

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang memiliki banyak kegunaan pada setiap bagiannya. Daun kelor telah terbukti memiliki manfaat sebagai bahan pangan tinggi gizi dan komponen fungsional sehingga dapat mencegah malnutrisi. Bagian lain dari tanaman kelor juga memiliki potensi untuk dijadikan pangan fungsional, namun pemanfaatannya sebagai bahan pangan belum banyak diketahui.

Budidaya kelor semakin ditingkatkan agar masyarakat dapat menanam, mengolah dan mengonsumsi kelor sebagai bahan pangan tinggi gizi secara mandiri. Salah satu contohnya yaitu Peraturan Bupati Sumbawa Barat Nomor 80 Tahun 2017 yang mengatur tentang program GEMARI KELOR, yaitu penanaman minimal 2 pohon kelor di pekarangan rumah. Tanaman kelor mudah untuk dibudidayakan karena tahan terhadap penyakit dan kekeringan (Foidl *et al.* 2001). Salah satu bagian dari tanaman kelor yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional adalah biji kelor. Biji kelor selama ini hanya dimanfaatkan sebagai penjernih air karena memiliki sifat sebagai emulsifier yang baik. Ketersediaan biji kelor yang melimpah, yaitu sekitar 15.000-25.000 biji yang dihasilkan oleh setiap pohon per tahunnya, dengan berat rata-rata biji 0,3 gram (Foidl *et al.* 2001).

Biji kelor memiliki keunggulan seperti kadar minyak sebagai komponen gizi tertinggi di dalamnya sebanyak 36,7% (basis kering). Minyak biji kelor mengandung asam lemak tidak jenuh oleat yang baik bagi kesehatan hingga 73% (basis total minyak). Biji kelor mengandung protein yang tinggi mencapai rata-rata 31,4% (basis kering) (Leone *et al.* 2016). Nilai protein dari biji kelor tidak jauh berbeda dari jumlah protein kedelai sebesar 36,49% (Rizzo dan Baroni 2018). Biji kelor memiliki kadar asam amino metionin dan sistein yang tinggi, mendekati kandungan yang ada dalam pangan hewani seperti susu dan telur. Biji kelor bebas dari tripsin inhibitor dan aktivitas urease, sehingga memiliki daya cerna protein tinggi (Leone *et al.* 2016). Biji kelor memiliki kapasitas total antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan kacang kedaung (*Parkia biglobosa*) dan asam buto (*Adansonia digitata*) yang tumbuh terutama di daerah tropis terutama bagian utara benua Afrika (Compaore *et al.* 2011).

Kelemahan biji kelor adalah rasa pahit yang dominan dan sedikit sepat (Ogunsina *et al.* 2015), sehingga membutuhkan pengolahan awal untuk mengurangi rasa pahit. Foidl *et al.* (2001) menyatakan bahwa di dalam biji kelor terdapat senyawa fitokimia seperti fenolik, flavonoid, saponin, fitat, glikosida sianogenat dan glukosinolat. Rasa pahit diduga disebabkan oleh kandungan fitokimia seperti alkaloid, saponin, flavonoid, dan tanin (Drewnowski dan Gomez-Carneros 2000). Glikosida sianogenat juga diduga merupakan penyebab rasa pahit pada singkong (Chiwona-Karlton *et al.* 2004).

Biji kelor dilaporkan memiliki kandungan glikosida sianogenat yang cukup rendah, namun senyawa glikosida sianogenat merupakan salah satu prioritas utama yang perlu dihilangkan agar keamanan pangan dapat dipastikan. Kandungan glikosida sianogenat pada biji kelor sebesar 5.0 mg HCN ekuivalen/kg tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan regulasi *European Community* (EC) yang

mengatur kadar glikosida sianogenat pada tepung utuh (*meal*) singkong dan kacang almond < 100 mg HCN ekuivalen/kg dan tepung utuh (*meal*) biji rami < 250 mg HCN ekuivalen/kg. Glikosida sianogenat akan berubah menjadi toksin asam sianida (HCN) ketika terjadi kontak dengan enzim ekstraseluler β -glukosidase dan hidrosinitril liase akibat kerusakan sel secara fisik (EFSA 2019).

Rasa pahit dapat dikurangi dengan proses perendaman dan perebusan. Ogunsina *et al.* (2015) menambahkan bahwa proses perebusan biji kelor dengan air mendidih selama 35 menit dapat menurunkan rasa pahit pada roti dan kukis dengan substitusi terigu oleh tepung biji kelor mencapai 20%. Proses perendaman dalam larutan NaCl dan NaHCO₃ dapat menurunkan rasa pahit pada paria (*Momordica charantia*) dan kacang lupin (*Lupinus albus*) (Rashima *et al.* 2017b; Ertas dan Bilgili 2014). Indriasari *et al.* (2016) menyatakan dengan perebusan 85°C selama 7,5 menit mampu menurunkan komponen saponin yang ada dalam daun kelor hingga 3,9%. Aplikasi tepung biji kelor pada produk roti dan kukis telah dilakukan sebelumnya oleh Ogunsina *et al.* (2015) hasil analisis sensori hedonik menunjukkan bahwa substitusi 20% tepung biji kelor merupakan batas penerimaan sensori dan sifat fisik kukis oleh panelis.

Studi tentang *Moringa oleifera* sangat kurang terutama untuk varietas yang tumbuh di Indonesia. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar penelitian lanjutan biji kelor sebagai bahan pangan.

1.2 Perumusan Masalah

- Bagaimana efektivitas proses pengolahan sederhana dalam menghilangkan rasa pahit biji kelor?
- Apakah proses penurunan rasa pahit berdampak pada penurunan kandungan gizi dan kapasitas antioksidan tepung biji kelor?
- Apakah tepung biji kelor dapat diaplikasikan dalam jumlah cukup tinggi pada pembuatan kukis?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh teknik pengolahan yang dapat menghilangkan rasa pahit tepung biji kelor secara efektif dan aplikasinya pada substitusi pembuatan kukis.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi masyarakat dalam memberikan informasi teknik perendaman dan perebusan yang paling efektif dalam menghilangkan rasa pahit biji kelor. Tepung biji kelor terbaik kemudian dapat digunakan secara komersil pada produk pangan sehat yang memiliki penerimaan sensori yang baik.

1.5 Hipotesis Penelitian

Biji kelor memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, namun disertai rasa pahit yang diduga disebabkan oleh kandungan bioaktif dan sianida. Perlakuan pendahuluan sangat diperlukan sebelum dilakukan pengolahan biji kelor sebagai

bahan pangan. Berdasarkan metode penelitian yang dilakukan, muncul beberapa hipotesis antara lain sebagai berikut

- a) Perbedaan perlakuan perendaman yang disertai perebusan menghasilkan perbedaan intensitas rasa pahit tepung biji kelor
- b) Komponen gizi proksimat, kapasitas antioksidan dan kadar total fenolik berkurang setelah perlakuan perendaman dan perebusan akibat massa yang hilang.
- c) Semakin tinggi persentase substitusi tepung terigu dengan tepung biji kelor pada produk kukis akan menurunkan nilai penerimaan sensori.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Biji Kelor Sebagai Ingredien Pangan

Moringa oleifera atau tanaman kelor merupakan spesies tanaman yang paling banyak dibudidayakan dari famili Moringaceae, termasuk 13 jenis spesies lain yang terdistribusi di India, Sri Lanka, Pakistan, Bangladesh, Afrika Timur, dan Thailand. Kelor merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan karena kemampuannya dalam adaptasi lingkungan, terutama pada lingkungan kering. Budidaya tanaman kelor oleh masyarakat di Indonesia tergolong rendah. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh masyarakat mengenai potensi yang dimiliki oleh biji kelor sebagai bahan pangan.

Budidaya tanaman kelor di Indonesia saat ini didominasi oleh agroindustri yang secara spesifik mengolah setiap bagian dari tanaman kelor. PT Moringa Organik Indonesia merupakan salah satu agroindustri pengolahan kelor terbesar di Indonesia yang mengelola kebun kelor milik anggota dengan luas lebih dari 1.000 ha di daerah Madura, NTT, NTB, Blora. Perusahaan ini bekerjasama dengan petani yang tergabung dalam Asosiasi Petani Moringa Indonesia (APMI).

Tanaman ini merupakan semak belukar berbatang rapuh dengan ketinggian mencapai 5-15 m. Kelor memiliki daun yang berbentuk oval berukuran kecil dengan ujung menyirip. Hampir seluruh bagian tanaman kelor memiliki nilai nutrisi yang tinggi sehingga banyak dimanfaatkan dalam bahan pangan, farmasi, dan industri (Anwar *et al.* 2007). Kelor memiliki buah yang sering disebut sebagai *drumstick* berbentuk panjang (15-45 cm) seperti kacang-kacangan, menyirip di kedua ujungnya. Setiap buah kelor tersebut memiliki biji di dalamnya dengan rata-rata berjumlah 20 biji.

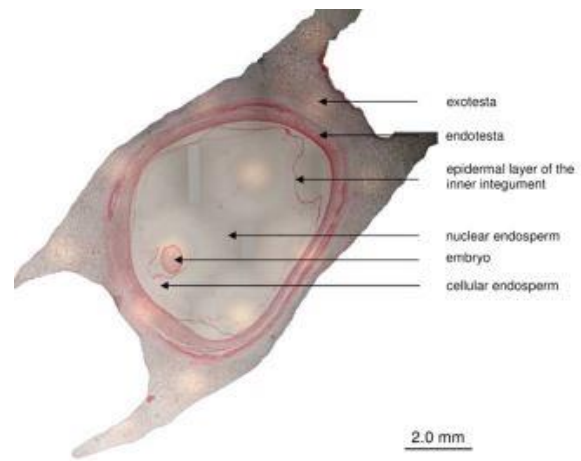
Biji kelor berbentuk globular, dengan diameter 1 cm. Berat rata-rata biji 0,3 g, memiliki 3 buah struktur eksotesta yang tumbuh sepanjang 2–2,5 cm, dan lebar 0,4–0,7 cm. inti biji menyumbang berat keseluruhan biji sebanyak 70%–75%. Biji kelor memiliki struktur seperti pada biji pada umumnya, yaitu terdapat embrio, endosperma, dan epidermis. Biji kelor memiliki struktur morfologi luar berupa endotesta dan eksotesta. Eksotesta berbentuk serabut berwarna putih yang mudah dihilangkan, sedangkan endotesta memiliki tekstur yang lebih keras seperti kulit kacang tanah. Endotesta tidak menyelimuti bagian endosperma secara utuh, tetapi terbagi atas 3 bagian. Sambungan dari ketiga bagian tersebut berdiferensiasi dan memanjang keluar menjadi struktur serabut eksotesta. Endotesta dan eksotesta

merupakan perlindungan terluar dari biji kelor. Morfologi biji kelor dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan struktur dalam biji kelor dapat dilihat pada Gambar 2.

Biji kelor muda memiliki kandungan leusin yang tinggi, dan dapat dikonsumsi langsung seperti kacang-kacangan melalui proses perebusan. Biji kelor yang sudah kering memiliki rasa pahit pada bagian kulit, sehingga perlu dihilangkan. Biji kelor kering yang telah digiling biasanya digunakan sebagai penjernih air, serta sebagai bumbu pada saus (Foidl *et al.* 2001). Ndubuaku *et al.* (2014) menjelaskan bahwa biji kelor merupakan pangan yang potensial untuk dikomersialisasikan, karena produksi di Nigeria mencapai 4-24 ton per hektar.



Gambar 1 Morfologi luar biji kelor (Muhl *et al.* 2016)



Gambar 2 Struktur bagian dalam biji kelor (Muhl *et al.* 2016)

Minyak merupakan komponen utama biji kelor, yaitu mencapai 36,7% berat kering biji. Minyak dapat diekstraksi hampir seluruhnya dengan pelarut n-heksana, sedangkan hasil yang kurang baik diperoleh dengan ekstraksi *cold press*. Minyak nabati diekstraksi oleh penduduk desa di Afrika dengan merebus biji tanpa sekam dengan air, kemudian mengumpulkan minyak tersebut dari permukaan air. Secara umum kandungan minyak dalam bahan pangan berfungsi sebagai sumber energi yang dibutuhkan oleh otot tubuh untuk beraktivitas atau disimpan dalam bentuk jaringan adiposa sebagai cadangan energi.

Komponen utama asam lemak pada biji kelor yaitu asam oleat (C18:1) sebanyak 73%. Asam oleat merupakan asam lemak tidak jenuh tunggal yang non-esensial. Asam lemak tidak jenuh tunggal (*Mono Unsaturated Fatty Acid/ MUFA*) merupakan jenis asam lemak yang mempunyai 1 (satu) ikatan rangkap pada rantai atom karbon. Asam lemak ini tergolong dalam asam lemak rantai panjang (LCFA),

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

yang kebanyakan ditemukan dalam minyak zaitun, minyak kedelai, minyak kacang tanah, minyak biji kapas, dan kanola. Asam oleat dapat diproduksi dalam tubuh melalui sistem enzim Δ^9 desaturase yang mengkatalisis perubahan stearoyl-CoA menjadi oleoyl-CoA dengan bantuan oksigen dan NADH atau NADPH.

Asam lemak tidak jenuh seperti asam oleat berperan penting dalam fluiditas membran sel. Rasio asam lemak tidak jenuh dan asam lemak jenuh yang tinggi merupakan faktor utama dalam penurunan konsentrasi plasma kolesterol sehingga dapat mencegah penyakit jantung koroner (Victor *et al.* 2018). Asam oleat memiliki sifat lebih stabil dan lebih baik perannya dibandingkan PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*/asam lemak tak jenuh jamak). PUFA terbukti dapat menurunkan kolesterol LDL, sedangkan MUFA selain menurunkan kolesterol total juga terbukti dapat menurunkan kolesterol LDL dan meningkatkan kolesterol HDL lebih besar dibandingkan dengan PUFA. Penurunan rasio kolesterol LDL/kolesterol HDL akan menghambat terjadinya atherosklerosis (Sartika 2008).

Selain minyak, biji kelor memiliki kandungan protein tinggi mencapai rata-rata 31,4%, sedangkan kadar karbohidrat, serat dan abu masing-masing adalah 18,4%, 7,3% dan 6,2%. Kadar karbohidrat yang cukup rendah dapat menurunkan kalori yang dihasilkan dari konsumsi pangan hasil olahan dengan biji kelor (Ogunsina *et al.* 2015). Nilai protein dari biji kelor tidak jauh berbeda dari jumlah protein kedelai sebesar 36,49% (Rizzo dan Baroni 2018). Selain itu, biji kelor bebas dari tripsin inhibitor dan aktivitas urease, sehingga dapat dipastikan memiliki daya cerna protein tinggi (93%) (Leone *et al.* 2016). Biji kelor memiliki total kapasitas antioksidan yang cukup tinggi yaitu 1.82 ± 0.44 g AEAC/100 g ekstrak fenol bebas, dan 5.62 ± 1.12 g AEAC/100 g ekstrak fenol terikat (Singh *et al.* 2013 dan Compaore *et al.* 2011). Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia dari biji kelor.

Tabel 1 Kandungan gizi biji kelor (Leone *et al.* 2016)

Kandungan nutrisi	Rata-rata (g/100g berat kering)	Rentang nilai
Lemak	36,7±2,8	34,7-40,4
Protein	31,4±1,3	29,4-33,3
Karbohidrat	18,4±1,4	16,5-19,8
Serat	7,3±0,5	6,8-8,0
Abu	6,2±0,9	4,4-6,9
Kadar air	7,0±1,2	5,7-8,9

Biji kelor diolah untuk kemudian dimanfaatkan sebagai bahan pangan dengan cara membuat tepung biji kelor. Tepung biji kelor telah terbukti memiliki rasa pahit dan sepat (Al-Kahtani dan Abou-Arab 1993), dugaan munculnya rasa pahit dan sepat yang dominan berasal dari antinutrisi seperti saponin (1,1%), fenol (0,02%) dan fitat (2,6%), glukosida sianogenat (5,2 mg HCN ekuivalen/kg) dan glukosinolat (46,4 μ mol/g) (Foidl *et al.* 2001). Kandungan fitokimia/antigizi yang diduga sebagai penyumbang rasa pahit pada biji kelor telah dikuantifikasi oleh Ijarotimi *et al.* (2013) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kandungan fitokimia biji kelor (Ijarotimi *et al.* 2013)

Fitokimia	Kandungan (mg/100g berat kering)
Tanin	241,67±1,67
Fitat	78,33±1,67
Fenolik	40,00±0,00
Alkaloid	17,33±0,17
Flavonoid	5,50±0,01
Saponin	9,83±0,17
Terpenoid	20,00±0,11

2.2 Senyawa-senyawa yang Berperan pada Rasa Pahit

Rasa pahit merupakan deteksi alami adanya bahaya dan toksin pada pangan. Identifikasi rasa pahit dimediasi oleh grup reseptor dari 7 gabungan domain transmembran G-protein yang dikenal sebagai famili dari gen Tas2rs. Setiap Tas2r memiliki respon terhadap beberapa komponen pahit, sedangkan Tas2rs yang berbeda menunjukkan sensitivitas yang berbeda terhadap komponen pahit yang sama (Li dan Zhang 2014). Beberapa penyebab rasa pahit secara umum terdapat pada pangan nabati, namun rasa pahit dari pangan hewani dapat ditemukan akibat dari proses pengolahan dan kerusakan seperti oksidasi dan reaksi *maillard*.

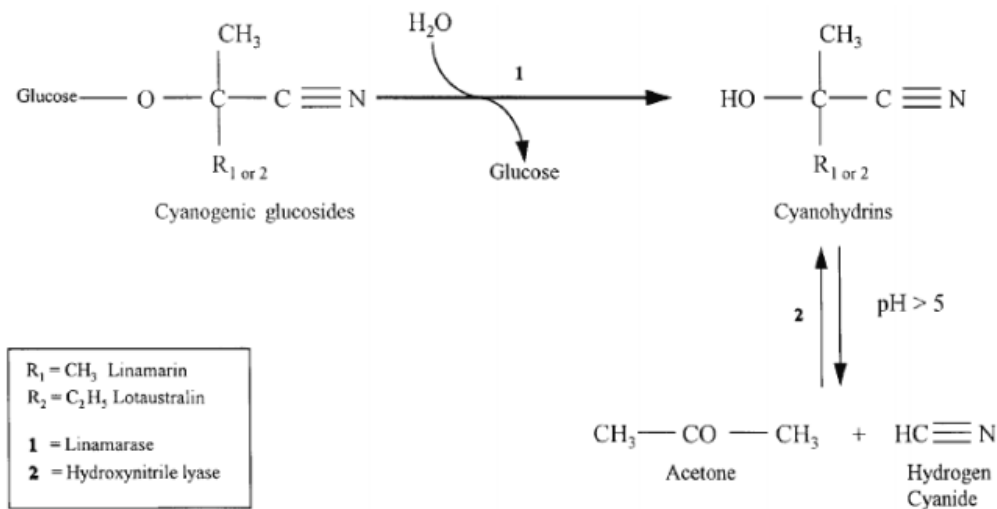
Komponen penyumbang rasa pahit dipastikan berjumlah puluhan ribu, dan sebagian besar berasal dari hasil metabolisme sekunder tumbuhan. Komponen atau senyawa tersebut sangat bervariasi meliputi asam lemak, hidroksi asam lemak, peptida, asam amino, amina, amida, azasikloalkana, komponen *N*-heterosiklik, urea, thiourea, karbamida, ester, lakton, komponen karbonil, fenol, eter mahkota, terpenoid, secoiridoid, alkaloid, glikosida, flavonoid, steroid, gula halogenasi dan asetilasi, serta ion metal (Meyerhof *et al.* 2010).

Foidl *et al.* (2001) secara spesifik menjelaskan bahwa biji kelor memiliki rasa pahit yang diakibatkan oleh beberapa senyawa seperti alkaloid, saponin, glikosida sianogenat, dan glukosinolat. Glikosida sianogenat diduga merupakan komponen penyumbang rasa pahit pada singkong (Chiwona-Karlton 2004). Selain menyumbangkan rasa pahit, glikosida sianogenat pada ingredien perlu dihilangkan untuk menghasilkan pangan yang aman. Glikosida sianogenat merupakan senyawa larut air dengan gugus O-β-glikosida yang terikat dengan α-hidroksinitril (sianohidrin), dan relatif tidak toksik untuk beberapa organisme. Sejumlah 57 tanaman yang memiliki kadar glikosida sianogenik tinggi diduga merupakan turunan dari 5 l-asam amino hidrofobik (valin, isoleusin, leusin, fenilalanin dan tirosin), asam amino non protein (2-cyclopentenyl) glisin, dan asam nikotinat. Glukosa merupakan gula yang secara langsung terikat pada gugus hidroksi dari sianohidrin (Barton *et al.* 1999). Senyawa ini akan berubah menjadi toksin asam sianida (HCN) ketika terjadi kontak dengan enzim ekstraseluler β-glukosidase dan hidroksinitril liase akibat kerusakan sel secara fisik.

Sianida memiliki dosis letal akut berada diantara 0,5-3,5 mg/kg berat badan. Ambang toksis untuk sianida dalam darah berada diantara 0,5 mg/L dan 1,0 mg/L, sedangkan ambang letal berada diantara 2,5 mg/L dan 3,0 mg/L. Pada kondisi toksisitas akut, terjadi inhibisi fosforilasi oksidatif yang mengakibatkan produksi

energi anaerobik berlebih. Hal tersebut menyebabkan permintaan oksigen dan energi yang tinggi. Otak dan jantung merupakan organ yang sangat sensitif dengan sianida, sehingga manusia yang keracunan sianida memiliki gejala sesak nafas (*dyspnea*), tidak dapat mengendalikan tubuh (*ataxia*), aritmia jantung, kejang-kejang, kehilangan kesadaran, penurunan respirasi, dan kematian (EFSA 2019).

Pada tanaman singkong, enzim endogen yang berperan dalam reaksi tersebut adalah linamarase dan lotaustralase. Enzim tersebut aktif apabila terjadi kontak dengan air, dan memiliki pH lingkungan >5. Gambar 3 menunjukkan diagram hidrolisis glikosida sianogenat menjadi asam sianida berdasarkan Murugan *et al.* (2012).



Gambar 3 Reaksi hidrolisis glikosida sianogenat pada singkong

2.3 Upaya Penghilangan Rasa Pahit

Beberapa proses tradisional seperti perendaman dan perebusan dapat mengurangi rasa pahit yang ada di dalam bahan pangan. Erbas (2010) menjelaskan tentang beberapa metode dalam mengurangi rasa pahit pada biji *Lupinus albus* yang kemudian diaplikasikan pada pembuatan makanan ringan. Rasa pahit dari *Lupinus albus* diduga disebabkan oleh kandungan alkaloid yang cukup tinggi, sehingga digunakan proses perebusan (1:3) selama 75 menit, dilakukan perlakuan perendaman dalam air biasa, NaHCO_3 pada suhu ruang dan air panas 65°C selama 144 jam dan diganti selama interval 12 jam, kemudian dipindahkan ke larutan garam 6% selama 12 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perbedaan kandungan alkaloid pada biji mentah dan biji rebus secara signifikan, serta terjadi penurunan kandungan alkaloid selama perendaman pada ketiga perlakuan. Perendaman dalam air panas 65°C dapat menurunkan rasa pahit secara signifikan dibandingkan dengan perendaman air biasa dan dalam NaHCO_3 , tetapi tidak memiliki penerimaan konsumen yang baik dibandingkan dengan perendaman air biasa dan NaHCO_3 . Hal tersebut diduga disebabkan oleh terjadinya *browning*, reaksi *maillard*, dan oksidasi pada makanan ringan, sehingga memiliki warna, aroma, dan rasa yang kurang diminati.

Menurut El-Adawy *et al.* (2000) perendaman beberapa jenis kacang-kacangan pada 0,5% NaHCO_3 selama 7-9 jam menurunkan komponen penyebab

flatulensi, faktor antinutrisi, nitrogen non protein, total karbohidrat, pati, gula pereduksi, mineral kecuali Na, dan kelarutan protein. Secara garis besar, pH basa menyebabkan kebocoran dari matriks sel kacang akibat perubahan kelarutan protein.

Abou-Zaid dan Ibraheem (2015) menjelaskan tentang pengaruh perendaman biji zaitun dalam asam sehingga rasa pahit dapat berkurang. Penelitian ini membandingkan jenis asam asetat, asam hidroklorat dan asam laktat dengan konsentrasi yang berbeda selama 15 jam, dengan proses *lye* dan tradisional dalam mengurangi rasa pahit. Glukosida oleuropein merupakan komponen utama rasa pahit pada biji zaitun. Proses *lye* yang melibatkan NaOH dan perendaman dalam larutan garam selama 30 hari dapat menghambat enzim β -glukosidase dan esterase. Saat kerja enzim dihambat, terjadi perubahan polifenol dari bentuk yang memiliki rasa pahit menjadi memiliki rasa yang tidak pahit (Ramirez *et al.* 2016). Perlakuan perendaman HCl 1N memberikan hasil terbaik pada atribut sensori rasa, dan pemberian asam secara keseluruhan memberikan efek lebih baik pada atribut rasa dan warna dibandingkan *lye* dan tradisional. Pernyataan tersebut sejalan dengan dugaan persentase pelepasan polifenol pada zaitun oleh HCl 1N akibat hidrolisis, sehingga larut pada media perendam.

Rashima *et al.* (2017b) menjelaskan tentang pengurangan rasa pahit pada jus *Momordica charantia* menggunakan perendaman larutan garam 3,5% selama 1 jam dilanjutkan dengan blansir, penambahan CMC 0-0,5% dan gum arab 0-15%. Rasa pahit diduga ada pada kandungan alkaloid dan polifenol yang cukup tinggi. CMC dan gum arab mampu menutupi rasa pahit dengan cara mengenkapsulasi komponen penyebab rasa pahit. Penambahan garam diduga meningkatkan tekanan osmotik pada sel sehingga komponen alkaloid dan polifenol larut air dapat keluar menuju media perendam saat terjadi kondisi equilibrium (Yadav dan Singh 2014). Proses blansir mampu meningkatkan kandungan antioksidan pada analisis DPPH, karena dapat mengurangi kinerja enzim polifenol oksidase, tetapi dapat menurunkan kandungan antioksidan pada analisis FRAP diduga akibat dari perubahan komposisi kimia akibat pemanasan. Namun penambahan CMC meningkatkan kandungan antioksidan keduanya, karena telah terbukti mampu mengenkapsulasi antioksidan sehingga tidak hilang saat pengolahan. Perendaman NaCl 3,5% selama 60 menit dan blansir selama 3 menit tidak memberikan penghilangan rasa pahit yang signifikan. Hal tersebut diduga karena proses perendaman (konsentrasi garam dan waktu) yang kurang optimal, serta bergantung pada jenis tanaman yang direndam serta kandungan yang ada di dalamnya.

Menurut EFSA (2019), Asam sianida (HCN) memiliki sifat mudah menguap bila dipanaskan, mempunyai titik uap 25,6°C dalam bentuk tidak terikat, dan mudah larut dalam air dan etanol. Hal tersebut menjadi dasar bagi beberapa penelitian pengurangan kadar sianida dalam bahan pangan. FZANS (2004) menyatakan bahwa cara terbaik untuk mengilangkan sianida pada tanaman adalah proses pemasakan (rebus, panggang, sangrai) dan fermentasi. Proses pemanasan diduga memiliki prinsip pelunakan jaringan yang diterapkan dalam proses pengupasan (*lye peeling*), sehingga terjadi kontak dengan air dan reaksi hidrolisis lebih mudah terjadi (Kumar *et al.* 2019). Proses fermentasi dilaporkan Murugan *et al.* (2012) bahwa bakteri *Bacillus subtilis* KM05 yang diisolasi dari kulit singkong dapat menghasilkan linamarase (53 KDa) dengan aktivitas 9,6 U/mL.

Imran *et al.* (2013) menjelaskan bahwa proses ekstraksi dengan detail kondisi optimum *barrel exit temperature* 143.6°C, *screw speed* 133.5 rpm, dan *feed*

rate 57.8 kg/h dengan waktu 1-3 menit pada pembuatan *flaxseed meal*, dapat mengurangi kadar HCN sebesar 89,1%. Ezeigbo *et al.* (2015) menjelaskan bahwa singkong segar yang direbus pada suhu mendidih selama 90 menit dapat mengurangi kadar HCN sebanyak 93,2%. Metode pemasakan dengan suhu tinggi disampaikan memiliki banyak kelemahan, yaitu terjadinya inaktivasi enzim, dan komponen gizi dan non gizi yang hilang akibat larut dalam air perebus yang juga mengakibatkan total padatan tanaman berkurang. Penelitian lebih lanjut mengenai suhu dan waktu perebusan paling efektif perlu dilakukan lebih lanjut.

Apriansyah *et al.* (2014) melakukan perendaman gadung dayak (*Dioscorea hispida* Dennts) menggunakan media perendam yang berbeda, yaitu air, larutan garam (2,5%), kalsium karbonat (2,5%), dan air mengalir selama 6 hari. Semakin lama waktu perendaman, kadar HCN yang terdapat dalam gadung dayak semakin berkurang mencapai 89-89%. Hutami dan Harijono (2014) melakukan pengukuran kadar sianida pada tanaman ubi kayu. Ubi kayu dilakukan perlakuan perendaman 1:3 dalam air dengan natrium bikarbonat (NaHCO_3) 0, 2, dan 4% selama 4 hari. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, kadar sianida dalam ubi kayu menjadi lebih rendah. Semakin tinggi kadar NaHCO_3 yang ditambahkan dalam air perendam, kadar sianida juga semakin rendah. Kadar sianida dengan perlakuan penggantian air perendam lebih rendah dibandingkan perlakuan tanpa penggantian air perendam. Kadar gula ubi kayu mengalami penurunan, sehingga diduga terjadi aktivitas mikroba. Proses perendaman dan fermentasi memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan perebusan.

2.4 Aplikasi Tepung Biji Kelor

Pemanfaatan biji kelor sebagai bahan pangan, diperlukan proses penepungan yang baik, sehingga menghasilkan karakteristik tepung yang baik untuk digunakan sebagai formulasi pangan baru. Mune-Mune *et al.* (2016) telah melakukan penelitian mengenai sifat fisikokimia dan fungsional dari tepung biji dan daun kelor. Hasilnya menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan air dan minyak cukup baik untuk digunakan sebagai rekomendasi bahan olahan pangan. Tepung biji kelor dijelaskan memiliki kapasitas penyerapan air sebesar 1,03 g/g. Namun nilai tersebut lebih rendah secara signifikan daripada tepung daun kelor. Hal tersebut diduga disebabkan oleh komponen protein polar, dan komposisi karbohidrat dari tepung daun kelor lebih banyak daripada tepung biji kelor. Nilai kapasitas penyerapan minyak dari tepung biji kelor secara signifikan lebih rendah daripada tepung daun kelor, yaitu 1,01 mL/g atau 0,91 g/g. Pernyataan tersebut diduga disebabkan rendahnya struktur protein β -sheet dari tepung biji kelor yang lebih rendah.

Tepung biji kelor memiliki stabilitas dan kapasitas emulsi yang lebih baik secara signifikan daripada tepung daun kelor. Kapasitas emulsi semakin meningkat signifikan ketika pH dinaikkan dari 4 hingga 9. Kenaikan kapasitas emulsi diduga karena pembukaan lipatan protein sehingga menambah residu asam amino hidrofobik. Dugaan lain yaitu akibat dari kandungan minyak dari tepung biji kelor yang sangat tinggi sehingga ikatan hidrofob dapat termediasi. Tepung biji kelor memiliki sifat kapasitas pembentukan dan stabilitas busa yang lebih baik dari tepung daun kelor seiring dengan peningkatan pH. Kapasitas busa yang besar pada pH 9 diduga karena peningkatan muatan dari molekul protein sehingga meningkatkan fleksibilitasnya (Mune-Mune *et al.* 2016).



Biji kelor memiliki sifat sensori yang kurang diminati panelis, terutama rasa yang cukup pahit. Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian Bolarinwa *et al.* (2017) yang menjelaskan bahwa roti dengan bahan dasar tepung terigu yang difortifikasi tepung biji kelor 0-20% memiliki warna, bentuk, tekstur, rasa manis, flavor, mouthfeel, dan penerimaan keseluruhan yang semakin menurun ketika tepung biji kelor semakin banyak ditambahkan. Al-Juhaimi *et al.* (2015) menjelaskan bahwa penambahan tepung biji kelor 0-6% pada formulasi *patty* daging sapi yang semakin meningkat dapat menurunkan tingkat kenampakan, *juiciness*, flavor, rasa, keempukan dan penerimaan overall tetapi laju penurunan tersebut tidak signifikan antar persentase penambahan.

Penelitian Ogunsina *et al.* (2015) menggunakan tepung biji kelor yang telah dikurangi rasa pahitnya dengan cara direbus dengan air bersih selama 35 menit dengan rasio 1:30 w/v, kemudian dikeringkan selama 8 jam pada oven 80°C. Tepung ini kemudian dijadikan fortifikan bagi pembuatan roti dan *cookies* sebanyak 0-15% dan 0-30%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Debittered Moringa Seed Flour* (DBMS) memiliki tingkat penerimaan rasa tertinggi dibandingkan tepung biji kelor yang dihilangkan lemaknya (*defatted*) dan tepung biji kelor mentah. Sedangkan efek dari persentase penambahan tepung biji kelor pada tepung terigu terhadap sifat reologis menurunkan kapasitas penyerapan air, waktu pembentukan adonan, stabilitas dan kekuatan adonan akibat gluten yang terlarut. Pemberian DBMS mengurangi volume pengembangan roti, perubahan warna *crumb* yang lebih cokelat, serta penambahan hingga 10% masih diterima secara sensori. DBMS dengan kandungan lebih tinggi terbukti menambah kandungan protein, lemak, zat besi dan kalsium. Pemberian DBMS pada produk *cookies* sebanyak 30% memberikan kandungan protein, lemak, dan zat besi yang lebih baik, akan tetapi sifat fisik dan atribut sensori menunjukkan bahwa substitusi 20% memiliki sifat produk yang lebih diterima oleh panelis. Kandungan gizi yang semakin bertambah menunjukkan potensi tepung biji kelor sebagai bahan olahan pangan fungsional.

2.5 Kukis

Menurut BSN (1992), kukis merupakan salah satu jenis makanan ringan yang dibuat dari adonan lunak, berkadar lemak tinggi, relatif renyah bila dipatahkan dan penampang potongnya bertekstur kurang padat. Kukis tergolong makanan yang tidak mudah rusak dan memiliki umur simpan yang relatif panjang karena memiliki kadar air yang cukup rendah. Kadar air kukis yang rendah ini disebabkan oleh penguapan air pada adonan yang terjadi akibat proses pemanggangan (Whiteley 1971). Kadar air pada bahan yang berkisar 3-7 persen akan mencapai kestabilan optimum, sehingga pertumbuhan mikroba dan reaksi-reaksi kimia yang merusak bahan seperti *browning*, hidrolisis atau oksidasi lemak dapat dikurangi (Winarno 2004). Kadar air yang rendah memberikan tekstur renyah yang dapat meningkatkan penerimaan sensori.

Kukis merupakan salah satu produk pangan kering yang populer di masyarakat, terutama dari kalangan anak-anak dan remaja. Kecenderungan masyarakat Indonesia dalam mengkonsumsi produk makanan dari bahan dasar gandum, seperti mi, roti, dan biskuit terus meningkat sejak tahun 1990. Badan Pusat Statistik (BPS) memberikan data bahwa nilai impor gandum secara keseluruhan

pada tahun 2016 mencapai 10,5 juta ton sedangkan nilai impor tepung terigu mencapai 148,2 ton. Hal ini menunjukkan bahwa kebergantungan gandum dan terigu dari luar negeri sangat tinggi, sehingga diperlukan adanya upaya mengurangi kebergantungan terhadap penggunaan gandum.

Kukis tidak memerlukan terigu dengan kadar protein tinggi, sehingga kandungan gluten dalam kukis dapat dikurangi. Kandungan gluten tidak berpengaruh pada pembuatan kukis karena tidak memerlukan bahan dasar yang menyebabkan pengembangan volume. Pangan rendah gluten sangat diperlukan bagi anak-anak penderita autisme, masyarakat dengan *coeliac disease*, serta penderita alergi terigu. Lemak berfungsi sebagai sumber cita rasa dan memberikan tekstur yang lembut pada kukis. Selain itu, lemak merupakan sumber energi yang dapat memberikan nilai energi lebih besar daripada karbohidrat dan protein. Kadar lemak biji kelor mencapai 36,7%, dengan asam lemak dominan yaitu asam oleat (C18:1) sebanyak 73%. Substitusi terigu dengan tepung biji kelor diduga akan meningkatkan kandungan lemak terutama asam lemak tidak jenuh pada kukis, dan memenuhi syarat mutu kukis SNI yaitu minimal 9.5 persen (BSN 1992).

Astawan *et. al* (2013) menjelaskan bahwa substitusi bekatul dengan kandungan lemak 16-19% akan meningkatkan kandungan lemak kukis dari 23.6% menjadi 28.5%. Kadar karbohidrat yang rendah pada biji kelor, serta kandungan lemak dan protein yang tinggi diduga akan menurunkan daya cerna pati kukis apabila diterapkan secara substitusi sehingga cocok untuk diet gula. Daya cerna pati pada kukis standar tanpa substitusi menurut Astawan *et. al* (2013) sebesar 49.6%, dan berkurang menjadi 42.3% ketika ditambahkan bekatul sebagai sumber protein, lemak dan serat. Ogunsina *et al.* (2015) menjelaskan bahwa terjadi peningkatan signifikan pada kandungan lemak, protein, zat besi, dan kalsium serta penurunan kadar karbohidrat kukis yang telah disubstitusi tepung biji kelor sebanyak 20%.

III METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2019 hingga Februari 2020. Penelitian dilaksanakan di Pilot Plant SEAFast (*Southeast Asian Food and Agriculture Science and Technology*) Center, Laboratorium Sensori, Kimia dan Biokimia Pangan, Laboratorium Pengolahan Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

3.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah biji kelor yang diperoleh dari Kabupaten Kediri, Jawa Timur melalui UD. Agro Sejahtera. Biji kelor tersebut kering dan berwarna coklat kehitaman. Bahan kimia yang dibutuhkan meliputi bahan kimia produksi Merck untuk analisis yaitu kafein, AgNO₃, Asam piridin barbiturat, FeCl₃, Kloramin T, KCN standar, NaH₂PO₄.H₂O, CH₃COOH, NaCl, NaHCO₃, metanol, Na₂CO₃, K₂SO₄, HgO, NaOH-TiO, H₃BO₃, HCl, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), Folin Ciocalteu, Na-askorbat, L-asam askorbat, NaOH, buffer fosfat, K₃Fe(CN)₆, dan Asam Trikloroasetat.



3.3 Alat

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *abrasive polisher* (Satake TM05C, Japan), saringan 60 mesh, blender, kabinet pengering, *pressure cooker* (Oxone OX-2004, Indonesia), termometer, Kertas Whatman Nomor 1 dan 2, pH meter, oven (Cascade Tex Oven Experts, USA), tanur, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis, *rotary evaporator*, *waterbath incubator*, dan soxhlet.

3.4 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan acak lengkap faktorial (RALF) dengan 2 faktor percobaan yaitu jenis larutan perendam (air (W), NaCl 3,5% (S), larutan CH₃COOH 1N (A), dan NaHCO₃ 0,5% (B)) dan suhu pemanasan (70°C (L), suhu air mendidih (±97°C) (H) dan perebusan bertekanan (±115°C) (HP)). Perlakuan pembuatan sampel dilakukan sebanyak dua kali ulangan, dan masing-masing dianalisis dengan dua kali pengukuran (duplo). Data yang diperoleh kemudian diolah dengan analisis ragam ANOVA untuk melihat beda nyata dengan taraf signifikansi 5%. Uji lanjut Duncan untuk melihat perbedaan dan membandingkan antar masing-masing sampel perlakuan. Korelasi penurunan kadar sianida, dan penghilangan rasa pahit akibat kenaikan suhu pemanasan menggunakan uji Pearson dengan taraf signifikansi 5%. Pengolahan data penelitian ini menggunakan program IBM SPSS 20.

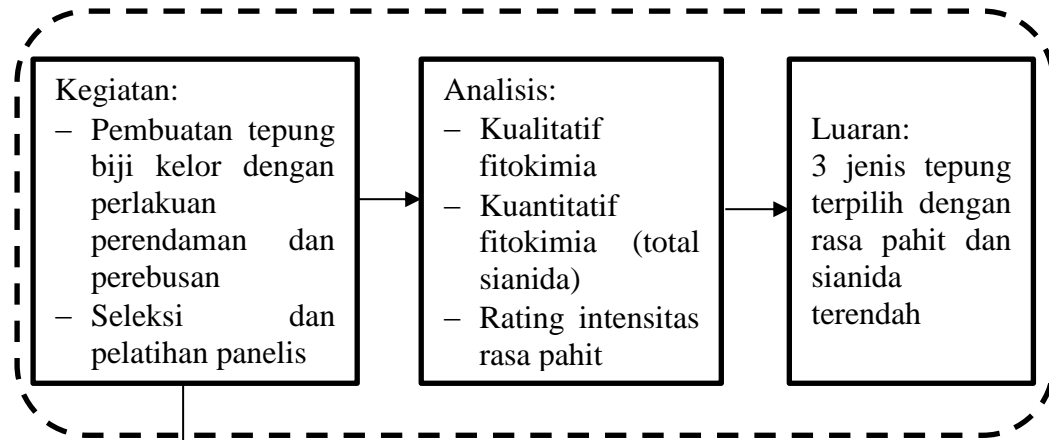
Tabel 3 Rancangan percobaan perlakuan perendaman dan perebusan biji kelor

Jenis larutan perendam	Suhu perebusan (°C)		
	±70	±97	±115
Air	WL	WH	WHP
NaCl (3.5%)	SL	SH	SHP
NaHCO ₃ (0.5%)	BL	BH	BHP
CH ₃ COOH (1N)	AL	AH	AHP

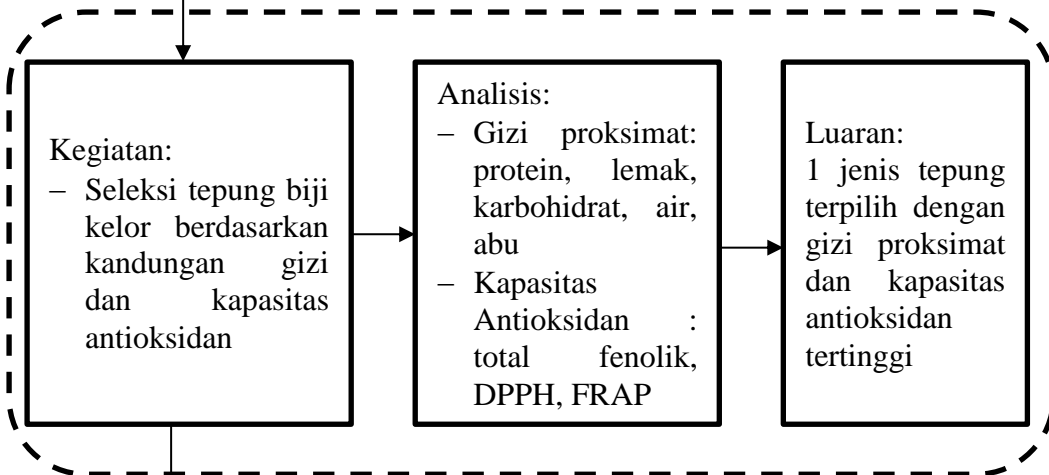
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

3.5 Metode Penelitian

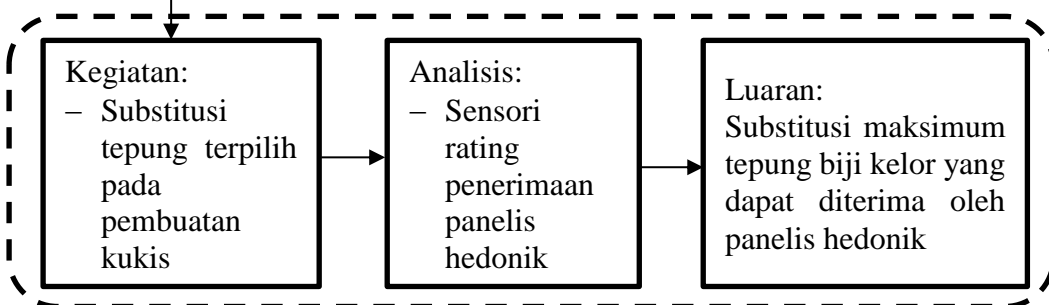
Tahap 1



Tahap 2



Tahap 3



Gambar 4 Tahap pembuatan tepung biji kelor dengan berbagai perlakuan

3.5.1 Pembuatan Tepung Biji Kelor

Biji kelor hasil sortasi, dikupas menggunakan *abrasive polisher* untuk diambil bagian intinya (endosperma). Biji kelor dicuci dengan air bersih dan

direndam menggunakan beberapa jenis perendam (air, NaCl 3,5% w/v, larutan CH₃COOH 1N v/v, dan NaHCO₃ 0,5% w/v) dengan rasio 1:30 w/v selama 24 jam. Biji kelor ditiriskan, dicuci dengan air bersih, lalu dipanaskan dengan air (1:5 w/v) pada suhu 70°C, suhu air mendidih ($\pm 97^\circ\text{C}$) dan perebusan bertekanan dengan suhu $\pm 115^\circ\text{C}$ (Saparudin *et al.* 2016) menggunakan *pressure cooker* selama 35 menit (Ogunsina *et al.* 2015; Rashima *et al.* 2017a; Hutami dan Harijono 2014; Abou-Zaid dan Ibraheem 2015). Biji kelor dari masing-masing kelompok perlakuan dikeringkan dalam oven pengering bersuhu 50°C selama 24 jam. Biji kering dihancurkan menjadi tepung menggunakan blender, dikemas dalam plastik *ziplock* polipropilena (PP) dengan rapat dan disimpan pada suhu 4°C sebelum digunakan untuk analisis.

3.5.2 Seleksi dan Pelatihan panelis

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan panelis terlatih. Analisis sensori pengukuran rasa pahit menggunakan rangkaian metode uji rating intensitas rasa pahit berdasarkan Meilgaard *et al.* (2004) dengan modifikasi Ogunsina *et al.* (2015), dan Rashima *et al.* (2017b). Panelis terlebih dahulu diseleksi dan diberi pelatihan.

a) Tahap Rekrutmen dan Seleksi Panelis

Pada tahap ini dilakukan seleksi panelis dari beberapa kandidat panelis. Calon panelis merupakan mahasiswa Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah mengenal pengujian sensori yang berjumlah 60 orang. Tahap seleksi dilakukan dalam beberapa tahap meliputi *pre screening*, *acuity test*, *ranking test*, dan *personal interview*.

Tahap *pre-screening* bertujuan untuk mengetahui kesediaan panelis untuk mengikuti serangkaian seleksi dan pelatihan, mengetahui riwayat kesehatan calon panelis, serta kebiasaan panelis sebelum dan sesudah mengonsumsi pangan. Calon panelis yang lolos tahap *pre-screening* akan melanjutkan ke tahap *acuity test*, yaitu uji kepekaan panelis dalam membedakan 5 rasa dasar (*description test*) dan uji perbedaan rasa pahit dalam konsentrasi yang berbeda (*detection test*).

Pada tahap *description test*, panelis diminta untuk melakukan pengujian pada sampel dengan cara mencicipi 5 sampel rasa dasar secara berurutan. Panelis dengan kemampuan identifikasi 100% dapat melanjutkan ke tahap *detection test*. Pada tahap *detection test*, panelis diminta untuk mengidentifikasi sampel yang memiliki konsentrasi yang berbeda melalui uji segitiga. Panelis yang berhasil menjawab 50% uji dengan benar melanjutkan ke tahap selanjutnya.

Pada tahap *ranking test*, panelis diminta untuk mengurutkan sampel rasa pahit dengan konsentrasi berbeda. Panelis yang berhasil menjawab 50% uji dengan benar dapat melanjutkan ke tahap *personal interview*. Pada tahap ini panelis diminta untuk melakukan konfirmasi ulang kesediaan panelis untuk mengikuti rangkaian tahap pelatihan panelis. Konfirmasi ini meliputi minat panelis, beban uji, jadwal pengujian, dan kemampuan diskusi dalam grup. Jenis larutan, konsentrasi sampel, *scoresheet* dan *worksheet* yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 2.

b) Tahap Pelatihan Panelis

Lima belas panelis terpilih selanjutnya mengikuti tahap *Focus Group Discussion* (FGD). Pada tahap ini, panelis dikenalkan oleh sampel uji tanpa perlakuan, kemudian secara spesifik menentukan nilai kuantitatif rasa pahit berdasarkan referen (kafein) yang tersedia dalam berbagai konsentrasi yang dibandingkan terhadap sampel uji tersebut. Panelis kemudian dilatih menggunakan

rating test skala garis selama kurang lebih 2 bulan terhitung mulai September hingga November 2019. Panelis diminta untuk menentukan nilai kuantitatif rasa pahit dari berbagai konsentrasi rasa pahit dengan memberikan tanda pada skala garis, dibantu oleh larutan referen pembandingan yang telah diketahui nilai kuantitatif berdasarkan tahap FGD. Tahap ini dapat melatih konsistensi panelis dalam memberikan nilai kuantitatif rasa pahit pada konsentrasi tertentu. Jenis larutan, konsentrasi sampel, *scoresheet* dan *worksheet* yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.5.3 Pengujian Rating Intensitas Rasa Pahit Tepung Biji Kelor

Panelis terlatih kemudian melakukan pengujian sampel secara kuantitatif. Prosedur pengujian menggunakan *rating test* skala garis dengan panjang 15 cm. Panelis diberikan sampel yang telah diberikan perlakuan, kemudian menentukan nilai rasa pahit dengan memberikan tanda pada skala garis, dibantu oleh larutan referen (kafein) pembandingan. Sampel yang digunakan untuk analisis sensori merupakan sampel tepung yang diolah menjadi agar (Agarpac) dengan konsentrasi tepung dan bubuk agar 1:10 w/v. Pembuatan agar bertujuan untuk menyamakan jumlah porsi konsumsi panelis, serta memudahkan panelis dalam pencicipan tepung. Jenis larutan, konsentrasi sampel, *scoresheet* dan *worksheet* yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.5.4 Analisis Kualitatif Senyawa Fitokimia (Harborne 1987)

Senyawa fitokimia yang diujikan yaitu tanin, saponin, dan alkaloid.

a) Saponin

Saponin (uji busa) Saponin dapat dideteksi dengan uji busa dalam air panas. Busa yang stabil selama 10 menit dan tidak hilang pada penambahan 1 tetes HCl 2 N menunjukkan saponin.

b) Tanin

Sampel sebanyak 1 gram ditambahkan 10 mL akuades kemudian dididihkan. Setelah dingin filtrat ditambahkan 5 mL FeCl₃ 1 % (b/v). Apabila terjadi perubahan warna menjadi biru tua, menunjukkan sampel mengandung tanin.

c) Alkaloid

Sampel sebanyak 0.1 gram ditambahkan 10 mL kloroform dan ditambahkan beberapa tetes amonia. Fraksi kloroform dipisahkan dan diasamkan dengan beberapa tetes H₂SO₄ pekat. Fraksi asam diambil dan dibagi menjadi 3 tabung, kemudian ditambahkan pereaksi Dragendorf, Meyer, dan Wagner. Keberadaan alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan putih pada pereaksi Meyer, endapan merah pada pereaksi Dragendorf, dan endapan coklat pada endapan pereaksi Wagner.

3.5.5 Analisis Kadar Sianida Tepung Biji Kelor

Analisis kadar sianida (CN⁻) dilakukan di Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech menggunakan nomor instruksi 18-9-18/MU/SMM-SIG yaitu metode BSN (2011) dengan beberapa perubahan. Sampel ditimbang sebanyak 1 g dalam labu ukur, kemudian ditambahkan 0,1 M asam pospat hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan sampel diambil 2 mL dimasukkan dalam tabung tertutup, ditambahkan 2 mL asam sulfat 4 M, kemudian dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 100°C. Tabung didinginkan dengan air es, ditambahkan 5 mL NaOH 3,6 M,

dan didiamkan selama 5 menit. Sebanyak 1 mL sampel dipipet dan dipindahkan dalam tabung lain. Pada tabung tersebut ditambahkan 7 mL buffer asetat 0.2 M pH 5.0, 0.4 mL Kloramin-T, dan didiamkan selama 5 menit. Sampel kemudian ditambahkan 1.6 mL piridin - asam barbiturat, dan diamkan selama 1 jam. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 600 nm. Hasil pada sampel dibandingkan dengan kurva standar KCN.

3.5.6 Pengujian Kandungan Gizi Proksimat

a) Analisis Kadar Air (AOAC 2012)

Cawan dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 15 menit, kemudian ditimbang. Selama penimbangan, cawan disimpan dalam desikator. Sampel ditimbang sebanyak 1-2 gram lalu dimasukkan ke dalam cawan yang telah ditimbang sebelumnya dan dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 6 jam. Cawan berisi sampel ditimbang dengan kondisi penyimpanan dalam desikator. Pengeringan oven dilakukan hingga diperoleh berat konstan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan kadar air adalah sebagai berikut

$$\% \text{ kadar air (bk)} = W - \frac{(W1-W2)}{w} \times 100\%$$

Keterangan :

- W = Bobot sampel sebelum dikeringkan (g)
- W1 = Bobot sampel + cawan kering kosong (g)
- W2 = Bobot cawan kering kosong (g)

b) Kadar Abu (AOAC 2012)

Cawan porselen dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 15 menit kemudian ditimbang. Selama penimbangan cawan disimpan dalam desikator. Sampel sebanyak 2-3 gram ditimbang pada cawan porselen dan dilakukan pengabuan dalam tanur listrik bersuhu 550°C hingga terbentuk abu putih. Sampel didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Perhitungan kadar abu sampel melalui persamaan berikut

$$\text{Kadar abu} = \frac{W1-W2}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

- W : bobot sampel
- W1 : bobot sampel + cawan kering
- W2 : bobot cawan kering

c) Kadar protein (AOAC 2012)

Sampel ditimbang 0.2 gram dan dimasukkan dalam labu Kjeldahl 100 mL. Sampel ditambahkan dengan 1.9 gram K₂SO₄, 40 mg HgO dan 2.0 mL H₂SO₄ pekat. Sampel didestruksi dalam lemari asam hingga larutan berwarna jernih kehijauan. Sampel kemudian didinginkan dan dipindahkan dalam alat destilasi dan dibilas dengan akuades. Larutan H₃BO₃ 3 % sebanyak 5 mL serta 3 tetes indikator metil merah dan metilen biru dimasukkan dalam Erlenmeyer yang diletakkan di bawah kondensor. Larutan NaOH-Na₂SO₄ ditambahkan dalam alat destilasi dan

dilakukan destilasi hingga diperoleh sekitar 50 mL destilat dalam Erlenmeyer. Destilat tersebut selanjutnya dititrasi dengan HCl 0.02 N hingga terjadi perubahan warna. Penetapan kadar N dan kadar protein dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar protein} = \frac{(V_a - V_b) \times N \text{ HCl} \times 14.007 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Keterangan:

- V_a : ml HCl untuk titrasi sampel
 V_b : ml HCl untuk titrasi blanko
 N : normalitas HCl standar yang digunakan
 W : bobot sampel (g)

d) Kadar lemak (AOAC 2012)

Labu lemak dikeringkan terlebih dulu dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit. Sampel ditimbang sebanyak 1-2 gram dan dibungkus dengan kertas saring yang dilapisi kapas bebas lemak. Sampel dimasukkan dalam soxhlet yang telah berisi pelarut heksana, kemudian pasang labu lemak pada soxhlet. Sampel dilakukan refluks selama 6 jam, kemudian pelarut dalam labu didistilasi. Labu yang berisi lemak hasil ekstraksi kemudian dioven pada 105°C sampai berat konstan dan ditimbang. Perhitungan kadar lemak mengikuti persamaan berikut

$$\text{Kadar lemak} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

- W : bobot sampel
 W₁ : bobot labu lemak + lemak
 W₂ : bobot labu lemak

e) Kadar karbohidrat (*by difference*)

Kadar karbohidrat dihitung menggunakan metode *by difference*, yaitu melibatkan perhitungan kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar karbohidrat (\% basis basah)} = [100 - (\text{Kadar air} + \text{abu} + \text{lemak} + \text{protein})] \%$$

3.5.7 Pengujian Kapasitas Antioksidan

a) Ekstraksi Sampel (Ijarotimi *et al.* 2013)

Proses pembuatan ekstrak sampel dilakukan menurut Ijarotimi *et al.* (2013) dengan beberapa perubahan. Sampel ditimbang, kemudian direndam dalam metanol 96% dengan perbandingan 2:5 (w/v) kemudian didiamkan selama 72 jam dan dilakukan pengadukan berkala. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas Whatman nomor 1. Ekstrak yang didapat selanjutnya dikeringkan dengan *rotary evaporator*, lalu digunakan untuk analisis kapasitas antioksidan dan total fenolik.

b) Analisis Aktivitas Antioksidan Metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) (Maryam *et al.* 2016)

Sampel stok ekstrak dibuat dengan konsentrasi 20 mg/mL. Sampel dipipet 1 mL dengan ditambahkan 1 mL buffer fosfat (pH 6,6) dan 1 mL $K_3Fe(CN)_6$ 1%. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 20 menit dengan suhu 50°C lalu ditambahkan TCA lalu disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Setelah disentrifugasi, 1 mL supernatan dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 1 mL akuades dan 0,5 mL $FeCl_3$ 1%. Larutan didiamkan selama 10 menit lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 720 nm dengan menggunakan standar asam askorbat dengan konsentrasi 0-0,1 mg/mL.

c) Analisis Kapasitas Antioksidan Metode DPPH (Adedayo *et al.* 2010)

Prosedur analisis dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 0,2 mL ekstrak sampel ditambahkan 3,8 mL larutan DPPH (0,1 mM) dalam tabung reaksi bertutup dan divortex selama 10 detik. Campuran kemudian diinkubasi selama 30 menit dalam ruang gelap dan suhu ruang. Setelah itu, dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 517 nm. Selain pengujian terhadap sampel, dilakukan pembuatan kurva standar asam askorbat dengan konsentrasi 0-0,04 mg/mL. Blanko terdiri atas 8 mL etanol dan 2 mL larutan DPPH. Prosedur pengukuran kapasitas antioksidan asam askorbat sesuai dengan pengujian pada sampel. Pembuatan kurva standar asam askorbat dilakukan untuk membandingkan kapasitas antioksidan sampel dengan asam askorbat yang dinyatakan dalam *ascorbic acid equivalent antioxidant activity* (mg AEAC/g sampel).

d) Analisis Kadar Total Fenolik (Ijarotimi *et al.* 2013)

Analisis Kadar Total Fenolik dilakukan menurut Ijarotimi *et al.* (2013) dengan beberapa perubahan, yaitu 1 mL ekstrak sampel ditambahkan 5 mL pereaksi Folin Ciocalteu dalam tabung reaksi bertutup dan divortex hingga homogen. Campuran didiamkan selama 5 menit kemudian ditambahkan 4 mL larutan Na_2CO_3 7,5%, divortex sebentar. Sampel diinkubasi pada suhu ruang dalam kondisi gelap selama satu jam dan dilakukan pengukuran absorbansi sampel pada panjang gelombang 726 nm. Selain pengujian terhadap sampel, dilakukan pembuatan kurva standar asam galat dengan konsentrasi 0-0,25 mg/mL. Blanko alat terdiri atas 1 mL etanol dan 5 mL pereaksi Folin Ciocalteu. Prosedur pengukuran TPC asam galat sesuai dengan pengujian pada sampel. Penentuan kadar total fenol sampel menggunakan persamaan regresi linier kurva standar asam galat (dinyatakan dalam satuan GAE (mg *gallic acid equivalent*/ mL)).

3.5.8 Analisis Rating Hedonik Kukis dengan Tepung Substitusi (Ogunsina *et al.* 2015)

Satu jenis sampel terbaik berdasarkan intensitas rasa pahit yang rendah, gizi proksimat dan kapasitas antioksidan yang tinggi selanjutnya diaplikasikan dalam pembuatan kukis. Analisis rating penerimaan hedonik kukis substitusi tepung biji kelor menggunakan 60 orang panelis konsumen. Tepung biji kelor diayak, kemudian disubstitusikan dengan tepung terigu sebanyak 10%, 20% dan 30% pada pembuatan kukis. Formulasi kukis yang digunakan yaitu 100 g tepung terigu, 60 g gula bubuk, 15 g margarin, 3 g susu skim, 1 g Na-bikarbonat, 0,75 g amonium bikarbonat, 1,0 g garam, dan air. Bahan-bahan dicampur menggunakan mixer,

kemudian dilakukan pemanggangan pada suhu 180°C selama 15 menit. Panelis tidak terlatih kemudian memberikan penilaian kesukaan pada atribut warna, tekstur, aroma dan rasa dari *cookies* yang diberikan. Penerimaan setiap atribut berada dalam skala sangat tidak diterima (skala 1) hingga sangat diterima (skala 7).

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan fitokimia kualitatif

Tabel 4 Hasil analisis kualitatif fitokimia tepung biji kelor

Jenis Perlakuan (larutan perendam; suhu perebusan)		Analisis ^{*)}				
		Tanin	Saponin	Alkaloid		
				Wagner	Mayer	Dragendorf
Tanpa perlakuan	K	-	+	-	-	-
Air; 70	WL	-	+	-	-	-
Air; 97	WH	-	+	-	-	-
Air; 115	WHP	-	+	-	-	-
Garam; 70	SL	-	+	-	-	-
Garam; 97	SH	-	+	-	-	-
Garam; 115	SHP	-	+	-	-	-
NaHCO ₃ ; 70	BL	-	+	-	-	-
NaHCO ₃ ; 97	BH	-	+	-	-	-
NaHCO ₃ ; 115	BHP	-	+	-	-	-
As asetat; 70	AL	-	+	-	-	-
As asetat; 97	AH	-	+	-	-	-
As asetat; 115	AHP	-	+	-	-	-

Keterangan: *) + = terdeteksi ; - = tidak terdeteksi

Hasil uji kualitatif fitokimia alkaloid, saponin, dan tanin tepung biji kelor pada Tabel 4 tidak menunjukkan hasil yang berbeda di setiap perlakuan. Hal tersebut diduga disebabkan oleh deteksi kualitatif yang kurang sensitif apabila diaplikasikan pada biji kelor, sehingga diperlukan uji lanjut dengan sensitivitas yang lebih tinggi. Perbedaan proses ekstraksi juga berpengaruh terhadap konsentrasi fitokimia yang terekstrak dari dalam sampel, dan ikut terbuang oleh air perendam atau perebus. Proses perebusan diduga menghilangkan kandungan fitokimia, karena kestabilan fitokimia dalam panas yang rendah.

Foidl *et al.* (2001) menjelaskan bahwa alkaloid tidak terdeteksi pada sampel biji dan ekstrak air biji kelor, tetapi terdeteksi pada biji kelor yang telah dihilangkan kandungan lemaknya (*defatted*). Alkaloid dalam bentuk bebas tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik, walaupun ada yang larut dalam air seperti pseudo alkaloid dan proto alkaloid. Alkaloid yang larut dalam air yaitu garam alkaloid dan alkaloid quartener. Alkaloid memiliki sifat fisik kurang tahan panas. (Cordell 1981).

Foidl *et al.* (2001) melanjutkan bahwa tanin tidak terdeteksi dalam biji kelor dengan berbagai perlakuan ekstraksi. Saponin rentan terhadap suhu tinggi

(Puspitasari dan Desrita 2019), namun diduga kandungan saponin masih cukup tinggi sehingga dapat terdeteksi. Saponin yang terkandung dalam biji kelor, tepung utuh kelor, ekstrak biji dan ekstrak tepung utuh secara berurutan mencapai 1,1, 1,4, 0,5 dan 0,6 % (Foidl *et al.* 2001).

4.2 Intensitas Rasa Pahit

Hasil pengujian rasa pahit pada Tabel 5 menyatakan bahwa semua perlakuan perendaman diikuti perebusan dapat mengurangi rasa pahit secara signifikan ($P < 0,05$). Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa biji kelor dengan seluruh jenis perlakuan perendaman dan perebusan memiliki penghilangan rasa pahit yang signifikan dibandingkan tepung biji kelor tanpa perlakuan. Sampel dengan perlakuan perendaman air diikuti perebusan bertekanan memiliki nilai rasa pahit terendah sebesar $1,19 \pm 0,92$.

Proses perebusan saja telah dibuktikan dapat mengurangi rasa pahit yang terdapat dalam paria (*M. charantia*), kacang lupin (*L. albus*), dan biji kelor (*M. oleifera*) (Rashima *et al.* 2017b; Ertas dan Bilgicli 2014; Ogunsina *et al.* 2015). Proses perebusan bertujuan untuk melunakkan tekstur biji kelor, membantu mengikat dan memisahkan komponen fitokimia polar pada biji, serta inaktivasi enzim β -glukosidase. Enzim β -glukosidase linamarase pada singkong dilaporkan aktif pada suhu 50°C dan stabil pada suhu $40\text{-}50^\circ\text{C}$ (Nwokoro dan Anya 2011). Inaktivasi enzim β -glukosidase menjadi berbahaya, karena glikosida sianogenat tidak dapat dipecah ketika masuk ke dalam tubuh. Glikosida sianogenat akan terhidrolisis dalam tubuh melalui enzim yang dihasilkan oleh mikrobiota usus seperti *B. fragilis*, *Bacteroides vulgatus*, *Bacteroides thetaiotaomicron*, *Bifidobacterium dentium*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Blautia hansenii*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Eubacterium eligens*, *Eubacterium rectale*, *Faecalicabterium prausnitzii*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus jensenii*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Roseburia intestinalis*, *Roseburia faecis*, *Ruminococcus gnavus* (Reis *et al.* 2019). Proses pengecilan ukuran dan perendaman sangat dibutuhkan agar terbentuk HCN yang kemudian larut/menguap dalam air perendam.

Perlakuan perendaman NaHCO_3 memiliki rasa pahit yang tidak berkurang dengan penambahan suhu perebusan. Residu NaHCO_3 yang terlalu banyak dapat menimbulkan rasa pahit yang seperti sabun (Herpandi *et al.* 2019). Perendaman dalam NaCl terbukti menurunkan rasa pahit dalam paria (*M. charantia*) akibat dari rasa asin yang mampu menutupi rasa pahit (Rashima *et al.* 2017b; Keast *et al.* 2001).

Jenis fitokimia yang terdapat dalam tumbuhan, tipe proses pemanasan, dan waktu pemanasan berpengaruh terhadap stabilitas fitokimia. Puspitasari dan Desrita (2019) menjelaskan saponin dan flavonoid yang terdapat dalam *Excoecaria agallocha* memiliki sifat yang tidak tahan panas, sehingga tidak terdeteksi setelah dilakukan proses perebusan $85\text{-}90^\circ\text{C}$ selama 15 menit. Menurut Waller dan Yamazaki (1996), saponin *avenacoside* memiliki ketahanan panas hingga 100°C selama 3 jam. Saponin pada kacang lentil hitam (*Vigna mungo*) dan kacang arab (*Cicer arietinum*) berkurang 7-17% selama pemasakan, sedangkan saponin pada kara oncet (*Vicia faba*) berkurang 35%.

Alkaloid dan tanin masih terdeteksi setelah perebusan menurut Puspitasari dan Desrita (2019), diduga karena alkaloid memiliki jenis senyawa yang cukup

banyak dengan spektrum kelarutan yang luas. Alkaloid dalam bentuk bebas tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik. Alkaloid yang larut dalam air berada dalam bentuk garam alkaloid dan alkaloid quartener (Cordell 1981). Sedangkan tanin larut dalam air dan semakin larut dalam suhu tinggi. Pemanasan mengakibatkan inaktivasi enzim katekol oksidase sehingga tanin yang teroksidasi semakin sedikit (Puspitasari dan Desrita 2019).

Berdasarkan hasil uji intensitas rasa pahit dan uji fitokimia kualitatif, dapat disimpulkan bahwa yang berperan pada rasa pahit biji kelor diperkirakan bukan berasal dari fitokimia golongan tanin, saponin dan alkaloid. Hal tersebut diduga karena tidak ditemukan adanya penurunan intensitas pada analisis fitokimia kualitatif, sedangkan setelah dilakukan proses perendaman dan perebusan terdapat penurunan rasa pahit yang signifikan.

4.3 Kadar Sianida Biji Kelor

Sampel kemudian dilakukan analisis fitokimia berupa sianida total yang diduga berperan dalam meningkatkan rasa pahit (Chiwona-Karlun *et al.* 2004), serta merupakan salah satu parameter utama dalam keamanan pangan. Kadar sianida terendah terdapat pada perlakuan NaHCO_3 dengan perebusan bertekanan yaitu sebesar $33,40 \pm 1,22$ mg/kg biji kelor yang berbeda signifikan dengan seluruh perlakuan lain. Kadar tersebut sesuai dengan regulasi yang ditetapkan oleh *European Community* (EC) yaitu kadar glikosida sianogenat pada tepung utuh (*meal*) singkong dan kacang *almond* < 100 mg HCN ekuivalen/kg tepung dan tepung utuh (*meal*) biji rami < 250 mg HCN ekuivalen/kg tepung.

Tabel 5 Nilai pH larutan perendam, rasa pahit, dan kadar sianida pada biji kelor

Jenis Perlakuan (larutan perendam; suhu perebusan)	pH larutan perendam		Analisis	
	Sebelum	Setelah	Rasa pahit ^{*)}	Kadar sianida (mg/kg tepung)
Tanpa perlakuan	Tanpa perendaman		10,29±2,92 ^e	152,15 ± 0,95 ^k
Air; 70	K		4,69±1,24 ^d	109,44 ± 1,59 ^h
Air; 97	7,02±0,01	6,69±0,03	2,85±1,53 ^{abc}	92,56 ± 0,90 ^e
Air; 115	WH		1,19±0,92 ^a	70,88 ± 1,93 ^b
Garam; 70	WHP		3,47±2,25 ^{cd}	117,33 ± 0,49 ⁱ
Garam; 97	6,67±0,01	5,42±0,01	3,00±1,69 ^{bcd}	76,58 ± 0,72 ^c
Garam; 115	SH		2,24±1,78 ^{abc}	82,28 ± 0,15 ^d
NaHCO_3 ; 70	SL		2,78±2,09 ^{abc}	103,26 ± 0,51 ^g
NaHCO_3 ; 97	8,64±0,02	8,04±0,03	4,07±2,96 ^{cd}	70,30 ± 0,36 ^b
NaHCO_3 ; 115	BH		3,40±1,24 ^{cd}	33,40 ± 1,22 ^a
As asetat; 70	BHP		3,15±1,85 ^{bcd}	132,13 ± 1,59 ^j
As asetat; 97	2,29±0,03	2,50±0,03	1,61±1,30 ^{ab}	99,40 ± 0,26 ^f
As asetat; 115	AH		2,05±1,32 ^{abc}	106,73 ± 3,69 ^h
	AHP			

Keterangan: *) Rasa pahit ditunjukkan dari skala 0 (tidak pahit) – 15 (sangat pahit). Nilai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($P > 0,05$)

Hasil analisis sianida total lebih tinggi dibandingkan dengan Foidl *et al.* (2001) yang menyatakan kadar glikosida sianogenat biji kelor mencapai 5,2-13,1 mg HCN ekuivalen/kg, lebih rendah dari hasil Oluwaniyi dan Obi (2018) yang menyatakan kadar glikosida sianogenat biji kelor sebanyak 74,0±0,00 mg glikosida sianogenat/kg, dan lebih tinggi dari hasil analisis Olagbemide dan Adarabioyo (2017) yang menyatakan bahwa glikosida sianogenat tidak terdeteksi dalam biji kelor. Hal tersebut diduga akibat dari perbedaan lokasi geografis sampel yang didapatkan, serta metode analisis yang digunakan.

Tabel 5 menjelaskan bahwa proses perendaman dengan NaHCO₃ merupakan metode yang paling efektif untuk menurunkan kadar sianida dibandingkan dengan perlakuan lain. Glikosida sianogenat dalam biji kelor terhidrolisis oleh enzim β-glukosidase menjadi bentuk sianohidrin apabila terjadi kontak dengan air. Sianohidrin dalam larutan alkali akan terurai menjadi bentuk campuran karbonil dan HCN bebas yang larut dalam air (Hutami dan Harijono 2014).

Enzim β-glukosidase pada setiap tanaman memiliki stabilitas yang berbeda. Linamarase yang mampu menghidrolisis linamarin (glikosida sianogenat) pada singkong dilaporkan memiliki aktivitas maksimum pada pH 4,5, dan stabil pada rentang pH 5,0-6,0 (Nwokoro dan Anya 2011). Belum ada penelitian yang menjelaskan jenis glikosida sianogenat dan kestabilan enzim β-glukosidase yang ada dalam biji kelor. Apabila enzim β-glukosidase yang terdapat dalam biji kelor diduga memiliki karakteristik sesuai dengan linamarase pada singkong, maka perlakuan perendaman NaCl merupakan perlakuan terbaik karena mendekati rentang pH stabil enzim (6,67).

Kandungan sianida dalam biji kelor pada perlakuan perendaman NaCl berkurang akibat penguapan atau terbawa saat pembuangan air rendaman. Hal tersebut diduga berasal dari kerja enzim β-glukosidase yang optimal dalam proses hidrolisis glikosida sianogenat. Proses hidrolisis menyebabkan perubahan glikosida sianogenat menjadi HCN yang tidak stabil pada suhu ruang dan mudah larut air. Menurut EFSA (2019), bahwa asam sianida (HCN) mudah menguap bila dipanaskan, mempunyai titik uap 25,6°C dalam bentuk tidak terikat, dan mudah larut dalam air dan etanol. Perlakuan perendaman dalam asam asetat dan NaHCO₃ menghasilkan kondisi pH yang menyebabkan aktivitas enzim β-glukosidase kurang optimum.

Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan perendaman NaHCO₃ merupakan perlakuan terbaik untuk menurunkan kadar sianida. Apabila enzim β-glukosidase yang terdapat dalam biji kelor diduga memiliki karakteristik sesuai dengan linamarase pada singkong, maka kerja enzim β-glukosidase tidak optimal dalam kondisi pH basa (8,04-8,64). Kondisi larutan alkalis diduga berpengaruh terhadap kondisi matriks biji kelor. Suasana air rendaman yang alkalis menyebabkan pelunakan jaringan biji, yang mempermudah proses pengeluaran glikosida sianogenat menuju air rendaman (Hutami dan Harijono 2014). Suasana air rendaman yang alkalis menyebabkan pelunakan karena terjadi kerusakan pada ikatan α(1-4) diantara asam galakturonat serat (pektin). Prinsip pelunakan jaringan tersebut diterapkan dalam proses pengupasan (*lye peeling*), yang dilakukan dengan proses perendaman menggunakan larutan alkali pada suhu tinggi (Kumar *et al.* 2019).

NaHCO_3 dapat bereaksi dengan air dan terurai menjadi NaOH dan H_2CO_3 yang tidak stabil. H_2CO_3 kemudian terurai menjadi H_2O dan CO_2 . CO_2 diduga terjebak dalam matriks biji kelor sehingga terjadi ekspansi volume dan membentuk rongga (Putranto *et al.* 2013) yang memudahkan glikosida sianogenat keluar dari sel dan larut dalam air rendaman.

Faktor suhu dan larutan perendam memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar sianida ($P < 0,05$). Faktor suhu memberikan pengaruh yang nyata terhadap intensitas rasa pahit ($P < 0,05$), tetapi faktor jenis larutan perendam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas rasa pahit ($P > 0,05$). Kedua faktor (suhu dan jenis perendam) memiliki interaksi terhadap intensitas rasa pahit dan kadar sianida. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi larutan perendaman dan perebusan berpengaruh nyata terhadap kadar sianida dan intensitas rasa pahit, namun faktor jenis larutan perendam saja tidak memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas rasa pahit. Nilai interaksi kedua faktor dapat dilihat pada Lampiran 4.

Dugaan awal penelitian ini yaitu semakin tinggi suhu pemanasan, akan menghilangkan rasa pahit dan kadar sianida dari tepung biji kelor. Berdasarkan uji Pearson, korelasi antara penurunan kadar sianida dan rasa pahit tidak signifikan pada taraf signifikansi 5% ($P > 0,05$), tetapi kenaikan suhu terhadap penurunan kadar sianida dan rasa pahit memiliki korelasi yang signifikan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$). Hal tersebut membuktikan bahwa penghilangan sianida tidak memiliki korelasi dengan penghilangan rasa pahit. Penurunan sianida tidak memberikan pengaruh nyata terhadap rasa pahit yang terdapat dalam biji kelor, sehingga diduga sianida tidak menyumbangkan rasa pahit yang dominan pada biji kelor. Suhu perebusan yang semakin tinggi, memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan rasa pahit dan kadar sianida. Nilai korelasi hasil uji Pearson dapat dilihat pada Lampiran 4.

Senyawa penyebab rasa pahit pada biji kelor belum dipastikan secara spesifik. Kadar sianida memiliki korelasi positif terhadap penurunan rasa pahit, tetapi tidak signifikan. Hal tersebut diduga terdapat senyawa lain yang merupakan sumber rasa pahit dominan pada biji kelor seperti glukosinolat. Analisis kandungan fitokimia juga perlu dilakukan secara mendalam menggunakan instrumen yang memiliki sensitivitas yang lebih tinggi sehingga mendapatkan hasil secara kuantitatif.

4.4 Kandungan Gizi Proksimat Tepung Biji Kelor Terpilih

Berdasarkan hasil pada tahap 1, dipilih 3 perlakuan terbaik dengan rasa pahit dan kadar sianida terendah. Perlakuan terpilih adalah perendaman dengan air, NaCl dan NaHCO_3 yang dilanjutkan dengan perebusan bertekanan. Tepung dengan perlakuan perendaman CH_3COOH yang dilanjutkan dengan perebusan 90°C memiliki intensitas rasa pahit terendah, tetapi kadar sianida sampel tersebut cukup tinggi sehingga tidak terpilih untuk uji tahap 2. Ketiga perlakuan tersebut kemudian dilakukan pengukuran kandungan gizi proksimat, kapasitas antioksidan, dan total fenolik. Hasil dari ketiga analisis tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.

Hasil uji One Way ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar protein, lemak, karbohidrat, air pada masing-masing sampel ($P < 0,05$) sehingga diperlukan uji lanjut Duncan. Tabel 6 menunjukkan bahwa secara umum kadar protein dan lemak mengalami penurunan setelah diberi

perlakuan perendaman dan perebusan. Proses penurunan rasa pahit dengan perendaman dan perebusan telah terbukti berpengaruh terhadap kadar gizi proksimat.

Ogunsina *et al.* (2015) melakukan perebusan biji *Moringa oleifera* dalam air selama 35 menit menunjukkan kadar protein, lemak, abu, dan serat dalam berat kering secara berurutan sebesar 32.68%, 33.50%, 3.52%, dan 4.5%. Perlakuan perendaman dengan garam NaCl (SHP) menyebabkan terjadinya penurunan protein yang signifikan dibandingkan dengan perendaman dengan air (WHP) dan NaHCO₃ (BHP). Hal tersebut diduga diakibatkan proses *salting in* protein oleh larutan garam (Winarno 2004). Proses ini menyebabkan daya larut protein meningkat pada air garam, sehingga ikut terbuang bersama air perendam. Penurunan kadar protein dan lemak pada perlakuan perendaman NaHCO₃ diduga disebabkan oleh efektivitas NaHCO₃ dalam membuka struktur matriks biji kelor. NaHCO₃ dapat bereaksi dengan air dan terurai menjadi NaOH dan H₂CO₃ yang tidak stabil. H₂CO₃ kemudian terurai menjadi H₂O dan CO₂. CO₂ diduga terjebak dalam matriks biji kelor sehingga terjadi ekspansi volume dan membentuk rongga (Putranto *et al.* 2013), sehingga kandungan yang ada di dalamnya lebih mudah terekstrak dan larut dalam air perebusan.

Penurunan kadar protein dan lemak pada seluruh perlakuan disebabkan oleh perlakuan perebusan bertekanan yang diberikan setelah tahap perendaman. Perlakuan ini dapat memicu terjadinya pelindian (*leaching*) protein dan lemak pada air perebus, reaksi *maillard* dan denaturasi pada protein, serta oksidasi pada lemak (Onyeike *et al.* 2015). Nilai karbohidrat meningkat karena dilakukan penghitungan *by different* yang tidak memperhitungkan jumlah padatan yang hilang dari sampel setelah diberi perlakuan.

4.5 Kapasitas Antioksidan Tepung Biji Kelor Terpilih

Kapasitas antioksidan DPPH untuk perlakuan WHP dan BHP mengalami penurunan yang signifikan ($P < 0,05$), sedangkan untuk FRAP dan total fenolik, ketiga sampel mengalami kenaikan dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan. Kenaikan dan penurunan yang terjadi bergantung pada sifat komponen antioksidan yang ada dalam bahan. Berdasarkan hasil analisis kapasitas antioksidan pada Tabel 6, biji kelor memiliki kapasitas antioksidan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan daun kelor yang memiliki aktivitas penangkap radikal DPPH 51,1–53,5 mg AEAC/g berat kering, dan kadar total fenolik 39,1–45,7 mg GAE/g berat kering (Nobosse *et al.* 2018).

Kadar total fenolik dan kapasitas antioksidan FRAP memiliki nilai yang lebih tinggi dari sampel tanpa perlakuan. Menurut Li *et al.* (2015), adanya pemanasan (blansir) menginaktivasi enzim polifenol oksidase sehingga mencegah terjadinya proses oksidasi komponen fenolik. Biji kelor memiliki komponen flavonoid kaempferol yang merupakan antioksidan dengan mekanisme transfer elektron (*Single Electron Transfer*). Biji kelor memiliki komponen flavonoid katekin, epikatekin, dan asam fenolik seperti asam galat dan asam kafeat (Leone *et al.* 2016; Santos-Sanchez *et al.* 2019), yang merupakan antioksidan dengan mekanisme transfer Hidrogen (*Hydrogen Atom Transfer*). Nilai FRAP yang lebih tinggi dari DPPH diduga karena kandungan antioksidan yang mendonorkan elektron pada biji kelor lebih banyak dibandingkan donor hidrogen.

Nilai kapasitas antioksidan FRAP perlakuan perendaman NaCl (SHP) memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lain. Hal tersebut sesuai dengan hasil Rashima *et al.* (2017a) yang merendam paria (*Momordica charantia*) dalam NaCl 3.5% (60 menit) ditambah dengan blansir (96°C selama 3 menit) menjelaskan kapasitas antioksidan DPPH mengalami kenaikan signifikan ($IC_{50} 63,35 \pm 1.25$) sedangkan FRAP terjadi penurunan signifikan ($4.95 \pm 0.06 \mu\text{mol FeSO}_4/\text{mL}$), dan tidak terjadi perubahan signifikan pada total fenol ($32.81 \pm 1.83 \text{ mg GAE}/100\text{mL}$).

Tabel 6 Kadar gizi proksimat dan antioksidan tepung biji kelor terpilih

Analisis	Perlakuan sampel			
	K	WHP	SHP	BHP
Gizi proksimat				
Protein (% bk)	45,00±0,21 ^c	40,92±0,84 ^b	36,69±0,60 ^a	40,24±0,22 ^b
Lemak (% bk)	34,04±0,84 ^c	30,04±0,70 ^b	34,45±0,08 ^c	29,06±0,15 ^a
Karbohidrat (% bk)	17,34±0,68 ^a	25,67±0,26 ^b	25,29±0,68 ^b	27,25±0,27 ^c
Air (% bb)	6,67±0,10 ^b	6,38±0,14 ^a	7,27±0,26 ^c	6,77±0,12 ^b
Abu (% bk)	3,63±0,24 ^a	3,37±0,17 ^a	3,57±0,06 ^a	3,44±0,24 ^a
Kapasitas Antioksidan (mg AEAC /g bk)				
DPPH	11,70±1,11 ^c	3,07±0,08 ^a	10,36±2,53 ^c	7,22±1,11 ^b
FRAP	17,43±1,22 ^a	50,10±1,69 ^c	32,38±2,82 ^b	58,70±2,67 ^d
Total Fenolik (mg GAE /g bk)	18,13±0,42 ^a	20,22±0,24 ^b	27,33±1,50 ^c	26,48±1,35 ^c

Keterangan: K= Sampel tanpa perlakuan; WHP= Perendaman air dengan perebusan bertekanan; SHP= Perendaman NaCl dengan perebusan bertekanan; BHP= Perendaman NaHCO₃ dengan perebusan bertekanan. Nilai dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($P>0,05$).

Proses perendaman dan pemanasan dapat melunakkan tekstur biji kelor sehingga diduga komponen antioksidan mudah terekstrak oleh pelarut. Putranto *et al.* (2013) menjelaskan bahwa perlakuan perendaman NaHCO₃ menghasilkan rongga antar matriks biji kelor, sehingga saat dilakukan ekstraksi untuk analisis, komponen antioksidan (FRAP) lebih banyak terlarut dibandingkan dengan perlakuan perendaman lain. Pernyataan tersebut didukung oleh Qin *et al.* (2013) yang melakukan perendaman gandum kuda (*Fagopyrum esculentum*) berkecambah dalam NaHCO₃ selama 96 jam dalam berbagai konsentrasi. Perendaman NaHCO₃ meningkatkan total flavonoid, total fenolik, kapasitas antioksidan DPPH, dan inhibisi α -glukosidase.

4.6 Rating Hedonik Kukis dengan Tepung Biji Kelor Substitusi

Berdasarkan kandungan gizi proksimat, kapasitas antioksidan (DPPH dan FRAP), dan total fenolik, perlakuan BHP dan SHP unggul dalam beberapa variabel analisis dibandingkan dengan WHP. Hasil dari Tabel 6 bahwa sampel tepung SHP memiliki keunggulan dalam kapasitas antioksidan DPPH, dan kadar lemak, sedangkan tepung BHP memiliki keunggulan pada kadar karbohidrat, kapasitas

antioksidan FRAP, kadar protein yang tidak berbeda nyata dengan tepung WHP, dan total fenolik yang tidak berbeda nyata dengan tepung SHP. Tepung SHP dipilih untuk tahap ketiga karena memiliki kadar sianida yang jauh lebih rendah dibandingkan tepung SHP (Tabel 6) sehingga lebih aman untuk dikonsumsi.

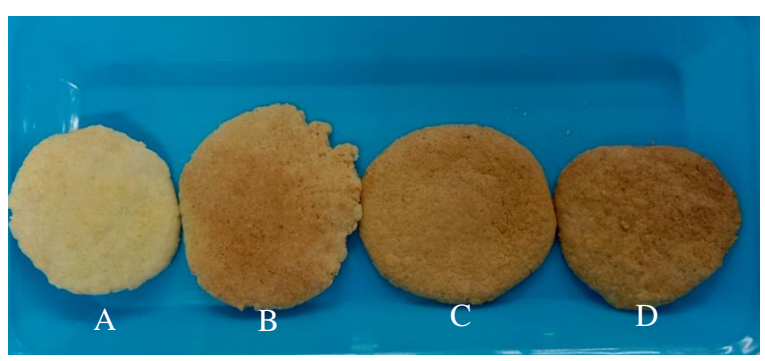
Tepung biji kelor dengan perlakuan BHP kemudian dilakukan substitusi ke dalam tepung terigu sebanyak 0, 10, 20, dan 30% pada pembuatan kukis. Enam puluh orang panelis tidak terlatih memberikan penilaian kesukaan pada atribut warna, tekstur, aroma dan rasa, sedangkan atribut *overall* merupakan rerata dari nilai gabungan keempat atribut tersebut. Hasil rating penerimaan hedonik kukis tepung biji kelor dengan perlakuan BHP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil analisis sensori rating penerimaan kukis substitusi tepung biji kelor

Persen substitusi (%)	Atribut penerimaan				
	Aroma	Warna	Rasa	Tekstur	Overall
0	5,03±1,25 ^a	5,52±1,13 ^b	5,73±1,27 ^a	3,95±1,57 ^a	5,06±0,80 ^a
10	5,00±1,46 ^a	5,25±1,37 ^b	5,38±1,30 ^a	4,10±1,65 ^a	4,93±1,01 ^a
20	4,57±1,66 ^a	5,07±1,53 ^b	5,62±1,12 ^a	4,43±1,54 ^a	4,92±1,00 ^a
30	4,43±1,79 ^a	4,52±1,59 ^a	5,50±1,20 ^a	4,33±1,48 ^a	4,70±0,93 ^a

Keterangan: Penerimaan setiap atribut dari skala sangat tidak diterima hingga sangat diterima yang kemudian dikonversikan menjadi nilai 1-7. Nilai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($P>0,05$)

Hasil rating penerimaan hedonik menunjukkan bahwa substitusi tepung biji kelor yang telah dilakukan pengurangan rasa pahit masih diterima panelis hingga 30% untuk atribut aroma, rasa, tekstur dan overall. Atribut-atribut tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan ($P>0,05$) kecuali atribut warna ($P<0,05$). Uji lanjut Duncan menunjukkan substitusi 30% memiliki perbedaan penerimaan warna yang signifikan dengan substitusi 0, 10 dan 20%.



Gambar 5 Kukis tepung biji kelor, A) tanpa substitusi, B) substitusi 10%, C) substitusi 20%, D) substitusi 30%

Penilaian panelis menurut Gambar 5 menjelaskan bahwa kukis yang terlalu gelap memiliki nilai penerimaan yang lebih rendah. Hal tersebut disebabkan karena warna tepung biji kelor lebih gelap dibandingkan dengan tepung terigu, sehingga semakin banyak % substitusi yang diberikan, warna kukis menjadi semakin gelap. Perubahan warna tidak memberikan pengaruh yang besar, karena komponen warna dapat disesuaikan dengan keinginan konsumen menggunakan pewarna alami.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Secara *overall*, keempat jenis substitusi berada dalam nilai 4 – 5 yang merupakan nilai Netral – Bisa diterima.

Kukis substitusi tepung biji kelor memiliki potensi kandungan protein lebih tinggi dengan penambahan asam amino sulfur (metionin dan sistein) dan kandungan asam lemak oleat lebih tinggi. Metionin merupakan asam amino esensial yang berperan dalam biosintesis sistein dalam tubuh. Metionin sebagai donor metil dalam pembentukan homosistein, yang kemudian mampu bereaksi dengan serin membentuk sistation yang dipecah menjadi α -ketobutirat dan sistein (trans-sulfurasi). Sistein merupakan komponen dari antioksidan endogen glutation (γ -glutamylcysteinylglycine, GSH). Glutation dideskripsikan sebagai agen pertahanan tubuh terhadap racun xenobiotik, yang berupa obat-obatan, polutan dan karsinogen. Wood *et al.* (1993) menjelaskan bahwa golongan MUFA (*Mono Unsaturated Fatty Acid*) termasuk asam lemak oleat dapat menurunkan kolesterol LDL dan meningkatkan kolesterol HDL lebih besar daripada Omega-3 dan Omega-6 (PUFA). Semakin kecil rasio kolesterol LDL/kolesterol HDL, dapat menghambat terjadinya arterosklerosis.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Perlakuan pengupasan, perendaman (media air, NaCl, NaHCO₃, CH₃COOH) selama 24 jam dan perebusan (suhu ± 70 , ± 97 dan $\pm 115^\circ\text{C}$) selama 35 menit, mampu menurunkan rasa pahit biji kelor secara signifikan. Perendaman dalam NaHCO₃ selama 24 jam dilanjutkan dengan perebusan bertekanan ($\pm 115^\circ\text{C}$) selama 35 menit merupakan perlakuan terbaik dalam menurunkan kadar sianida biji kelor. Perlakuan tersebut juga masih memiliki kandungan gizi dan antioksidan yang cukup tinggi. Substitusi tepung terigu dengan 30% tepung biji kelor pada kukis memberikan penerimaan yang tidak berbeda signifikan terhadap perlakuan tanpa substitusi kecuali atribut warna

5.2 Saran

Penelitian ini merupakan dasar dari pemanfaatan biji kelor sebagai bahan pangan. Senyawa fitokimia penyebab rasa pahit biji kelor belum dapat diketahui secara spesifik, akibat sensitivitas metode analisis yang rendah. Kadar sianida tidak memiliki korelasi yang signifikan terhadap rasa pahit, sehingga senyawa penyebab rasa pahit belum dapat dipastikan. Kajian toksisitas biji kelor sangat perlu dilakukan secara *in vivo* dengan hewan coba. Tingkat substitusi tepung biji kelor berpotensi untuk ditingkatkan melebihi 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. *Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemist*. Arlington: The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2011. Air dan air limbah – Bagian 77: Cara uji sianida (CN⁻) secara spektrofotometri. SNI 6989.77:2011.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992. *Biskuit*. SNI 01-2973-1992. Jakarta (ID): BSN.
- [EFSA] European Food Safety Authority. 2019. Evaluation of the health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in foods other than raw apricot kernels. *EFSA Journal* 17(4):5662 doi: 10.2903/j.efsa.2019.5662.
- [FSANZ] Food Standards Australia New Zealand. 2004. Cyanogenic Glycosides In Cassava And Bamboo Shoots: A Human Health Risk Assessment. Technical Report Series No. 28. [internet]. [diunduh pada 3 Februari 2020]. https://www.foodstandards.gov.au/publications/documents/28_Cyanogenic_glycosides.pdf.
- Abou-Zaid FOF, Ibraheem AA. 2015. Using of some different acids in de-bittering of green olives. *Journal of Food and Dairy Sciences* 6(5):393 – 404.
- Adedayo BC, Oboh G, Akindahusi AA. 2010. Changes in the total phenol content and antioxidant properties of pepperfruit (*Dennettia tripetala*) with ripening. *African Journal of Food Science* 4(6):403-409.
- Al-Kahtani HA, Abou-Arab AA. 1993. Comparison of physical, chemical, and functional properties of Moringa peregrina (Al-Yassar or Ao^o-Ban) and soybean proteins. *Cereal Chem* 70:619–626.
- Al-Juhaimi F, Ghafoor K, Hawashin MD, Alsawmahi ON, Babiker EE. 2015. Effects of different levels of Moringa (*Moringa oleifera*) seed flour on quality attributes of beef burgers. *Journal of Food* 14(1):1-9.
- Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. 2007. Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytother*. 21:17–25.
- Apriansyah D, Suprpto H, Sumarna D. 2014. Soaking effects in water, salt, and calcium carbonat solutions on cyanic acid content of gadung dayak tuber roots during six days of soaking. *Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman*. 9(2):49-52.
- Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Saputra I. Aplikasi Tepung Bekatul Fungsional Pada Pembuatan Cookies Dan Donat Yang Bernilai Indeks Glikemik Rendah. *PANGAN*. 22(4):385-393.
- Barton D, Nakanishi K, Meth-Cohn O. 1999. *Comprehensive Natural Products Chemistry*. New York (US): Elsevier.
- Bolarinwa IF, Aruna TE, Raji AO. 2017. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>.
- Chiwona-Karlton L, Brimer L, Saka JDK, Mhone AR, Mkumbira J, Johansson L, Bokanga M, Mahungu NM, Rosling H. 2004. Bitter taste in cassava roots correlates with cyanogenic glucoside levels. *Journal of the Scienc of Food and Agriculture*. 84(6):581-590.

- Compaore WR, Nikiema PA, Bassole HIN, Savadogo A, Mouecoucou J, Hounhouigan DJ, Traore SA. 2011 Chemical Composition and Antioxidative Properties of Seeds of *Moringa oleifera* and Pulps of *Parkia biglobosa* and *Adansonia digitata* Commonly used in Food Fortification in Burkina Faso. *Current Research Journal of Biological Sciences* 3(1):64-72.
- Cordell GA. 1981. *Introduction to Alkaloids—A Biogenetic Approach*. New York (US): Wiley-Interscience.
- Drenowski A, Gomez-Carneros C. 2000. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition* 72:1424–35.
- El-Adawy TA, Rahma EH, El-Bedawy AA, Sobihah TY. 2000. Effect of soaking process on nutritional quality and protein solubility of some legume seeds. *Nahrung* 44(5):339–343.
- Erbas M. 2010. The effects of different debittering methods on the production of lupin bean snack from bitter *Lupinus albus l.* seeds. *Journal of Food Quality* 33:742–757.
- Ertas N, Bilgicli N. 2014. Effect of different debittering processes on mineral and phytic acid content of lupin (*Lupinus albus L.*) seeds. *Journal of Food Science and Technology* 51(11):3348–3354.
- Ezeigbol OR, Ekaikol MU, Ibegbulem O. 2015. Effect of Cooking Time on Starch and Cyanide Contents of Freshly Harvested Cassava Tubers Used for Tapioca Production. *British Biotechnology Journal* 8(4):1-6.
- Foidl N, Makkar HPS, Becker K. 2001. *The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses*. Paper presented at the International conference What development potential for Moringa products?, Dar Es-Salaam. Tanzania.
- Harborne JB. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung (ID): ITB Press.
- Herpandi, Widiastuti I, Wulandari, Sari CA. 2019. Efektivitas natrium bikarbonat (NaHCO_3) terhadap karakteristik fisikokimia dan sensori keripik tulang ikan putak (*Notopterus notopterus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22(2):263-272.
- Hutami FD, Harijono. 2014. Pengaruh penggantian larutan dan konsentrasi NaHCO_3 terhadap penurunan kadar sianida pada pengolahan tepung ubi kayu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2(4):220-230.
- Ijarotimi OS, Adeoti OA, Ariyo O. 2013. Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristic of raw, germinated and fermented *Moringa oleifera* seed flour. *Food Science and Nutrition* 1(6):452-463. doi:10.1002/fsn3.70.
- Imran M, Anjum FM, Butt MS, Siddiq M, Sheikh MA. 2013. Reduction of cyanogenic compounds in flaxseed (*Linum usitatissimum l.*) Meal using thermal treatment. *International Journal of Food Properties* 16(8):1809-1818.
- Indriasari Y, Wignyanto, Kumalaningsih S. 2016. Effect of blanching on saponins and nutritional content of moringa leaves extract. *Journal of Food Research* 5(3):55-60.
- Keast RSJ, Breslin PAS, Beauchamp GK. 2001. Suppression of bitterness using sodium salts. *Chima*. 55:441-447.
- Kumar V, Chavan SM, Jain SK, Salvi BL, Jain NK, Kumar A, Meena KK. 2019. Peeling of tough skinned fruits and vegetables: A review. *International Journal of Chemical Studies* 7(2):1825-1829.



- Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S. 2016. *Moringa oleifera* seeds and oil: characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences* 17(12):2141-2155.
- Li D, Zhang J. 2014. Diet shapes the evolution of the vertebrate bitter taste receptor gene repertoire. *Molecular Biology and Evolution*. 31:303–309
- Li Y, Wills RBH, Golding JB. 2015. Sodium chloride, a cost effective partial replacement of calcium ascorbate and ascorbic acid to inhibit surface browning on fresh-cut apple slices. *LWT-Food Sciences and Technology*. 64(1):503–507. doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.010.
- Maryam ST, Baits M, Nadia A. 2016. Pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) menggunakan metode FRAP. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* 2(2):115-118.
- Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 2004. *Sensory Evaluation Techniques, Fourth Edition*. Florida (US): CRC Press LLC.
- Meyerhof W, Batram C, Kuhn C, Brockhoff A, Chudoba E, Bufe B, Appendino G, Behrens M. 2010. The molecular receptive ranges of human TAS2R bitter taste receptors. *Chemical Sciences*. 35(2):157-70.
- Mune-Mune MA, Bassogog CBB, Nyobe EC, Minko SR. 2016. Physicochemical and functional properties of *Moringa oleifera* seed and leaf flour. *Cogent Food & Agriculture*. 2:1-9.
- Muhl QE, duToit ES, Steyn JM, Robbertse PJ. 2016. The embryo, endosperm and seed coat structure of developing *Moringa oleifera* seed. *South African Journal of Botany*. 106:60-66.
- Murugan K, Yashota, Sekar K, Al-Sohaibanil S. 2012. Detoxification of cyanides in cassava flour by linamarase of *Bacillus subtilis* KM05 isolated from cassava peel. *African Journal of Biotechnology* 11(28):7232-7237. doi:10.5897/AJB11.831.
- Ndubuaku UM, Ndubuaku TCN, Ndubuaku NE. 2014. Yield characteristics of *Moringa oleifera* across different ecologies in Nigeria as an index of its adaptation to climate change. *Sustain Agric. Res*. 3:95.
- Nobosse P, Fombang EN, Mbofung CMF. 2018. Effects of age and extraction solvent on phytochemical content and antioxidant activity of fresh *Moringa oleifera* L. leaves. *Food Science and Nutrition*. 6:2188–2198.
- Nwokoro O, Anya FO. 2011. Linamarase enzyme from *Lactobacillus delbrueckii* NRRL B-763: purification and some properties of a β -Glucosidase. *Journal of the Mexican Chemical Society* 55(4):246-250.
- Ogunsina BS, Radha C, Indrani D. 2015. Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered *Moringa oleifera* seed flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62(2):185-194.
- Olagbemide PT, Adarabioyo MI. 2017. Comparative study of nutritional composition and phytochemical constituents of *Cortinarius* species and *Moringa oleifera* seed. *Der Pharma Chemica*. 9(11):30-34.
- Oluwaniyi OO, Obi BC. 2017. Phytochemical, anti-nutritional and toxicity assessment of *Moringa oleifera* seeds, stem bark and leaves using brine shrimp (*Artemia salina*) assay. *Jordan Journal of Chemistry*. 13(3):171-178.
- Onyeike EN, Anyalogbu EA, Monanu MA. 2015. Effect of heat processing on the proximate composition and energy values of African walnut (*Plukenetiaconophora*) and african elemi (*Canariumschweinfurthii*) consumed

as masticatories in Nigeria. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. 4(8):295-301.

Peraturan Bupati Sumbawa Barat Nomor 80 Tahun 2017 Tentang Program Pelestarian Kelor dengan Tema GEMARI KELOR (Gerakan Masyarakat Menanam dan Melestarikan Kelor).

Puspitasari D, Desrita. 2019. Pengaruh metode perebusan terhadap uji fitokimia daun mangrove *Excoecaria agallocha*. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 6(1):28-31.

Putranto AW, Argo BD, Komar N. 2013. Pengaruh perendaman natrium bikarbonat (NaHCO_3) dan suhu penggorengan terhadap nilai kekerasan keripik kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*). *Jurnal Teknologi Pertanian* 14(2):105-114.

Qin P, Wu L, Yao Y, Ren G. 2013. Changes in phytochemical compositions, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities during the processing of tartary buckwheat tea. *Food Research International*. 50:562-567.

Ramirez E, Medina E, García P, Brenes M, Romero, C. 2016. Optimization of the natural debittering of table olives. *LWT - Food Science and Technology*. doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.071.

Rashima SR, Maizura M, Uthumporn U. 2017a. Effects of debittering treatments on the physical properties and antioxidant capacity of bitter melon extracts. *Advance Journal of Food Science and Technology* 13(6):253-261.

Rashima SR, Maizura M, Kang WM, Fazilah A, Tan LX. 2017b. Influence of sodium chloride treatment and polysaccharides as debittering agent on the physicochemical properties, antioxidant capacity and sensory characteristics of bitter melon (*Momordica charantia*) juice. *Journal of Food Science and Technology* 54(1):228–235.

Reis SA, Conceicao LL, Peluzio MCG. 2019. Intestinal microbiota and colorectal cancer: changes in the intestinal microenvironment and their relation to the disease. *Journal of Medical Microbiology*. 68(10):1391–1407

Rizzo G, Baroni L. 2018. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. *Nutrients* 10(1):43. doi:10.3390/nu10010043.

Santos-Sanchez NF, Salas-Coronado R, Villanueva-Canongo C, Hernandez-Carlos B. 2019. Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism. [internet]. [diunduh pada 3 Februari 2020]. <https://www.intechopen.com/books/antioxidants/antioxidant-compounds-and-their-antioxidant-mechanism>. doi: 10.5772/intechopen.85270.

Saparudin, Wulandari D, Purwanti N. 2016. Validasi simulasi tekanan dan suhu air serta suhu daging sapi selama pemasakan dalam *pressure cooker*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 26(3):343-351.

Sartika RAD. 2008. Pengaruh asam lemak jenuh, tidak jenuh dan asam lemak trans terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 2(4):154-160.

Victor WR, David B, Kathleen MB, Peter JK, Anthony WP. 2018. *Harper's Illustrated Biochemistry Thirty-First Edition*. New York (US): McGraw Hill.

Waller GR, Yamazaki K (ed). 1996. *Saponins used in traditional and modern medicine ACS symposium on saponins: chemistry and biological activity*. New York (US): Plenum Press.

Whiteley PR. 1971. *Biscuit Manufacture: Fundamentals of In-Line Production*. London: Applied Science Publishers, Ltd.

Winarno FG. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Wood R, Kubena K, O'Brien B, Tseng S, Martin G. 1993. Effect of butter, mono- and polysaturated fatty acid-enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *Journal of Lipid Research*. 34(1):1-11.

Yadav AK dan Singh SV. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 51(9):1654-1673.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Iqbal Fanani Gunawan lahir di Magelang, 19 Mei 1995 dari pasangan Bapak Amin Purwadi dan Ibu Rida Umami, sebagai anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Magelang 6 pada tahun 2008, SMPN 1 Magelang pada tahun 2011, SMA Taruna Nusantara pada tahun 2014 dan diterima di program studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan pada tahun 2014. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa kegiatan. Pada tahun 2014-2016, penulis tergabung dalam International Association of Students in Agricultural and Related Sciences (IAAS) Local Committee IPB sebagai Sekretaris Eksekutif 2 dan Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan (Himitepa) sebagai Kepala Divisi Profesi.

Penulis juga aktif berkontribusi sebagai Asisten Praktikum Teknologi Pengolahan Pangan dan Evaluasi Biologis Komponen Pangan, serta menjadi Senior Resident Asrama PPKU IPB. Selain itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan seperti Kepala Divisi Acara The 7th IAAS Olympic, Tim Soal Lomba Cepat Tepat Ilmu Pangan, Tim Medis Masa Pengenalan Kampus Mahasiswa Baru IPB Angkatan 52. Penulis juga pernah menjadi *Master of Ceremony* Babak Final Lomba Cepat Tepat Ilmu Pangan 2016, Moderator Seminar Guru Lomba Cepat Tepat Ilmu Pangan 2017, serta *General Manager* Praktikum Terpadu ITP Kelompok Bakery. Pada akhir masa studinya, penulis menulis skripsi di bawah bimbingan Dr. Ir. Endang Prangdimurti M.Si. dengan judul "Analisis Kandungan Gizi Dan Kapasitas Antioksidan Tepung Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terfermentasi".

Penulis melanjutkan pendidikan magister dengan mengikuti seleksi masuk mahasiswa Pascasarjana di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2018 segera setelah lulus sarjana. Pada saat menjadi mahasiswa Ilmu Pangan, penulis sempat menjadi Pemakalah Poster Seminar Nasional Ilmu Pangan 2018 IPB, menjadi Asisten Praktikum Evaluasi Biologis Komponen Pangan tahun 2018 dan 2019, serta menjadi *Master of Ceremony* Seminar Nasional Lomba Cepat Tepat Ilmu Pangan 2019. Pada akhir masa studinya di jenjang Magister ini penulis menulis tesis dengan melanjutkan topik biji kelor sebagai tugas akhir di bawah bimbingan Dr Ir Endang Prangdimurti MSi dan Dr Tjahja Muhandri STP MT dengan judul "Penghilangan Rasa Pahit Tepung Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Dan Aplikasinya pada Kukis Bergizi Tinggi"

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

