A., & Habiba, R. A., 2003). Kandungan *moisture* dan komposisi bahan pangan, suhu *barrel* dan laju pemberian bahan pangan merupakan faktor yang mempengaruhi proses ekstruksi dalam menurunkan senyawa antinutrisi. Keefektifan ekstruksi dalam menurunkan kandungan antinutrisi yang optimal dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti kecepatan *screw*, suhu barel, kandungan *moisture* bahan baku, dan tekanan ekstruksi. Ekstruksi dengan kecepatan *screw* maksimal (180 rpm) secara signifikan menurunkan tannin, pitat, dan tripsin inhibitor. Suhu ekstruksi yang tinggi akan lebih efektif dalam menurunkan lektin dan tripsin inhibitor pada produk akhir dibandingkan ekstruksi pada suhu rendah. Kandungan *moisture* pada bahan pangan yang lebih tinggi mendukung penurunan pitat, tannin, dan polifenol dibandingkan pada yang kandungan *moisture*

lebih rendah. Penurunan pitat selama ekstruksi karena degradasi antinutrisi akibat panas yang menghasilkan hidrolisis inositol heksafosfat menuju bentuk dengan berat molekul lebih rendah. Penurunan yang menonjol selama ekstruksi karena adanya degradasi molekul dan pembentukan kompleks insoluble akibat panas di suhu tinggi pemasakan. Tekanan yang terjadi selama proses ekstruksi menjadi parameter penting karena tekanan dapat mempengaruhi sifat reologi, nutrisi, dan anti-nutrisi dari produk yang diekstruksi. Meningkatkan tekanan *die* dapat dicapai dengan menurunkan kandungan *moisture* bahan baku dan suhu barel untuk membuat eksudat dengan viskositas yang lebih baik (Nikmaram *et al*, 2017). Perlakuan panas berhubungan dengan ekstruksi merupakan efektif untuk meningkatkan *protein digestibility*. Peningkatan *protein digestibility* kebanyakan karena penurunan beberapa antinutrisi. Antinutrisi seperti asam pitat, tannin, dan polifenol berkontribusi menurunkan *protein digestibility* dengan mengikat protein dan menurunkan kelarutan dan kerentanan terhadap *proteolysis*, dimana antinutrisi ini dapat diturunkan dengan perlakuan panas (Pasqualone *et al*, 2020). Inaktivasi protease inhibitor dan antifiologis secara termal seperti polifenol berkontribusi meningkatkan *protein digestibility* (Onyango *et al*, 2005).

Menurut Patterson, C. A., *et al.*, (2017), dilakukan kombinasi pemrosesan termal dan non termal secara signifikan dapat menurunkan atau menghilangkan antinutrisi spesifik. Dimana perlakuan panas lebih efektif dalam menurunkan aktivitas enzim inhibitor dan lektin sedangkan perkecambahan dan fermentasi secara efektif menurunkan kandungan pitat, serta *dehulling* menurunkan kandungan fenolik dan tannin. Pada penelitian yang dilakukan oleh Embaby, H. E.-S. (2010), terdapat sampel yang diberi beberapa perlakuan dan adapula sampel yang diberi satu perlakuan saja. Pada sampel yang dilakukan pemrosesan pemasakan biasa atau *microwave* atau *autoclave* yang dikombinasikan dengan perendaman akan menghasilkan %IVPD yang lebih besar dibandingkan pada perlakuan yang hanya pemasakan biasa ataupun *microwave* ataupun *autoclave* saja tanpa adanya perendaman. Namun perlakuan



pemasakan bisa, *microwave*, dan *autoclave* yang dikombinasikan dengan perendaman akan menghasilkan %IVPD yang lebih kecil dibandingkan sampel yang diberi perlakuan pemasakan bisa, *microwave*, dan *autoclave* yang dikombinasikan dengan perendaman dan *dehulling*. Pada penelitian Luo, Y. W. & Xie, W. H (2013), menunjukkan bahwa pada sampel yang hanya diberi perlakuan *microwave* atau pemasakan atau *autoclave* saja akan menghasilkan %IVPD yang lebih rendah dibandingkan pada sampel diberi perlakuan *microwave* atau pemasakan atau *autoclave* yang dikombinasikan dengan perendaman. Tetapi pada sampel yang diberi perlakuan *microwave* atau pemasakan atau *autoclave* dengan dikombinasikan perendaman dan *dehulling* maka akan mendapatkan %IVPD yang lebih besar apabila dibandingkan dengan *microwave* atau pemasakan atau *autoclave* yang dikombinasi dengan perendaman.

Sama halnya pada penelitian Kalpanadevi, V. & Mohan, V. R. (2013) dan Shimelis, E. A. & Rakshit, S. K. (2007), pada kedua penelitian ini menunjukkan bahwa %IVPD pada sampel yang diberi perlakuan perendaman di berbagai media perendaman selama 12 jam atau perkecambahan di berbagai durasi perkecambahan berbeda yang dikombinasikan dengan *autoclave* akan lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan perendaman di berbagai media perendaman selama 12 jam atau perkecambahan di berbagai durasi perkecambahan berbeda saja. Begitu halnya dengan sampel yang hanya diberi perlakuan *autoclave* saja akan menghasilkan %IVPD lebih rendah dibandingkan perlakuan *autoclave* yang dikombinasi dengan perlakuan perendaman di berbagai media perendaman selama 12 jam atau perkecambahan di berbagai durasi perkecambahan berbeda. Pada sampel yang hanya dilakukan pemasakan saja akan menghasilkan %IVPD lebih kecil dibandingkan sampel dengan perlakuan pemasakan yang dikombinasi dengan perendaman diberbagai media perendaman selama 12 jam. Sama halnya dengan %IVPD akan lebih besar apabila sampel diberi perlakuan perendaman pada media yang berbeda kemudian dikombinasi

dengan pemasakan dibandingkan hanya diberi perlakuan perendaman di media berbeda selama 12 jam. Dari jurnal Martín-Cabrejas, M. A. (2009), dapat dilihat apabila %IVPD terbesar pada sampel yang diberi perlakuan perendaman, pemasakan, dan *dehydrates* yang kemudian disusul pada sampel yang diberi perlakuan perendaman dan pemasakan serta %IVPD paling rendah pada sampel yang hanya diberi perlakuan perendaman saja. Pada penelitian Nergiz, C., & Gökgöz, E. (2007), menunjukkan %IVPD pada sampel yang diberi perlakuan perendaman yang diikuti pemasakan akan lebih besar apabila dibandingkan pada sampel yang hanya diberi perlakuan pressure cooking.

Dari tabel kedua ini yang membahas mengenai pemrosesan terhadap *protein digestibility* dengan melihat *in vitro protein digestibility* pada produk pangan nabati, baik legumes maupun sereal menunjukkan dengan dilakukan pemrosesan terdapat kenaikan prosentase *in vitro protein digestibility*. Peningkatan *in vitro protein digestibility* ini disebabkan karena adanya senyawa antinutrisi yang terdapat pada pangan nabati yang menyebabkan terhambatnya *protein digestibility*. Dapat dilihat pula, pada produk pangan tertentu memiliki keefektifan berbeda – beda pada jenis pemrosesan untuk menurunkan kandungan antinutrisinya. Karena sifat dari setiap antinutrisi berbeda sehingga pemrosesan yang diperlukan untuk optimal dalam menurunkan senyawa tersebut juga berbeda. Selain itu, dilihat dari jurnal data yang membandingkan antara perlakuan pemrosesan tunggal dibandingkan dengan pemrosesan kombinasi akan lebih efektif menurunkan kandungan antinutrisi dengan pemrosesan kombinasi. Dimana dapat dilihat bahwa semakin banyak dilakukan pemrosesan pada suatu sampel akan menurunkan kandungan antinutrisi yang semakin banyak sehingga menyebabkan semakin tinggi pula kenaikan nilai *in vitro protein digestibility*. Pemrosesan dapat menyebabkan penurunan kandungan protein karena adanya denaturasi yang disebabkan oleh pemrosesan panas. Oleh karena itu untuk

mendapatkan perlu dilakukan penelitian yang lebih spesifik untuk menentukan pemrosesan yang optimal supaya tidak terjadi denaturasi protein.



### 5.3. Hubungan antara kualitas protein dengan *stunting*

*Stunting* diidentifikasi dengan mengukur panjang atau tinggi badan anak yang kemudian hasil pengukuran akan dibandingkan dengan nilai standar. Anak akan dikatakan mengalami *stunting* apabila memiliki panjang atau tinggi badan dibawah -2 SD dari standar pertumbuhan anak WHO berdasarkan kesamaan usia dan jenis kelamin. Namun apabila anak memiliki panjang atau tinggi badan dibawah -3 SD dari standar pertumbuhan anak WHO berdasarkan kesamaan usia dan jenis kelamin maka anak tersebut dapat dikatakan mengalami *stunting* dalam kondisi yang parah. *Stunting* dapat dimulai saat berada dikandung dan berlanjut setidaknya selama 2 tahun pertama kehidupan paska kelahiran. Kelainan gizi *stunting* ini dapat terjadi berulang atau dapat membentuk siklus, dimana perempuan yang ketika masa anak – anak mengalami *stunting* beresiko besar akan melahirkan anak yang *stunting* sehingga *stunting* berkontribusi pada siklus kemiskinan antar generasi. *Stunting* merupakan suatu sindrom kegagalan pertumbuhan linear yang menjadi pertanda kelainan penyakit yang berhubungan dengan peningkatan mortalitas dan morbiditas, kehilangan potensi pertumbuhan fisik, penurunan fungsi perkembangan syaraf dan kognitif, serta peningkatan resiko penyakit kronis di masa dewasa (de Onis & Branca, 2016). Konsekuensi penderita *stunting* dapat terjadi pada jangka pendek (penundaan perkembangan kognitif, jangka menengah (prestasi di sekolah yang rendah) bahkan ada juga yang terjadi di jangka panjang (penghasilan rendah dan kemungkinan terserang penyakit kronis yang lebih tinggi ketika dewasa) (Leroy & Frongillo, 2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan untuk mengatasi *stunting*. Salah satu cara untuk mengatasi *stunting* yaitu dengan memperhatikan nutrisi yang dikonsumsi oleh pada anak. Nutrisi menjadi kunci untuk anak bertahan hidup, pertumbuhan, dan perkembangan anak. Anak yang ternutrisi dengan baik akan lebih sehat dan pintar dibandingkan yang kurang ternutrisi, anak yang ternutrisi baik akan berpotensi tumbuh dan berkembang secara penuh dan menunjukkan prestasi yang lebih baik ketika di

sekolah. Sebanyak 38% anak di Asia Selatan mengalami *stunting* karena kekurangan nutrisi (Aguayo & Menon, 2016).

Pada populasi yang hanya mengandalkan makanan berbasis sereal saja akan mengalami kekurangan nutrisi dan menyebabkan *stunting* semakin banyak. Beberapa pilihan untuk meningkatkan makanan pada wanita yang sedang hamil dan menyusui serta pada bayi, termasuk mengonsumsi makanan yang beragam, peningkatan asupan kaya nutrisi, peningkatan pemberian MPASI, serta suplementasi dan fortifikasi mikronutrien pada makanan maupun produk makanan (Dewey, 2016). Dari tabel satu yang sudah dibahas pada *review* ini yang menunjukkan bahwa dengan penambahan legumes ke makanan berbasis sereal akan memperbaiki kualitas nutrisinya, terutama dalam hal keberadaan asam aminonya. Komposisi asam amino yang lebih baik ini akan berpengaruh terhadap kualitas protein, dimana kualitas protein ini menjadi hal penting yang perlu diperhatikan.

Pada tabel ketiga ini membahas mengenai hubungan antara kualitas protein dengan *stunting*. Pada pembahasan yang mengenai hubungan antara kualitas protein dengan *stunting* ini ada 3 jurnal data dengan desain penelitian yang berbeda, dimana 1 jurnal menggunakan *restrospective study* dan 2 jurnal lainnya menggunakan *cross sectional study*.

Pada jurnal data dari Rizky & Sutjiati (2021), dimana menggunakan desain penelitian *retrospective study* dengan melakukan pengisian kuesioner (SQ-FFQ) untuk melihat asupan asam amino harian. Pada penelitian ini melihat asupan kesembilan asam amino esensial pada anak yang *stunting* dan tidak *stunting*. Dari kesembilan asam amino esensial ini, jumlah asupan pada anak yang mengalami *stunting* lebih rendah dibandingkan pada anak yang tidak mengalami *stunting*. Dimana asam amino histidine, isoleusin, dan metionin secara signifikan ( $p < 0,05$ ) lebih rendah pada anak *stunting* dibandingkan yang anak yang tidak *stunting*. Penelitian ini juga melihat hubungan

asupan asam amino dan *stunting* pada balita, dimana menunjukkan bahwa metionin secara signifikan menjadi asam amino menjadi faktor resiko *stunting*.

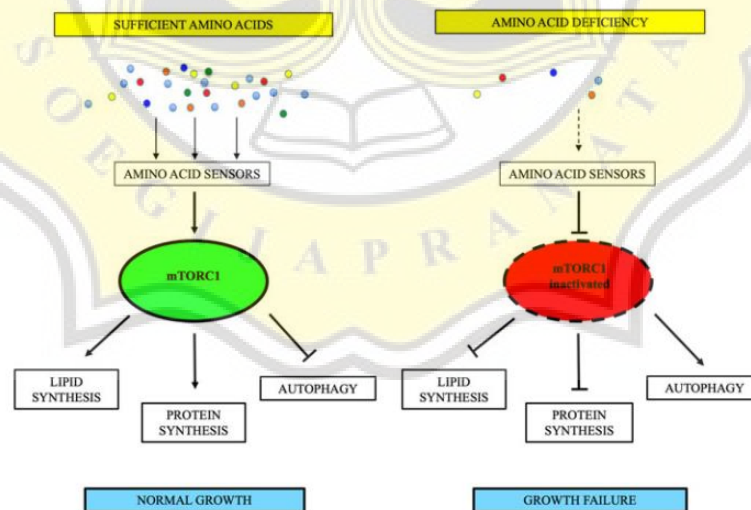
Pada jurnal Semba *et al* (2016), dimana menggunakan *cross sectional study* sebagai desain penelitian dengan mengambil sampel darah untuk mengukur *serum metabolites* dengan melihat kandungan asam amino dalam darah. Dapat dilihat bahwa pada serum asam amino esensial yang terdapat pada anak yang *stunting* secara signifikan akan lebih rendah apabila dibandingkan dengan anak yang tanpa *stunting*. Selain itu, ditunjukkan pula 8 dari 9 asam amino esensial (triptofan, isoleusin, leusin, valin, metionin, treonin, histidine, dan lisin) secara signifikan ( $p < 0,05$ ) memiliki korelasi positif dengan nilai panjang badan atau tinggi badan terhadap umur (HAZ).

Pada jurnal Tessema *et al* (2018) menggunakan desain penelitian *cross sectional study* dengan melakukan *24h dietary recall* data untuk melihat asupan asam amino harian dan mengambil serum metabolites dengan pengambilan darah. Penelitian ini menunjukkan bahwa asupan triptofan pada anak *stunting* secara signifikan ( $p < 0,001$ ) lebih rendah dibandingkan pada yang non *stunting*. Pada penilaian protein *biomarker* melalui pengambilan darah untuk melihat kandungan asam aminonya menunjukkan bahwa serum triptofan dan serum IGF-1 pada anak yang *stunting* lebih rendah dibandingkan pada non *stunting*. Melihat hubungan antara asupan triptofan ( $p < 0,0001$ ), serum triptofan dalam darah ( $p = 0,001$ ), dan serum IGF-1 ( $p = 0,004$ ) secara signifikan memiliki korelasi positif dengan nilai HAZ.

Dari jurnal Rizky & Sutjiati (2021) dan Tessema *et al* (2018), menunjukkan bahwa pada anak yang *stunting* jumlah beberapa asupan asam amino esensial secara signifikan lebih rendah apabila dibandingkan dengan anak yang tidak mengalami *stunting*. Selain itu, pada Tessema *et al* (2018) yang melihat serum metabolites melalui pengambilan darah menunjukkan serum triptofan pada anak yang *stunting* lebih rendah apabila dibandingkan dengan anak yang tidak *stunting*. Hal tersebut karena asam amino digunakan untuk sintesis protein sangat berperan untuk mTORC1, dimana mTORC1

ini menjadi pengontrol utama pertumbuhan sel dan organisme. Selain itu pula, mTORC1 berperan utama selama periode pertumbuhan cepat pada anak (Semba *et al*, 2016).

mTOR merupakan pengatur pertumbuhan utama yang berfungsi sebagai integrator sinyal yang menggabungkan masukan regulasi dari nutrisi, faktor pertumbuhan, tingkat energi, dan sinyal stress. mTOR ini membentuk dua kompleks multiprotein yaitu mTORC1 dan mTORC2, yang terdiri dari *protein binding* untuk mengatur pertumbuhan, mortalitas, dan metabolisme sel. Kedua kompleks ini sensitif terhadap rangsangan yang berbeda, dimana pada mTORC1 sensitif terhadap nutrisi. Asam amino esensial memicu pembentukan mTORC1 yang mendukung pertumbuhan linear, tanpa asam amino esensial maka pertumbuhan tidak terjadi. mTORC1 mendukung proses anabolic seperti sintesis protein, lipid, dan nukleotida serta menghambat proses katabolis. Jalur mTORC1 sensitif terhadap keberadaan asam amino. Kekurangan asam amino menyebabkan mTORC1 inaktif (Parikh *et al*, 2021).



Gambar 8. mTORC1 dengan asam amino dan tanpa asam amino

Selain itu, pada Tessema *et al* (2018), didapatkan pula hasil serum IGF-1 pada anak yang *stunting* lebih rendah dibandingkan anak yang tidak *stunting* serta serum IGF-1 ini memiliki hubungan positif terhadap HAZ. Dimana yang dimaksudkan dari korelasi positif antara IGF-1 dengan HAZ yaitu dengan semakin rendah IGF-1 pada darah maka akan semakin rendah pula nilai HAZ. IGF-1 merupakan peptida efektor kunci untuk pertumbuhan linier masa kanak-kanak sebagai respons terhadap stimulasi oleh hormon pertumbuhan. Keberadaan asam amino juga berperan pada ekspresi gen IGF-1. Status nutrisi normal diperlukan untuk pertumbuhan linear fisiologis keberlangsungan anak – anak. Kekurangan nutrisi mengganggu fungsi mekanisme sejumlah mekanisme dalam sumbu GH-IGF-1 yang menyebabkan kadar IGF-1 rendah, insulin rendah, dan peningkatan kadar GH. Kombinasi IGF-1 rendah dan tinggi GH mengindikasikan adanya resisten pada GH (Savage, 2013). IGF-1 merupakan gen yang berperan penting dalam sintesis protein keseluruhan tubuh serta mendukung pertumbuhan dan komposisi tubuh (Ghosh, 2016). Menurut Gosh (2016), protein dengan kualitas yang tinggi secara signifikan memiliki dampak pada ekspresi gen, terutama IGF-1 yang berperan penting untuk mendukung pertumbuhan. Hal tersebut karena dengan protein kualitas tinggi menunjukkan asam amino yang baik, dimana asam amino ini dapat mengatur tingkat IGF-1 dan pertumbuhan serta mendorong insulin plasma dan konsentrasi IGF-1 sehingga menyebabkan pertumbuhan pada bayi (Fledderman *et al.*, 2015)

Pada Tessema *et al* (2018), juga menunjukkan bahwa asupan triptofan dan serum triptofan dalam darah memiliki hubungan yang positif dengan HAZ. Korelasi positif yang dimaksud menandakan bahwa kedua variabel baik asupan triptofan dan serum triptofan dalam darah serta HAZ memiliki arah yang sama. Maksud dari arah yang sama yaitu semakin rendah asupan triptofan maka akan semakin rendah pula nilai HAZ, begitu pula pada serum triptofan dalam darah yang semakin rendah maka nilai HAZ akan semakin rendah pula. Pada jurnal data Semba *et al* (2016), dimana menunjukkan serum asam amino esensial yang diambil melalui darah pada anak yang



*stunting* secara signifikan lebih rendah dibandingkan anak yang tidak *stunting* serta delapan dari sembilan asam amino esensial memiliki hubungan positif terhadap HAZ. Hubungan antara kedelapan asam amino esensial (triptofan, isoleusin, leusin, valin, metionin, treonin, histidine, dan lisin) menunjukkan korelasi positif dengan HAZ, dimana menandakan bahwa semakin rendah serum delapan asam amino (triptofan, isoleusin, leusin, valin, metionin, treonin, histidine, dan lisin) yang dimaksud itu maka akan semakin rendah pula nilai HAZ. Semakin rendah nilai HAZ menandakan semakin rendah tinggi atau panjang badan anak terhadap umur sehingga menunjukkan bahwa anak mengalami *stunting*. Asam amino esensial menjadi penting karena asam amino yang tidak dapat disintesis dalam tubuh sehingga untuk memenuhi kebutuhan asam amino tersebut berasal dari asupan harian. Selain itu, asam amino esensial memicu pembentukan mTORC1 yang mendukung pertumbuhan linear, tanpa asam amino esensial maka pertumbuhan tidak terjadi (Parikh *et al*, 2021). Maka dari itu, ketika asupan asam amino esensial yang rendah maka pertumbuhan tidak terjadi dengan semestinya dan membuat nilai HAZ semakin rendah serta semakin besar anak mengalami *stunting*. Dari ketiga jurnal diatas yang melihat kualitas protein terhadap *stunting* dari sisi asam amino, asam amino metionin dan triptofan menjadi asam amino. Namun lebih baik untuk tetap diperhatikan kecukupan keseluruhan asupan asam amino esensial karena ketika asupan asam amino tidak tercukupi membuat sirkulasi asam amino dalam tubuh tidak cukup untuk mendukung pertumbuhan.

Dari pembahasan diatas, dapat dilihat bahwa kualitas protein dilihat dari komposisi asam amino dan kecernaannya. Protein nabati memiliki komposisi asam amino yang rendah, namun untuk mengatasinya dapat dilakukan konsumsi protein nabati yang beranekaragam. Penambahan legumes pada makanan berbasis sereal dapat meningkatkan komposisi asam amino sehingga protein kualitas akan lebih meningkat apabila dibandingkan pada makanan berbasis sereal saja. Hal tersebut terjadi karena legumes mengandung lisin yang tinggi, dimana lisin ini menjadi *limiting amino acid*

pada sereal, sedangkan sereal mengandung asam amino yang mengandung sulfur dalam jumlah tinggi, dimana asam amino ini merupakan *limiting amino acid* pada legumes. Maka dari itu, dengan penambahan legumes ke makanan berbasis sereal akan meningkatkan komposisi asam aminonya dengan saling melengkapi komposisi asam amino. Selain itu, kualitas protein bukan hanya mengenai asam aminonya saja namun juga memperhatikan *protein digestibility*. Pada pangan nabati memiliki *protein digestibility* yang rendah karena adanya senyawa antinutrisi. Untuk mengatasi hal tersebut dengan melakukan pemrosesan pada pangan nabati. Pemrosesan dapat menurunkan senyawa antinutrisi yang dapat meningkatkan *protein digestibility*. Perlakuan pemrosesan yang dikombinasi akan lebih meningkatkan penurunan senyawa antinutrisi yang lebih banyak dibandingkan hanya dilakukan pemrosesan tunggal. Dengan penurunan senyawa antinutrisi yang lebih banyak pada pemrosesan kombinasi maka akan semakin meningkat pula nilai *in vitro protein digestibility*. Maka dari itu, untuk meningkatkan kualitas protein pada produk pangan nabati dengan mengkonsumsi pangan nabati yang beragam (seperti pada *review* ini menggunakan legumes yang ditambahkan pada makanan berbasis sereal) dan dilakukan pemrosesan. Kualitas protein sangat berkaitan dengan *stunting* pada anak. Hal tersebut terutama dilihat dari keberadaan asam amino yang berpengaruh terhadap mTORC1 dan IGF-1, dimana keduanya sangat penting untuk pertumbuhan pada anak. Dari hasil yang diperoleh pada jurnal data menunjukkan asupan beberapa asam amino pada anak yang mengalami *stunting* lebih rendah dibandingkan dengan anak yang tidak *stunting*. Dengan asupan yang lebih rendah akan mempengaruhi mTORC1 dan IGF-1 yang berperan untuk pertumbuhan. Pada jurnal data yang ketiga menunjukkan bahwa IGF-1 pada anak yang *stunting* lebih rendah dibandingkan pada anak *stunting*, dimana IGF-1 merupakan hal penting untuk pertumbuhan anak dan adanya korelasi positif antara IGF-1 dengan HAZ yang menunjukkan semakin rendah kandungan IGF-1 dalam darah maka akan semakin rendah nilai HAZ yang menunjukkan anak akan mengalami *stunting* apabila kandungan IGF-1 dalam darah rendah. Dari dua jurnal (jurnal dua dan tiga) diatas juga menunjukkan beberapa asam amino memiliki hubungan positif terhadap

HAZ (panjang atau tinggi badan terhadap usia), yang menunjukkan apabila konsumsi asam amino yang tinggi akan meningkatkan nilai HAZ, dimana tingginya nilai HAZ ini menunjukkan semakin rendah peluang anak mengalami stunting. Oleh karena itu, adanya asupan pangan dengan kualitas protein yang baik (terutama dilihat dari asam amino) akan menunjukkan semakin tinggi nilai HAZ yang menunjukkan anak mengalami stunting semakin rendah.

