

Pemanfaatan tepung komposit berbasis Ubi Ungu dan Kembang Kol dalam pembuatan *food bar* bebas gluten [*Utilization of purple sweet potato and cauliflower composit flour based in the making of gluten-free food bar*]

Produksi N-asetilglukosamin dengan kitinase intraseluler dari *Providencia stuartii* yang diimmobilisasi menggunakan κ -karagenan [*Production of N-acetylglucosamine using intracellular chitinase from Providencia stuartii immobilized in κ -Carrageenan*]

Variasi pH, suhu dan waktu ekstraksi pektin kulit buah Naga Merah [*Variation pH, temperature, and time in the extraction of Red Dragon fruit peel pectin*]

Karakteristik nugget tahu dengan penambahan Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan perbedaan jenis minyak untuk menggoreng [*Characteristic of tofu nugget with addition of Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) and different frying oil*].

Pembuatan mi singkong : Karakterisasi mi singkong hasil penambahan jenis protein dan rasio tepung singkong terhadap tapioka. [*The making of singkong noodle : Characterization of singkong noodles from additional protein type and the ratio of singkong flour to tapioca*].

Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase dan antioksidan ekstrak daun Belimbing. [*Effect of leaves types and ethanol concentration on α -glucosidase inhibitory and antioxidant activities of Star Fruit leaves extract*]

Pengaruh penggunaan limbah plastik dan kaca pada campuran paving block. [*The effect of plastic and glass waste in paving block mix*]

Diterbitkan Oleh Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pelita Harapan

Editorial Team

Pimpinan Redaksi [*Editor in Chief*]

1. Mr. Hardoko Hardoko, Dr.

Dewan Redaksi [*Editorial Board*]

1. Mr. Manlian Ronald A Simanjuntak, Prof. Dr.
2. Mrs. Nuri Arum Anugrahati, Dr.
3. Mr. Kie Van Ivanky Saputra, Dr
4. Mr. Henri Putra Uranus, Dr
5. Mr. Bambang Budi Sasmito, Dr.
6. Mr. Bambang Kiranadi, Dr.

Administrasi dan Keuangan [*Administration and Finance*]

1. Mrs. Sabrina K Whardhani

DAFTAR ISI

1. Pemanfaatan tepung komposit berbasis Ubi Ungu dan Kembang Kol dalam pembuatan *food bar* bebas gluten [*Utilization of purple sweet potato and cauliflower composit flour based in the making of gluten-free food bar*]. Oleh : Lucia C. Soedirga, Intan Cidarbulan Matita, Terezya E. Wijaya1-14
2. Produksi N-asetilglukosamin dengan kitinase intraseluler dari *Providencia stuartii* yang diimobilisasi menggunakan κ -karagenan [*Production of N-acetylglucosamine using intracellular chitinase from Providencia stuartii immobilized in κ -Carrageenan*]. Oleh: Yuniwaty Halim, Freddy Chayadi, Hardoko, Ratna Handayani 15-26
3. Variasi pH, suhu dan waktu ekstraksi pektin kulit buah Naga Merah [*Variation pH, temperature, and time in the extraction of Red Dragon fruit peel pectin*]. Oleh : Ratna Handayani, Stevanni Devi27-38
4. Karakteristik nugget tahu dengan penambahan Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan perbedaan jenis minyak untuk menggoreng [*Characteristic of tofu nugget with addition of Oyster Mushrooms (Pleurotus ostreatus) and different frying oil*]. Oleh : Titri Siratantri Mastuti, Michael Adrian 39-57
5. Pembuatan mi singkong : Karakterisasi mi singkong hasil penambahan jenis protein dan rasio tepung singkong terhadap tapioka. [*The making of singkong noodle : Characterization of singkong noodles from additional protein type and the ratio of singkong flour to tapioca*]. Oleh: Hardoko, Clara Tasia, Titri Siratantri Mastuti 58-72
6. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase dan antioksidan ekstrak daun Belimbing. [*Effect of leaves types and ethanol concentration on α -glucosidsase inhibitory and antioxidant activities of Star Fruit leaves extract*]. Oleh : Tagor Marsillam Siregar, Gracia Amadea 73-87
7. Pengaruh penggunaan limbah plastik dan kaca pada campuran paving block. [*The effec of plastic and glass waste in paving block mix*]. Oleh : Sunie Rahardja, Anastasia Cathelyn, Jack Widjajakusuma 88-97

PEDOMAN PENULISAN FaST – Jurnal Sains dan Teknologi

TEMPLATE PENULISAN FaST – Jurnal Sains dan Teknologi

PEMANFAATAN TEPUNG KOMPOSIT BERBASIS UBI UNGU DAN KEMBANG KOL DALAM PEMBUATAN FOOD BAR BEBAS GLUTEN

[UTILIZATION OF PURPLE SWEET POTATO AND CAULIFLOWER COMPOSITE FLOUR BASED IN THE MAKING OF GLUTEN-FREE FOOD BAR]

Lucia C. Soedirga*, Intan C. Matita, dan Terezya E. Wijaya
Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan
Jl.MH. Thamarin Boulevard 1100 Karawaci, Tangerang

*Korespondensi penulis : lucia.soedirga@uph.edu

ABSTRACT

The food bar is a product commonly made from wheat flour as the main ingredient. However, gluten in wheat flour could bring an allergy for some people; therefore, the food bar consumption is limited. Thus, another ingredient should replace the wheat flour and use it as an alternative in the making of gluten-free food bar. In this research, purple sweet potato and cauliflower were processed into composite flour within ratio 100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; and 50:50. The result has shown that 90:10 of purple sweet potato flour and cauliflower was selected as the preferred ratio to make gluten free food bar. This food bar has hardness value of 983.32 ± 1.39 . The scoring result aroma, mouthfeel, texture, and taste were 2.98 ± 1.14 (slightly not odd aroma); 3.73 ± 1.04 (slightly not dry); 3.65 ± 1.19 (slightly not easy to be broken); 2.93 ± 1.23 (slightly not odd taste). Meanwhile, the degree of acceptance from panelist was neutral to slightly like toward aroma, mouthfeel, texture, taste, and overall acceptance of food bar within the value 4.80 ± 1.11 ; 4.65 ± 1.19 ; 4.40 ± 1.19 ; 4.78 ± 1.21 ; and 4.70 ± 1.14 , respectively. Moreover, it has $16.89 \pm 0.55\%$ of moisture, $2.92 \pm 0.11\%$ of ash, $11.01 \pm 0.11\%$ of protein, $18.12 \pm 0.50\%$ of fat, $51.06 \pm 0.11\%$ of carbohydrate (by difference), and $10.82 \pm 0.07\%$ of dietary fibre.

Keywords : cauliflower, composite flour, dietary fibre, food bar, purple sweet potato

ABSTRAK

Food bar merupakan salah satu makanan ringan yang menggunakan tepung terigu sebagai bahan baku utama. Namun, kandungan gluten pada tepung terigu dapat menyebabkan alergi pada beberapa kalangan sehingga konsumsi food bar menjadi terbatas. Oleh sebab itu, perlu dicari bahan baku lainnya yang dapat menggantikan tepung terigu dan dijadikan sebagai alternatif bahan baku utama dalam pembuatan food bar bebas gluten. Pada penelitian ini, ubi ungu dan kembang kol dibuat menjadi tepung komposit pada berbagai rasio (100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; dan 50:50). Hasil menunjukkan bahwa rasio tepung ubi ungu dan tepung kembang kol 90:10 merupakan rasio terpilih dalam pembuatan food bar bebas gluten. Food bar ini memiliki tingkat kekerasan sebesar $983,32 \pm 1,39$. Hasil skoring aroma, mouthfeel, tekstur, dan rasa masing-masing sebesar $2,98 \pm 1,14$ (tidak terasa aroma asing); $3,73 \pm 1,04$ (agak tidak kering); $3,65 \pm 1,19$ (agak tidak mudah patah); $2,93 \pm 1,23$ (agak tidak terasa aroma asing). Selain itu, tingkat kesukaan panelis terhadap food bar adalah netral hingga agak suka untuk atribut aroma ($4,80 \pm 1,11$), mouthfeel ($4,65 \pm 1,19$), tekstur ($4,40 \pm 1,19$), rasa ($4,78 \pm 1,21$), dan penerimaan keseluruhan ($4,70 \pm 1,14$). Food bar pada formulasi terpilih ini juga memiliki $16,89 \pm 0,55\%$ kadar air; $2,92 \pm 0,11\%$ kadar abu; $11,01 \pm 0,11\%$ kadar protein, $18,12 \pm 0,50\%$ kadar lemak, $51,06 \pm 0,11\%$ kadar karbohidrat (by difference); dan $10,82 \pm 0,07\%$ kadar serat pangan.

Kata kunci : food bar, kembang kol, serat pangan, tepung komposit, ubi ungu

PENDAHULUAN

Food bar merupakan makanan ringan yang memiliki bentuk batang dan termasuk dalam kelompok IMF (*intermediate moisture food*) dengan kadar air berkisar antara 10-40% dan aktivitas air sebesar 0,6-0,9. *Food bar* memiliki energi sebesar 120 kkal sehingga banyak dikonsumsi sebagai alternatif makanan camilan yang lebih sehat atau sebagai pengganti makanan disaat lapar (Elisabet *et al.*, 2018 dan Aleksejeva *et al.*, 2017).

Bahan baku utama yang umumnya digunakan dalam pembuatan *food bar* adalah tepung terigu. Namun tidak semua kalangan dapat mengonsumsi terigu dikarenakan adanya kandungan gluten. Oleh sebab itu terjadi peningkatan konsumsi produk-produk yang berbasis non gluten. Selain itu masyarakat juga mulai mengonsumsi produk yang tidak hanya sekedar mengenyangkan namun juga bergizi sehingga dapat membantu mencegah terjadi beberapa masalah malnutrisi dan meningkatkan kadar serat (Sharma *et al.*, 2014; Yadav dan Bhatnagar, 2017).

Beberapa jenis sereal seperti beras juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku dalam pembuatan *food bar* bebas gluten (Sharma *et al.*, 2014). Selain sereal, komoditi bahan pangan lainnya

yang juga tinggi nutrisi seperti ubi ungu dan kembang kol memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan *food bar*. Ubi ungu dan kembang kol juga banyak ditanam di Indonesia sehingga mudah didapat dan harganya juga cukup murah.

Ubi ungu tergolong produk pangan dengan indeks glikemik rendah, yakni sebesar 51 sehingga dapat diserap secara perlahan oleh tubuh dan tidak menyebabkan kenaikan gula darah yang tinggi serta dapat mengenyangkan. Ubi ungu juga tidak mengandung lemak jenuh dan tinggi serat. Ubi ungu segar memiliki kadar serat sebesar 3%, sedangkan tepungnya memiliki kadar serat hingga 4,72% (Ginting *et al.*, 2011; Aritonang *et al.*, 2017; Van Toan, 2018).

Penelitian Soedirga *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa tepung kembang kol yang diperoleh dari hasil pengeringan dengan pengering kabinet memiliki kadar serat hingga 38,59%. Hal ini menunjukkan bahwa tepung kembang kol dapat diaplikasikan kedalam produk pangan sebagai salah satu sumber serat. Selain itu, pemanfaatan kembang kol sendiri masih terbatas pada produk masakan dan jarang diaplikasikan pada produk olahan. Beberapa aplikasi dari tepung kembang kol diantaranya adalah biskuit, mi, dan makanan

ringan esktruksi (Stojceska *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2015, dan Wani *et al.*, 2013) Namun belum ada aplikasi dari tepung kembang kol ini terhadap *food bar*.

Tepung ubi ungu memiliki kadar serat pangan yang relatif rendah yakni sebesar 4,72% (Rodrigues *et al.*, 2016), namun tepung ubi ungu sudah banyak diaplikasikan, sedangkan pemanfaatan tepung kembang kol sendiri masih terbatas. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang menggabungkan kedua jenis tepung tersebut menjadi tepung komposit dan diaplikasikan pada produk pangan.

Aplikasi tepung komposit tentunya memengaruhi karakteristik fisik, kimia, dan sensori dari produk, oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol yang tepat untuk menghasilkan *food bar* yang tidak hanya memiliki nilai nutrisi, seperti tinggi serat pangan namun juga memiliki karakteristik fisik, terutama tekstur dan sensori yang dapat diterima oleh konsumen.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah ubi ungu segar (kisaran berat 130 gram) dan kembang kol segar (kisaran berat 450 gram) yang diperoleh dari Pasar Modern Graha Raya, margarin (Blue Band), telur ayam

negeri konsumsi, gula (Gulaku), susu skim bubuk (NZMP), air destilasi, n-heksana (Pro-analysis, Smart-Lab), K₂SO₄ (Merck), Se (Merck), H₂SO₄ 98% (Pro-analysis, Smart-Lab), H₂O₂ 30% (Pro-analysis, Merck), *mixed indicator*, NaOH 35% (Pro-analysis, Merck), asam borat (Merck), HCl 37% (Smart-Lab), enzim amiloglukosidase (Sigma Aldrich), sodium metabisulfite (Merck).

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik (Ohaus Pioneer), timbangan meja (Mettler Toledo), pengering kabinet (Wangdi W), oven (UNB 500, Memmert), *baking oven* (Bakbar), *mixer* (Phillips) desikator (DURAN), ayakan (CBN), pisau, *peeler*, *slicer*, blender (Phillips), *food processor* (Phillips), alat-alat gelas (Iwaki Pyrex), labu didih (Iwaki Pyrex), *heater* (CIMAREC), *rotary evaporator* (R-210/215, Büchi), cawan penguapan, cawan abu, tanur (Thermolyne 48000), alat destruksi Kjeldahl (Buchi SpeedDigester K-425 dan Buchi Scrubber K-415), alat destilasi Kjeldahl (Buchi K-355), *automatic titrator* (TitroLine Schott Instruments).

Metode Penelitian

Pembuatan Tepung Kembang Kol

Pembuatan tepung kembang kol mengacu kepada Soedirga *et al.* (2020).

Kembang kol segar dicuci kemudian bagian kuntum dan batang kembang kol dipisahkan. Bagian batang kembang kol dibuang, sedangkan bagian kuntum kembang kol dipisahkan satu dengan yang lainnya hingga didapat potongan kuntum kembang kol dengan panjang ± 3 cm. Potongan kuntum kembang kol kemudian diblansir (*steam blanching*) selama 3 menit. Setelah blansir, kembang kol didinginkan selama 5 menit dan dikecilkan ukurannya dengan menggunakan *food processor*.

Potongan-potongan kuntum kembang kol kemudian dikeringkan dengan pengering kabinet selama 24 jam pada suhu 50°C hingga kadar airnya mencapai 12%. Kembang kol yang sudah kering kemudian dikecilkan ukurannya dengan menggunakan blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 *mesh* hingga diperoleh tepung kembang kol. Analisis serat pangan (AOAC, 1995), kadar air (AOAC, 2005), dan rendemen (Atif *et al.*, 2018) dilakukan terhadap tepung kembang kol yang dihasilkan.

Pembuatan Tepung Ubi Ungu

Pembuatan tepung ubi ungu mengacu kepada Elisabet *et al.* (2018) dengan modifikasi. Ubi ungu segar disortasi kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Ubi ungu yang sudah bersih

kemudian dikupas kulitnya dengan *peeler* dan dibuat menjadi lembaran tipis dengan *slicer*. Lembaran tipis ubi ungu tersebut direndam dalam larutan metabisulfit 0,2% selama 15 menit untuk mencegah reaksi pencoklatan enzimatis.

Selanjutnya lembaran tipis ubi ungu tersebut dikeringkan dengan pengering kabinet selama 24 jam pada suhu 50°C hingga kadar airnya mencapai 5%. Ubi ungu yang sudah kering kemudian dikecilkan ukurannya dengan menggunakan blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 *mesh* hingga diperoleh tepung ubi ungu. Tepung ubi ungu yang dihasilkan kemudian dianalisis serat pangan (AOAC, 1995), kadar air (AOAC, 2005), dan rendemennya (Atif *et al.*, 2018).

Pembuatan Food Bar

Proses pembuatan *food bar* mengacu kepada Elisabet *et al.* (2018) dengan modifikasi. Tepung ubi ungu dan kembang kol dibuat menjadi tepung komposit dengan mencampurkan secara kering kedua tepung tersebut dalam berbagai rasio yakni 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50. Rasio 100:0 tepung ubi ungu dan tepung kembang kol merupakan kontrol.

Formulasi *food bar* dapat dilihat pada Tabel 1. Pembuatan *food bar* diawali dengan melakukan pencampuran

keseluruhan terhadap telur, margarin, dan gula selama 5 menit kemudian diikuti dengan pencampuran susu skim dan tepung komposit ubi ungu dan kembang kol pada berbagai rasio selama 5 menit dengan menggunakan *mixer*. Setelah itu, proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan tangan hingga diperoleh adonan yang tidak lengket.

Tabel 1. Formulasi *Food Bar*

Komposisi	Jumlah (%)
Tepung komposit ubi ungu dan kembang kol	43,48
Margarin	13,04
Gula	13,04
Susu skim	4,35
Telur	26,09

Sumber: Elisabet *et al.* (2018) dengan modifikasi

Adonan kemudian dimasukkan ke dalam oven yang sudah dipanaskan pada suhu 160°C selama 30 menit. *Food bar* kemudian dipotong dengan ukuran 2,5 x 2 cm dan dilanjutkan dengan pemanggangan kembali selama 15 menit. Uji tekstur dengan menggunakan *texture analyzer* (tingkat kekerasan) dan sensori dilakukan terhadap seluruh formulasi *food bar*.

Uji sensori yang dilakukan meliputi skoring dan hedonik terhadap parameter aroma, rasa, warna, tekstur, *mouthfeel*, dan penerimaan keseluruhan. *Food bar* dengan rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terpilih selanjutnya akan dianalisis proksimat (AOAC, 2005) dan

serat pangan (AOAC, 1995). Analisis proksimat meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, dan kadar karbohidrat (by *difference*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tepung Ubi Ungu dan Kembang Kol

Tabel 2 menunjukkan karakteristik tepung ubi ungu dan tepung kembang kol. Karakteristik tepung kembang kol mengacu kepada penelitian Soedirga *et al.* (2020).

Tabel 2. Karakteristik tepung ubi ungu dan tepung kembang kol

Komponen	Tepung ubi ungu	Tepung kembang kol*
Kadar air (% bb)	5,42±0,20	12,43 ± 0,49
Kadar serat (%)	10,71±0,06	38,59 ± 0,29
Rendemen (%)	89,82±2,44	82,83 ± 4,26

*Soedirga *et al.* (2020)

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa tepung kembang kol memiliki kadar serat yang lebih tinggi (38,59 ± 0,29%) jika dibandingkan dengan tepung ubi ungu (10,71±0,06%). Hal ini sejalan dengan kadar serat pada kembang kol segar yang juga lebih tinggi daripada ubi ungu segar. Kembang kol segar memiliki kadar serat sebesar 10,77 ± 0,25 g/100 g bahan (Ahmed dan Ali, 2013; Mansour *et al.*, 2015); sedangkan ubi ungu segar mengandung serat sebesar 3% (Giri dan Sakhale, 2019).

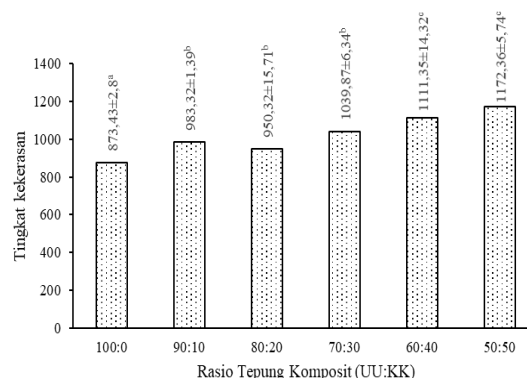
Pada Tabel 2 juga terlihat bahwa kadar air tepung ubi ungu ($5,42 \pm 0,20\%$) lebih rendah dibandingkan tepung kembang kol ($12,43 \pm 0,49\%$). Kadar air pada ubi ungu segar sebesar $73 \pm 1,60\%$ (Rodrigues *et al.*, 2016), sedangkan kadar air kembang kol segar dapat mencapai hingga $88,64 \pm 1,14\%$ (Ahmed dan Ali, 2013). Tingginya kadar air pada bahan segar juga memengaruhi kadar air dari tepung yang dihasilkan.

Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Tingkat Kekerasan Food Bar

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap tingkat kekerasan *food bar*. Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan rasio tepung kembang kol di dalam tepung komposit menghasilkan *food bar* yang semakin keras. Tepung ubi ungu dan tepung kembang kol tidak mengandung gluten padahal gluten membantu pembentukan adonan yang lebih kohesif sehingga akan berpengaruh terhadap tekstur yang dihasilkan, yakni menjadi semakin tidak keras (Arendt and Bello, 2008).

Salah satu faktor yang dapat memengaruhi tingkat kekerasan suatu

produk adalah kadar amilosa. Ubi ungu mengandung kadar amilosa yang cukup tinggi yakni sebesar 30-40%. Tingginya kadar amilosa dalam suatu produk pangan dapat membuat struktur produk menjadi lebih padat dan keras sehingga dengan semakin banyaknya proporsi tepung ubi ungu akan semakin meningkatkan kekerasan dari *food bar* (Saeed *et al.*, 2012 dan Phomkaivon *et al.*, 2018).



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$). UU (Ubi Ungu); KK (Kembang Kol)

Gambar 1. Pengaruh rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap tingkat kekerasan *food bar*

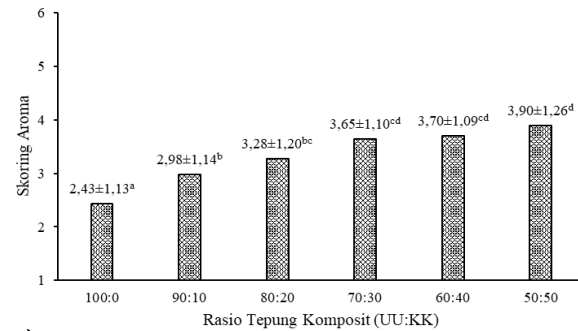
Tabel 2 menunjukkan bahwa tepung kembang kol memiliki kadar serat yang lebih tinggi ($38,59 \pm 0,29\%$) jika dibandingkan dengan tepung ubi ungu ($10,71 \pm 0,06\%$). Kadar serat yang tinggi juga berpengaruh terhadap struktur produk, yakni menjadi semakin padat dan keras karena serat pangan mampu mengikat air pada produk. Oleh sebab itu, dengan

semakin meningkatnya kadar serat pangan, maka tekstur yang dihasilkan juga menjadi semakin keras. Namun tidak ada perbedaan signifikan pada tingkat kekerasan *food bar* pada rasio 60:40 dan 50:50 serta pada *food bar* dengan rasio tepung ubi ungu dan kembang kol 90:10, 80:20, dan 70:30.

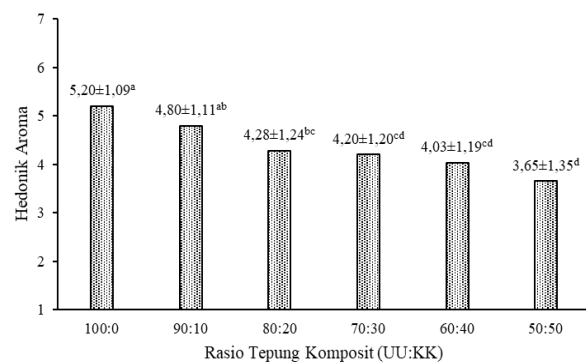
Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Skoring dan Hedonik Aroma *Food Bar*

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap skoring aroma *food bar* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (a). Selain itu, rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol juga berpengaruh signifikan terhadap hedonik aroma dari *food bar* (Gambar 2b).

Gambar 2 (a) menunjukkan bahwa penambahan tepung kembang kol hingga setengah bagian dari tepung komposit (UU:KK= 50:50) menghasilkan *food bar* dengan karakteristik aroma yang agak tidak terasa aroma asing ($3,90 \pm 1,20$). Hal ini menunjukkan bahwa panelis sedikit menunjukkan adanya karakter aroma asing pada *food bar* namun dari tingkat penerimaan, panelis masih agak menyukai *food bar* yang dibuat dengan penambahan 50% tepung kembang kol ($3,65 \pm 1,35$) (Gambar 2b).



a)



b)

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$). UU (Ubi Ungu); KK (Kembang Kol)

Gambar 2. Pengaruh rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap aroma *food bar* (a) skoring dengan skala 1 (tidak terasa aroma asing)- 6 (terasa aroma asing) (b) hedonik dengan skala 1 (sangat tidak suka)-4 (netral)-7 (sangat suka)

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa peningkatan rasio tepung kembang kol di dalam tepung komposit menyebabkan terbentuknya aroma asing yang semakin agak terasa oleh panelis ($3,65 \pm 1,35$). Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan sulfur pada kembang kol segar. Menurut Picchi *et al.* (2012) dan Wang *et al.* (2020), sayuran dari kelompok *cruciferous* seperti kembang kol diketahui mengandung komponen sulfur,

yakni isotiosianat sebesar 2,3 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ yang dapat berkontribusi terhadap pembentukan aroma sulfur yang tajam pada kembang kol segar.

Pembentukan aroma sulfur yang tajam pada *food bar* juga dapat disebabkan oleh berbagai proses pengolahan terhadap kembang kol segar. Proses pengolahan seperti pengukusan, perebusan, dan pengeringan terhadap kembang kol dapat meningkatkan komponen isotiosianatnya masing-masing sebesar 9,5 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$, 4,3 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$, dan 14,9 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ (Wieczorek dan Jeleń 2019; Wang *et al.*, 2020). Kembang kol yang digunakan pada penelitian mengalami proses *steam blanching* dan pengeringan selama 24 jam pada suhu 50°C) sehingga terjadi peningkatan pembentukan komponen isotiosianat dan berpengaruh terhadap karakteristik aroma sulfur yang cukup tajam pada tepung kembang kol yang digunakan dalam pembuatan *food bar*.

Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Skoring dan Hedonik Tekstur Food Bar

Hasil pengujian statistik *Oneway ANOVA* menunjukkan bahwa variasi rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol tidak memberikan perbedaan signifikan ($p>0,05$) terhadap skoring tekstur *food bar*. Nilai skoring tekstur *food bar* adalah $3,88 \pm$

$1,07$ (100:0), $3,65 \pm 1,19$ (90:10), $3,68 \pm 1,16$ (80:20), $3,85 \pm 1,12$ (70:30), $3,90 \pm 1,06$ (60:40, dan $3,85 \pm 1,14$ (50:50). Nilai skoring tersebut menunjukkan bahwa panelis menilai *food bar* yang dihasilkan memiliki tekstur yang agak tidak mudah patah.

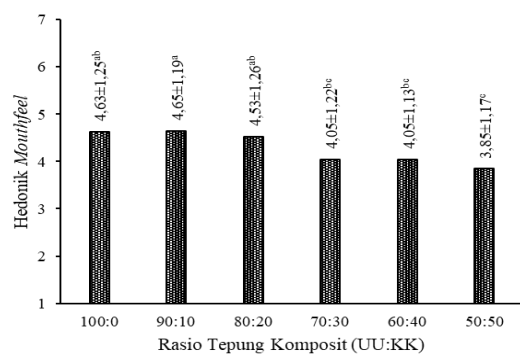
Hasil skoring tekstur juga berkaitan dengan Gambar 1 yang menunjukkan hasil pengukuran tingkat kekerasan *food bar* dengan menggunakan *texture analyzer*. Tingkat kekerasan yang cukup tinggi dengan semakin meningkatnya rasio tepung ubi ungu dipengaruhi oleh kadar amilosa dari tepung ubi ungu. Hal ini menyebabkan *food bar* memiliki struktur yang lebih padat dan kompak. Selain itu kadar serat pangan pada kedua tepung yang digunakan dalam tepung komposit juga berpengaruh terhadap kekerasan *food bar*. Tepung ubi ungu dan tepung kembang kol dalam penelitian ini memiliki kadar serat masing-masing sebesar $10,71 \pm 0,06\%$ dan $38,59 \pm 0,29\%$. Menurut Aydogdu *et al.* (2018), kadar serat yang tinggi pada produk-produk yang dipanggang akan meningkatkan kekerasan produk karena kemampuan serat pangan dalam mengikat air.

Tingkat penerimaan kesukaan terhadap tekstur *food bar* juga tidak berpengaruh signifikan ($p>0,05$) dengan perbedaan rasio tepung komposit ubi ungu

dan kembang kol yang digunakan. Nilai hedonik tekstur *food bar* adalah $4,75 \pm 1,17$ (100:0), $4,40 \pm 1,19$ (90:10), $4,42 \pm 1,26$ (80:20), $4,42 \pm 1,22$ (70:30), $4,30 \pm 1,14$ (60:40), dan $4,17 \pm 1,15$ (50:50). Nilai hedonik tersebut menandakan bahwa panelis memberikan penilaian netral ke arah agak suka terhadap tekstur *food bar* yang dihasilkan.

Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Skoring dan Hedonik *Mouthfeel Food Bar*

Hasil pengujian statistik *Oneway ANOVA* menunjukkan bahwa variasi rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol tidak memberikan perbedaan signifikan ($p > 0,05$) terhadap skoring *mouthfeel food bar*. Namun, perbedaan rasio tepung komposit berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap hedonik *mouthfeel* dari *food bar* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$). UU (Ubi Ungu); KK (Kembang Kol).

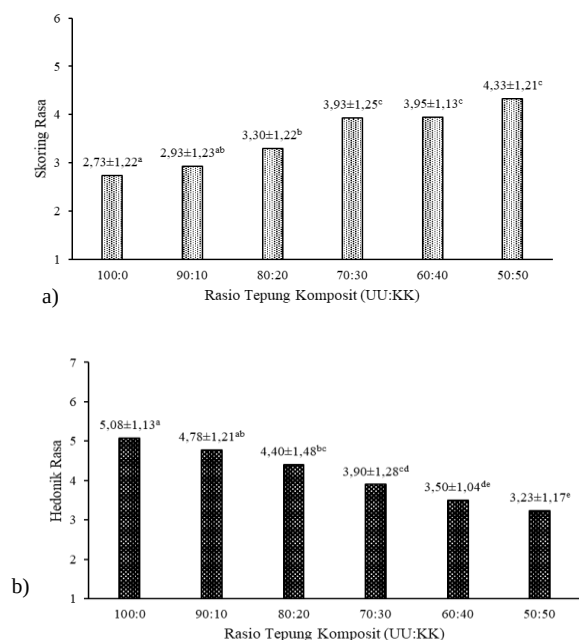
Gambar 3. Pengaruh rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap penilaian hedonik *mouthfeel food bar* (skala 1-7)

Nilai skoring *mouthfeel food bar* adalah $3,68 \pm 1,10$ (100:0); $3,73 \pm 1,04$ (90:10); $3,65 \pm 1,10$ (80:20); $4,00 \pm 0,96$ (70:30); $3,90 \pm 1,06$ (60:40); dan $3,60 \pm 1,15$ (50:50). Nilai tersebut menunjukkan bahwa panelis menilai *food bar* memiliki karakteristik *mouthfeel* yang agak tidak kering (*dry mouthfeel*). Munculnya sensasi *dry mouthfeel* pada *food bar* disebabkan oleh tidak adanya gluten. Produk bebas gluten seperti roti, pasta, dan kukis umumnya memiliki beberapa kelemahan seperti tekstur yang kasar, rapuh dan terasa kering ketika dimakan (Jnawali *et al.*, 2016).

Gambar 3 menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis adalah netral ($4,05 \pm 1,22$) terhadap *mouthfeel food bar* dengan semakin tingginya proporsi tepung kembang kol di dalam tepung komposit. Namun ketika rasio tepung kembang kol mencapai setengah bagian dari tepung komposit (UU:KK= 50:50) maka terjadi penurunan tingkat kesukaan panelis, yakni menjadi agak tidak suka terhadap karakteristik *mouthfeel* dari *food bar* tersebut ($3,85 \pm 1,17$). Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan serat pada tepung kembang kol ($38,59 \pm 0,29\%$) dibandingkan tepung ubi ungu ($10,71 \pm 0,06\%$) yang dapat memengaruhi pembentukan karakteristik *mouthfeel* yang berpasir dan kering.

Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Skoring dan Hedonik Rasa *Food Bar*

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap skoring rasa *food bar* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 (a). Selain itu, variasi rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol juga berpengaruh signifikan terhadap tingkat kesukaan panelis terhadap rasa dari *food bar* (Gambar 4b).



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$).
UU (Ubi Ungu); KK (Kembang Kol)

Gambar 4. Pengaruh rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap rasa *food bar* (a) skoring dengan skala 1 (sangat tidak terasa aroma asing)- 6 (sangat terasa aroma asing) (b) hedonik dengan skala 1 (sangat tidak suka)-4 (netral)-7 (sangat suka)

Gambar 4 (a) menunjukkan bahwa penambahan tepung kembang kol hingga setengah bagian (UU:KK=50:50) ke dalam tepung komposit menghasilkan *food bar* yang memiliki rasa asing yang agak terasa ($4,32 \pm 1,21$) oleh panelis. Hasil ini juga sejalan dengan penilaian terhadap aroma asing dari *food bar* seiring dengan meningkatnya rasio dari tepung kembang kol di dalam tepung komposit (Gambar 2a).

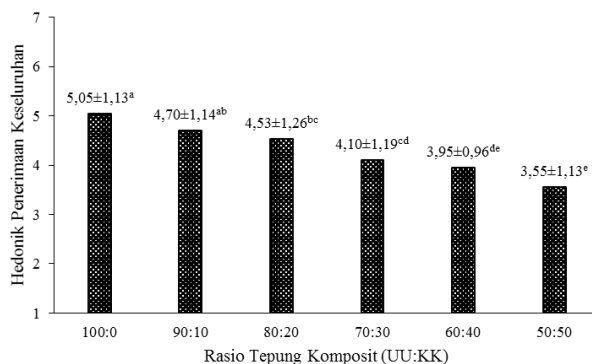
Rasa asing disebabkan oleh keberadaan komponen isotiosianat pada tepung kembang kol. Lamanya waktu pengeringan dapat meningkatkan keberadaan komponen volatil yang dapat memengaruhi pada pembentukan aroma asing pada produk. Pembentukan aroma asing berpengaruh pula terhadap rasa asing pada produk (Wieczorek dan Jeleń, 2019).

Hasil skoring rasa asing pada Gambar 4(a) juga sejalan dengan tingkat penerimaan panelis terhadap rasa asing seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4 (b). Panelis agak tidak menyukai ($3,22 \pm 1,77$) *food bar* yang dibuat dengan rasio tepung kembang kol dan tepung ubi ungu 50:50

Perbedaan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol terhadap Penerimaan Keseluruhan *Food Bar*

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan

signifikan ($p < 0,05$) rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap penilaian keseluruhan dari *food bar*. Berdasarkan Gambar 5 dapat terlihat bahwa penggunaan tepung kembang kol pada jumlah yang lebih rendah lebih diterima dan disukai oleh panelis. Tepung kembang kol maksimal dapat digunakan hingga rasio 30 bagian dari total keseluruhan tepung komposit. Pada rasio tersebut (UU:KK= 70:30), panelis masih memberikan penilaian yang netral terhadap *food bar* yang dihasilkan.



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$). UU (Ubi Ungu); KK (Kembang Kol)

Gambar 5. Pengaruh rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terhadap hedonik penerimaan keseluruhan *food bar* dengan skala 1 (sangat tidak suka)-4 (netral)-7 (sangat suka)

Karakteristik *Food Bar* dengan Rasio Tepung Komposit Ubi Ungu dan Kembang Kol Terpilih

Penentuan rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terpilih dilakukan berdasarkan parameter tingkat kekerasan dan sensori. Rasio 90:10 antara tepung ubi

ungu dan tepung kembang kol merupakan rasio terpilih pada *food bar*. Tabel 3 menunjukkan karakteristik kimia dari *food bar* yang dibuat dengan menggunakan rasio tepung ubi ungu dan kembang kol 90:10 dan *food bar* yang dibuat hanya dengan tepung ubi ungu (kontrol).

Table 3. Karakteristik kimia *food bar* kontrol dan *food bar* formulasi terpilih

Komponen	Formulasi	
	Kontrol (100:0)	Formulasi terpilih (90:10)
Kadar air	14,66 ± 0,32 ^a	16,89 ± 0,55 ^b
Kadar Abu	2,36 ± 0,20 ^a	2,92 ± 0,11 ^b
Kadar protein	8,40 ± 0,03 ^a	11,01 ± 0,11 ^b
Kadar lemak	16,39 ± 0,96 ^a	18,12 ± 0,50 ^b
Kadar karbohidrat	58,11 ± 1,21 ^a	51,06 ± 0,86 ^b
Kadar serat pangan	10,32 ± 0,06 ^a	10,82 ± 0,07 ^b

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 3 dapat terlihat bahwa pada rasio terendah tepung kembang kol pada tepung komposit (UU:KK= 90:10) sudah dapat memberikan peningkatan signifikan terhadap kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar serat pangan dari *food bar*. Pada *food bar* yang hanya dibuat dari tepung ubi ungu, kadar karbohidratnya lebih tinggi dibandingkan dengan *food bar* yang dibuat dari tepung komposit ubi ungu dan kembang kol. Hal ini disebabkan kandungan karbohidrat pada tepung ubi ungu (88,15%) lebih tinggi dibandingkan dengan tepung kembang kol (22,74%)

(Rodrigues et al., 2016 dan Ribeiro et al., 2015).

Kadar serat dari *food bar* dengan rasio tepung komposit ubi ungu dan kembang kol terpilih juga lebih tinggi ($10,82 \pm 0,07\%$) secara signifikan jika dibandingkan dengan *food bar* kontrol ($10,32 \pm 0,06\%$). Hal ini disebabkan tepung kembang kol memiliki kadar serat yang lebih tinggi (Tabel 2) jika dibandingkan tepung ubi ungu. Menurut FAO, suatu produk pangan dapat dikategorikan tinggi serat apabila mengandung kadar serat paling tidak 6 g per 100 g, sehingga dapat dinyatakan bahwa *food bar* yang dibuat dari rasio tepung ubi ungu dan tepung kembang kol 90:10 dapat disebut sebagai produk tinggi serat. Kadar serat pada formulasi terpilih ini adalah sebesar $10,82 \pm 0,07\%$.

KESIMPULAN

Tepung komposit yang dibuat dari tepung ubi ungu dan tepung kembang kol dengan rasio 90:10 merupakan rasio terpilih dalam menghasilkan *food bar* yang tinggi serat ($10,82 \pm 0,07\%$). Selain itu *food bar* dengan rasio tepung komposit terpilih memiliki tingkat kekerasan sebesar $983,82 \pm 1,39\%$.

Hasil scoring aroma, *mouthfeel*, tekstur, dan rasa masing-masing sebesar $2,98 \pm 1,14$ (tidak terasa aroma asing);

$3,73 \pm 1,04$ (agak tidak kering); $3,65 \pm 1,19$ (agak tidak mudah patah); $2,93 \pm 1,23$ (agak tidak terasa aroma asing). Selain itu, tingkat kesukaan panelis terhadap *food bar* adalah netral hingga agak suka untuk atribut aroma ($4,80 \pm 1,11$), *mouthfeel* ($4,65 \pm 1,19$), tekstur ($4,40 \pm 1,19$), rasa ($4,78 \pm 1,21$), dan penerimaan keseluruhan ($4,70 \pm 1,14$). Komposisi proksimat dari *food bar* dengan rasio terpilih masing-masing sebesar $16,89 \pm 0,55\%$ (kadar air), $2,92 \pm 0,11\%$ (kadar abu), $11,01 \pm 0,11\%$ (kadar protein), $18,12 \pm 0,50\%$ (kadar lemak).

SARAN

Rasa dan aroma asing pada *food bar* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat diatasi dengan menambahkan perisa vanilla sehingga dapat meningkatkan penerimaan terhadap produk ini. Selain itu pada penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan penambahan hidrokoloid untuk memperbaiki karakteristik tekstur dan *mouthfeel* dari *food bar*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, F. A. dan Ali, R. F. M. 2013. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. *BioMed Research International* 2013 : 1-9.
- Aleksejeva, S., Siksna, I. dan Rinkule, S. 2017. Composition of cereal bars.

- Journal of Health Science 5 (2017) : 139-145.
- Aritonang, E., Siagian, A. dan Izzati, F. 2017. Mixed cooked rice with purple sweet potato is potential to be the low glycemic index food and staple food alternative. International Journal on Advance Science Engineering Information Technology 7 (2) : 580-586.
- Arendt, E. dan Bello, F. D. 2008. Gluten-Free Cereal Products and Beverages. Ireland: Academic Press.
- Atif, A., Raj, D., Safari, Z., Durani, A., dan Durrani, H. 2018. Effect of different sweet potato {*Ipomoea batatas* (L.) Lam} varieties and pretreatment on flour yield and dehydration ratio. International Journal of Multidisciplinary Research and Development 5 (5) : 93-96.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1995. Official methods of Analysis. 17th Edition. Virginia: AOAC, Inc.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. Official methods of Analysis. 18th Edition. Virginia: AOAC, Inc.
- Aydogdu, A., Sumnu, G., dan Sahin, S. 2018. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. Journal of Food Science and Technology 55 (2) : 667-677.
- Elisabet, I. S. dan Lubis, Z. 2018. Pengaruh perbandingan tepung ubi jalar ungu, tepung kacang hijau, dengan tepung terigu dan penambahan CMC terhadap mutu food bar. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian 6 (4) : 671-679.
- Ginting, E., Utomo, J. S., Yulifianti, R. dan Jusuf, M. 2011. Potensi ubi jalar ungu sebagai pangan fungsional. Iptek Tanaman Pangan 6 (1) : 116-138.
- Giri, N. A. dan Sakhale, B. K. 2019. Development of sweet potato flour based high protein and low-calorie gluten free cookies. Current Research in Nutrition and Food Science Journal 7 (2) : 427-435.
- Jnawali, P., Kumar, V. dan Tanwar, B. 2016. Celiac disease: overview and considerations for development of gluten-free foods. Journal of Food Science and Human Wellnes 5 (4) : 169-176.
- Mansour, A. A., Elshimy, N. M., Shekib, L. A. dan Sharara, M. S. 2015. Effect of domestic processing methods on the chemical composition and organoleptic properties of broccoli and cauliflower. American Journal of Food and Nutrition 3 (5) : 125-130.
- Phomkaivon, N., Surojanametakul, V., Satmalee, P., Poolperm, N. dan Dangpium, N. 2018. Thai purple sweet potato flours: characterisic and application on puffed starch-based snacks. Journal of Agriculture Science 10 (11) : 171-184.
- Picchi, V., Migliori, C., Scalzo, R. L., Campanelli, G., Ferrari, V. dan Di Cesare, L. F. 2012. Phytochemical content in organic and conventionally grown italian cauliflower. Food Chemistry 130 (3) : 501-509.
- Ribeiro, T. D. C., Abreu, J. P., Freitas, M. C. J., Pumar, M. dan Teodoro, A. J.

2015. Substitution of wheat flour with cauliflower flour in bakery products: effects on chemical, physical, antioxidant properties and sensory analyses. *International Food Research Journal* 22 (2) : 532.
- Rodrigues, N. da R., Barbosa Junior, J. L. dan Barbosa, M. I. M. J. 2016. Determination of physico-chemical composition, nutritional facts and technological quality of organic orange and purple-fleshed sweet potatoes and its flours. *International Food Research Journal* 23 (5) : 2071-2078.
- Sharma, C., Kaur, A., Aggarwal, P. dan Singh, B. 2014. Cereal bars - a healthful choice. *Carpathian Journal of Food Science and Technology* 6 (2) : 29-36.
- Saeed, S., Mushtaq Ahmad, M., Kausar, H., Parveen, S., Masih, S. dan Salam, A. 2012. Effect of sweet potato flour on quality of cookies. *Journal of Agricultural Research* 50 (4) : 525-538.
- Soedirga, L. C., Matita, I. M. dan Wijaya, T. E. 2020. Karakteristik fisikokimia tepung kembang kol hasil pengeringan dengan pengering kabinet dan oven. *FaST: Jurnal Sains dan Teknologi* 4 (2) : 57-68.
- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, E. dan İbanoğlu, Ş. 2008. Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 87 (4) : 554-563.
- Van Toan, N. dan Thu, L. N. M. 2018. Preparation and improved quality production of flour and the made biscuits from shitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Clinical Journal of Nutrition and Dietetics* 1 (1) : 1-9.
- Wang, Z., Kwan, M. L., Pratt, R., Roh, J. M., Kushi, L. H., Danforth, K. N., Zhang, Y., Ambrosone, C. B., dan Tang, L. 2020. Effects of cooking methods on total isothiocyanate yield from cruciferous vegetables. *Food Science & Nutrition* 8 (10) : 5673-5682.
- Wani, T. A., Sood, M., Kaul, R. K. dan Gupta, M. 2013. Effect of incorporation of cauliflower leaf powder on quality attributes of malted wheat noodles. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 26 (2) : 135-140.
- Yadav, L. dan Bhatnagar, V. 2017. Effect of legume supplementation on physical and textural characteristics of ready to eat cereal bars. *Asian Journal of Dairy and Food Research* 36 (3) : 246-250.

**PRODUKSI N-ASETILGLUKOSAMIN DENGAN KITINASE INTRASELULER DARI
Providencia stuartii YANG DIIMOBILISASI MENGGUNAKAN κ -KARAGENAN**

**[PRODUCTION OF N-ACETYLGLUCOSAMINE USING INTRACELLULAR CHITINASE
FROM *Providencia stuartii* IMMOBILIZED IN κ -CARRAGEENAN]**

Yuniwaty Halim^{1*}, Freddy Chayadi¹, Hardoko², Ratna Handayani¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*Korespondensi penulis: yuniwaty.halim@uph.edu

ABSTRACT

*β -1,4-N-acetyl-D-glucosamine or N-acetylglucosamine is a product of chitin depolymerization that has been used in health application, one of them is to cure osteoarthritis. In this research, N-acetylglucosamine was obtained from chitin that was isolated from black Tiger shrimp shells using intracellular chitinase of *Providencia stuartii*. The aims of this research were to determine the best ratio between enzyme and support, and optimum fermentation cycle of intracellular chitinase from *Providencia stuartii* that was immobilized by κ -carrageenan using entrapment method. Ratio of enzyme and support used was 1:1; 1.5:1; 2:1, and the best ratio was used in 3 fermentation cycles to determine the optimum enzyme activity and N-acetylglucosamine produced. Results showed that the best ratio between enzyme and support was 2:1 with N-acetylglucosamine produced was $7,573.34 \pm 285.97$ ppm and chitinase activity of 11.41 ± 0.43 U/mL. Chitinase enzyme can be used up to 3 cycles of fermentation, retaining its activity of about 27%.*

Keywords : chitinase, intracellular enzyme, immobilization, κ -carrageenan, *Providencia stuartii*

ABSTRAK

β -1,4-N-asetil-D-glukosamin atau N-asetilglukosamin merupakan hasil depolimerisasi kitin yang telah banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan, salah satunya untuk mengobati osteoarthritis. Pada penelitian ini, N-asetilglukosamin dihasilkan dari kitin yang diisolasi dari cangkang udang windu menggunakan kitinase intraseluler dari bakteri *Providencia stuartii*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rasio terbaik antara enzim dan *support*, dan siklus fermentasi optimum kitinase intraseluler *Providencia stuartii* yang diimobilisasi menggunakan κ -karagenan dengan metode *entrapment*. Rasio enzim dan *support* yang digunakan adalah 1:1; 1,5:1; 2:1, dan rasio terbaik digunakan dalam 3 siklus fermentasi untuk menentukan aktivitas enzim dan produksi N-asetilglukosamin optimum. Hasil menunjukkan bahwa rasio terbaik antara enzim dan *support* adalah 2:1 dengan N-asetilglukosamin yang dihasilkan sebesar $7.573,34 \pm 285,97$ ppm dan aktivitas kitinase sebesar $11,41 \pm 0,43$ U/mL. Enzim kitinase dapat digunakan sampai 3 siklus fermentasi dengan mempertahankan aktivitasnya sebesar 27%.

Kata kunci : enzim intraseluler, imobilisasi, kitinase, κ -karagenan, *Providencia stuartii*

PENDAHULUAN

Udang merupakan salah satu hasil budidaya perikanan yang digemari di Indonesia, dilihat dari kenaikan produksi udang di Indonesia pada tahun 2010-2014 yang mencapai 13,83%. Komoditas udang yang memiliki peningkatan produksi rata-rata terbesar adalah udang windu (3,32%), dan udang vaname (20,49%) (DJPB, 2016). Produksi udang yang tinggi tidak diimbangi dengan pemanfaatan limbah cangkang udang yang besarnya 25% dari total produksi, yaitu hanya 30% limbah cangkang udang yang dimanfaatkan (Dompeipen *et al.*, 2016).

Kitin yang merupakan salah satu komponen utama pada cangkang udang yang tidak dapat diserap oleh tubuh dengan baik karena kelarutannya yang rendah. Walaupun demikian, glukosamin hasil depolimerisasi kitin dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai peringan rasa sakit akibat osteoarthritis, memperbaiki cairan sinovial, dan memperbaiki sendi yang terkena osteoarthritis (Hauselman, 2001).

Bakteri *Providencia stuartii* merupakan salah satu bakteri yang dapat dimanfaatkan untuk mendegradasi kitin menjadi glukosamin secara alami. Kelebihan dari fermentasi enzimatis dibandingkan fermentasi dengan

mikroorganisme adalah waktunya yang lebih singkat, reaksinya spesifik dengan rendemen glukosamin yang lebih tinggi, yaitu sebesar 91,3% menggunakan enzim α -amilase komersial dan 86,2% menggunakan enzim glukamilase komersial (Pan *et al.*, 2011). Selanjutnya, untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas kitinase dalam memproduksi glukosamin, salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan imobilisasi enzim.

Imobilisasi enzim dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti adsorpsi, *entrapment*, enkapsulasi, dan ikatan silang (*cross-linking*) (Datta *et al.*, 2013). Metode *entrapment* merupakan salah satu metode yang umum digunakan, yaitu dengan memerangkap enzim melalui ikatan kovalen maupun non-kovalen menggunakan gel atau serat (Singh, 2009). Metode ini menggunakan beberapa polisakarida, seperti κ -karagenan, alginat, dan agarosa, namun salah satu yang paling sering digunakan adalah κ -karagenan (Girigowda *et al.*, 2007). κ -karagenan merupakan *support* untuk imobilisasi yang murah dan telah diketahui dapat meningkatkan stabilitas lipase, yaitu dapat digunakan hingga 40 kali siklus reaksi dengan aktivitas enzim tersisa sebesar 22% (Tümtürk *et al.*, 2007) dan β -galaktosidase, yaitu dapat digunakan hingga

20 kali siklus reaksi dengan aktivitas enzim tersisa sebesar 60% (Elnashar *et al.*, 2014). Selain itu, penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa lipase yang diimobilisasi dengan κ -karagenan menggunakan metode *entrapment* bersifat termostabil dan tahan terhadap pelarut organik, yaitu metanol (Tümtürk *et al.*, 2007; Jegannathan *et al.*, 2010).

Penelitian ini dilakukan untuk untuk menentukan rasio enzim : *support* terbaik untuk imobilisasi kitinase dari *Providencia stuartii* dengan metode *entrapment*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan jumlah siklus fermentasi optimum yang dapat dilakukan dengan menggunakan kitinase yang diimobilisasi dengan κ -karagenan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitin yang diisolasi dari cangkang udang windu (*Penaeus monodon*) yang diperoleh dari PT. Lola Mina, Muara Baru, Jakarta Utara, Indonesia, kultur *Providencia stuartii*, κ -karagenan, dan standar N-asetilglukosamin (Sigma Aldrich). Bahan-bahan lain yang digunakan dalam analisis adalah kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), di-kalium fosfat

(K_2HPO_4), magnesium sulfat heptahidrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), buffer sitrat pH 5, buffer lisis, buffer fosfat, buffer kalium fosfat pH 8, KCl, DNS (3,5- *Dinitrosalicylic acid*) (Sigma Aldrich), dan kalium natrium tartarat (Na-K-Tartarat).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik (Ohaus), *sieve shaker* (Retsch), *shaker incubator* (Heidolph 22 Unimax 1010), mikropipet, *centrifuge* (Hettich), inkubator (Mettler BE600), *laminar air flow* (ESCO ECH-4), sonikator (Krisbow), spektrofotometer UV-VIS (Hitachi U-1800), pH meter (Metrohm 913), suntikan medis, dan alat-alat gelas.

Metode Penelitian

Produksi dan Isolasi Enzim Kitinase Intraseluler

Produksi enzim kitinase dilakukan dengan menggunakan media *Nutrient Broth* yang sudah difortifikasi dengan 1% kitin, 0,03% KH_2PO_4 , 0,07% K_2HPO_4 , 0,01% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 0,7% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Volume media fermentasi yang digunakan adalah 300 mL. Media kemudian diinokulasi dengan kultur kerja *Providencia stuartii* sebanyak 60 mL dan diinkubasi pada suhu 40°C selama 18 jam menggunakan *shaker incubator*. Pemisahan

sel bakteri dilakukan dengan menggunakan *centrifuge* pada kecepatan 3500 rpm selama 15 menit pada suhu 4°C untuk mencegah denaturasi enzim. Supernatan yang diperoleh merupakan enzim ekstraseluler kasar, dan endapan yang didapatkan adalah sel bakteri yang mengandung kitinase intraseluler (Lestari *et al.*, 2017; Kubota *et al.*, 2004).

Sel yang mengendap dipisahkan dari supernatan dengan dekantasi. Endapan yang diperoleh (sel bakteri) kemudian dilarutkan kembali dalam 4 mL larutan *buffer* lisis (per 80 mL kultur bakteri yang digunakan). Sel bakteri kemudian dipecah secara sonikasi pada frekuensi 47KHz selama 10 menit, kemudian disentrifugasi. Supernatan yang didapatkan dari sentrifugasi kemudian diendapkan dengan penambahan ammonium sulfat 70% pada suhu rendah. Suspensi kemudian didiamkan selama 18 jam pada suhu 4°C. Suspensi kemudian dipisahkan dengan sentrifugasi. Endapan kemudian dilarutkan kembali dengan 8 mL *buffer* kalium fosfat 0,05 M pH 8 (per 150mL kultur bakteri yang digunakan). Endapan akhir yang diperoleh merupakan kitinase intraseluler semi murni.

Imobilisasi Kitinase Intraseluler Semi Murni dan Fermentasi Enzimatis untuk Produksi N-asetilglukosamin

Imobilisasi enzim kitinase (*entrapment*) dengan κ -karagenan sebagai *support* dilakukan dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Sankalia *et al.* (2006) yang dimodifikasi. Sebanyak 3,5% κ -karagenan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada suhu 70-80°C. Larutan κ -karagenan kemudian didinginkan hingga suhunya menjadi 40°C. Setelah suhunya turun, larutan κ -karagenan ditambahkan dengan enzim dan *support* pada rasio 1:1; 1,5:1; dan 2:1 dengan total volume sebesar 2 mL. Penentuan rasio ini berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Zufahair *et al.* (2017). Campuran kemudian diteteskan pada larutan KCl 2% secara konstan dengan menggunakan suntikan medis. Gel yang terbentuk kemudian digunakan untuk fermentasi enzimatis.

Media fermentasi enzimatis yang digunakan sebanyak 5 mL yang terdiri dari 1% isolat kitin dalam 0,2 M buffer sitrat pH 5. Inkubasi dilakukan selama 6 jam pada suhu 40°C. Setelah inkubasi, dilakukan filtrasi dengan kertas saring untuk memisahkan gel kitinase dari hasil fermentasi enzimatis. Filtrat kemudian dianalisis kadar N-asetilglukosamin dan

aktivitas enzimnya (Rahmansyah dan Sudiana, 2003 dengan modifikasi).

Rasio enzim dan *support* terbaik yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan pengaruh jumlah siklus fermentasi terhadap aktivitas kitinase dan produksi N-asetilglukosamin. Penentuan pengaruh jumlah siklus dilakukan dengan cara menambahkan gel kitinase sebanyak ± 72 beads ke dalam media fermentasi enzimatik. Inkubasi dilakukan selama 6 jam pada suhu 40°C dan prosedur ini dilakukan sebanyak 3x untuk menentukan aktivitas enzim dari gel kitinase yang digunakan sebanyak 3x. Setiap selesai inkubasi, dilakukan filtrasi dengan kertas saring untuk memisahkan gel kitinase dengan media fermentasi enzimatik. Filtrat kemudian dianalisis kadar N-asetilglukosamin dan aktivitas enzimnya (Rahmansyah dan Sudiana, 2003 dengan modifikasi).

Analisis Kadar N-asetilglukosamin dan Aktivitas Kitinase Intraseluler Semi Murni

Analisis aktivitas enzim ditentukan dengan menggunakan metode Rahmansyah dan Sudiana (2003) yang dimodifikasi. Aktivitas kitinase dihitung berdasarkan konsentrasi N-asetilglukosamin (NAG) yang terbentuk, sehingga dilakukan juga

pembuatan kurva standar N-asetilglukosamin.

Sebanyak 1 mL larutan N-asetilglukosamin standar (konsentrasi 200, 400, 600, 800, dan 1000 ppm) ditambahkan 2 mL reagen DNS modifikasi, dan Na-K-tartarat 4% sebanyak 1 mL. Campuran tersebut dipanaskan selama 15 menit pada suhu 100°C. Setelah pemanasan, campuran didinginkan dan diencerkan 5-10 kali dengan akuades. Absorbansi campuran yang sudah diencerkan kemudian diukur pada panjang gelombang 540 nm.

Aktivitas kitinase maupun kitinase yang diimobilisasi ditentukan dengan cara mencampurkan 1mL cairan hasil fermentasi dengan 2 mL reagen DNS modifikasi, dan 1 mL Na-K-tartrat 4%, lalu diinkubasi selama 15 menit pada suhu 100°C. Campuran kemudian diencerkan sebanyak 5-10 kali dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm dengan spektrofotometer. Penentuan aktivitas kitinase semi murni dan kitinase semi murni yang diimobilisasi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Aktivitas enzim (U/mL) =

$$\frac{\text{konsentrasi NAG } \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right) \times 1000 \times \text{jumlah enzim yang direaksikan (mL)}}{\text{berat molekul NAG (221,2)} \times \text{waktu inkubasi (jam)}}$$

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor dengan tiga kali pengulangan. Faktor yang digunakan adalah jumlah siklus fermentasi dengan 3 level, yaitu 1 kali, 2 kali, dan 3 kali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan ANOVA dan uji lanjut Duncan dengan menggunakan *software* SPSS versi 22.0.

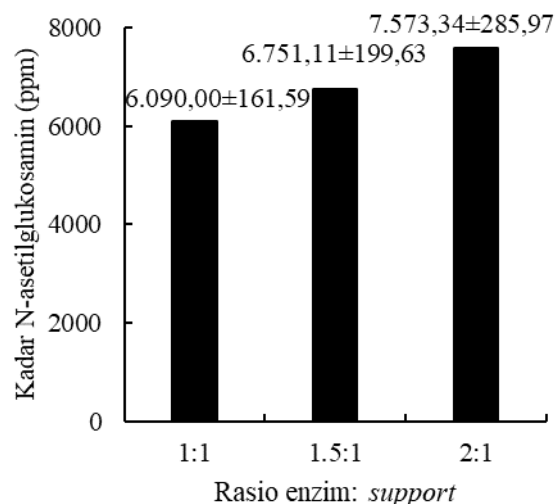
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Enzim: *Support* Terhadap Aktivitas Kitinase dan Produksi N-asetilglukosamin

Pengukuran aktivitas kitinase intraseluler semi murni dilakukan untuk membandingkan aktivitas enzim sebelum dan sesudah diimobilisasi. Penentuan aktivitas kitinase dilakukan pada pH 5 dan suhu 40°C, karena merupakan kondisi optimum bagi kitinase dari bakteri (Cheba *et al.*, 2015). Adapun aktivitas kitinase intraseluler semi murni yang diperoleh pada penelitian ini adalah $4,95 \pm 0,20$ U/mL.

Penentuan rasio enzim dan *support* terbaik diperlukan karena *support* yang digunakan untuk imobilisasi memiliki kapasitas tertentu untuk mengikat enzim. Penggunaan formulasi pada penelitian ini

dilakukan dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Zufahair *et al.* (2017). Kadar N-asetilglukosamin dan aktivitas enzim yang dihasilkan dengan berbagai rasio enzim : *support* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



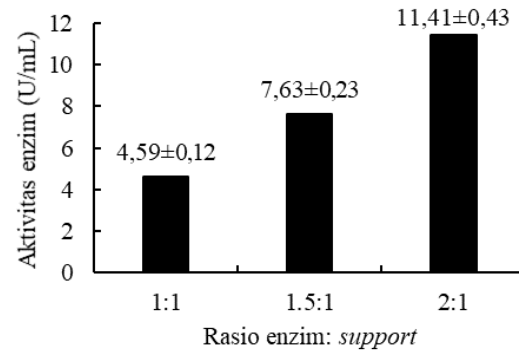
Gambar 1. Pengaruh rasio enzim: *support* terhadap kadar N-asetilglukosamin

Gambar 1 menunjukkan rasio enzim : *support* berpengaruh terhadap kadar N-asetilglukosamin yang diproduksi. Semakin tinggi rasio enzim : *support* yang digunakan maka semakin tinggi juga kadar N-asetilglukosamin yang diproduksi. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak enzim kitinase intraseluler kasar yang diimobilisasi oleh κ -karagenan. Menurut Chen *et al.* (2013), semakin tinggi konsentrasi enzim

yang diimobilisasi maka semakin tinggi juga aktivitas enzim yang diperoleh yang berdampak pada meningkatnya produk yang diperoleh dari reaksi enzimatis yang dilakukan selama fermentasi.

Xun *et al.* (2012) melaporkan bahwa jika jumlah enzim yang terikat pada *support* terlalu banyak, yaitu lebih dari rasio 3:1, aktivitas enzim dapat menurun, sehingga produk yang dihasilkan juga menurun. Pada penelitian ini, rasio enzim : *support* terbaik untuk menghasilkan N-asetilglukosamin adalah 2:1, dengan kadar N-asetilglukosamin yang dihasilkan adalah sebesar $7573,34 \pm 285,97$ ppm. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan imobilisasi kitinase menggunakan kalsium alginat dengan kadar N-asetilglukosamin yang dihasilkan adalah $1347,78 \pm 27,22$ ppm (Halim *et al.*, 2019).

Gambar 2 menunjukkan rasio enzim: *support* juga berpengaruh terhadap aktivitas kitinase. Rasio enzim : *support* sebesar 2:1 memberikan aktivitas enzim yang tertinggi karena semakin tinggi konsentrasi enzim yang diimobilisasi, maka aktivitas enzim yang diperoleh juga semakin tinggi (Chen *et al.*, 2013).



Gambar 2. Pengaruh rasio enzim: *support* terhadap aktivitas kitinase

Penelitian sebelumnya oleh Rathan dan Thayumanavan (2017) menunjukkan bahwa imobilisasi kitinase dari *Pseudomonas putida* dengan kitosan pada konsentrasi 7% (w/v) memiliki aktivitas enzim sebesar 3,5 U/mL. Hal ini menunjukkan bahwa imobilisasi enzim dengan κ -karagenan pada penelitian ini pada rasio terendah hingga tertinggi memiliki nilai aktivitas enzim yang lebih besar.

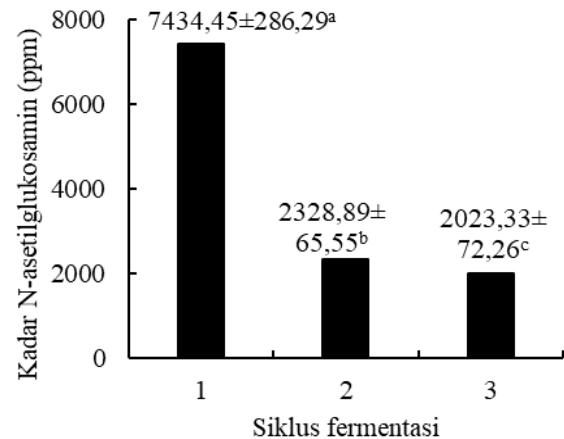
Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa proses imobilisasi menghasilkan kitinase dengan aktivitas yang lebih tinggi, yaitu sekitar 3 kali lipat jika dibandingkan dengan kitinase yang tidak diimobilisasi. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Zhang *et al.* (2016) bahwa imobilisasi dapat meningkatkan aktivitas β -galaktosidase hingga 2-3 kali lipat dibandingkan dengan enzim yang tidak diimobilisasi.

Pengaruh Jumlah Siklus Fermentasi Terhadap Aktivitas Kitinase dan Produksi N-asetilglukosamin

Penentuan siklus fermentasi optimum dilakukan dengan mengimobilisasi kitinase dari *Providencia stuartii* pada rasio terbaik, yaitu 2:1. Pada penelitian ini, dilakukan siklus fermentasi sebanyak 3 kali sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Won *et al.* (2005). Hasil uji statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa jumlah siklus fermentasi memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar N-asetilglukosamin yang dihasilkan dan aktivitas kitinase ($p < 0,05$). Gambar 3 menunjukkan hasil uji lanjut Duncan dari pengaruh siklus fermentasi terhadap kadar N-asetilglukosamin yang dihasilkan.

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada hasil dari tiap siklus fermentasi. Siklus fermentasi optimum dari enzim kitinase intraseluler kasar dari *Providencia stuartii* yang diimobilisasi dengan κ -karagenan adalah 1 siklus walaupun kitinase intraseluler ini masih dapat digunakan hingga 3 siklus reaksi, dilihat dari masih adanya N-asetilglukosamin yang diproduksi hingga akhir siklus reaksi. Akan tetapi, penurunan kadar N-asetilglukosamin yang signifikan ini menunjukkan ketidakstabilan

κ -karagenan dalam mengimobilisasi kitinase intraseluler semi murni.



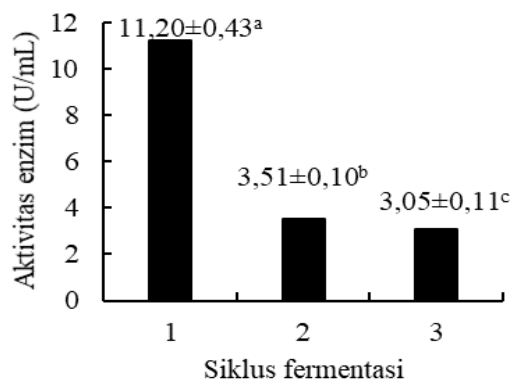
Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 3. Pengaruh jumlah siklus penggunaan enzim terhadap kadar N-asetilglukosamin

Penurunan signifikan dari kadar N-asetilglukosamin yang diproduksi dapat disebabkan oleh terjadinya sineresis pada gel κ -karagenan yang menyebabkan keluarnya enzim dan cairan yang terperangkap di dalam matriks *beads* κ -karagenan. κ -karagenan dapat digunakan untuk enkapsulasi enzim, akan tetapi kebocoran enzim dapat terjadi (Zhang *et al.*, 2016).

Jumlah siklus fermentasi optimum yang didapatkan dari penelitian ini juga lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Elnashar *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa imobilisasi enzim β -galaktosidase ke dalam gel *beads* κ -

karagenan dapat digunakan sebanyak 20 siklus dan dapat mempertahankan 60% aktivitas enzim semula. Akan tetapi, pada penelitian Elnashar *et al.* (2014), metode imobilisasi yang digunakan adalah metode kimiawi dengan aktivasi gel κ -karagenan secara 2 tahap, yaitu menggunakan larutan *polyethyleneimine* dan glutaraldehid.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 4. Pengaruh jumlah siklus penggunaan enzim terhadap aktivitas kitinase

Gambar 4 menunjukkan hasil uji lanjut Duncan dari pengaruh siklus fermentasi terhadap aktivitas kitinase. Hasil uji Duncan menunjukkan semakin banyak siklus fermentasi yang dilakukan, maka aktivitas kitinase juga semakin menurun. Hal ini dapat disebabkan sineresis gel κ -karagenan, sehingga menyebabkan keluarnya enzim dari sistem gel. Jumlah siklus fermentasi optimum dari kitinase

intraseluler semi murni dari *Providencia stuartii* yang diimobilisasi dengan κ -karagenan adalah 1 siklus, tetapi enzim masih menunjukkan aktivitasnya hingga 3 siklus fermentasi.

Aktivitas enzim antar siklus kemudian dihitung dengan cara mengasumsikan pada siklus 1 aktivitas enzim adalah 100% untuk digunakan sebagai pembandingan (Sharma *et al.*, 2014). Pada siklus fermentasi ke-2, aktivitas enzim kitinase yang diimobilisasi turun menjadi 31% dan pada siklus ke-3 menjadi 27%. Hal ini dapat disebabkan oleh diameter dari *beads* imobilisasi yang $> 0,71$ mm. Menurut Sharma *et al.* (2014) jika diameter *beads* yang digunakan untuk imobilisasi adalah sebesar 0,71–1,40 mm akan menyebabkan penurunan aktivitas enzim secara cepat.

Penelitian lain oleh Desai *et al.* (2004) juga menunjukkan bahwa enzim lipase yang diimobilisasi dengan karagenan dapat digunakan hingga 5 siklus fermentasi dengan mempertahankan 50% dari aktivitas enzimnya. Hal ini menunjukkan walaupun kitinase yang diimobilisasi dapat digunakan hingga 3 siklus fermentasi, diperlukan metode imobilisasi lain selain metode *entrapment* apabila *support* yang digunakan adalah κ -karagenan untuk mempertahankan aktivitas enzimnya.

KESIMPULAN

Rasio enzim : *support* terbaik untuk imobilisasi kitinase intraseluler *Providencia stuartii* adalah sebesar rasio 2:1 dengan aktivitas enzim sebesar $11,41 \pm 0,43$ U/mL dan menghasilkan kadar N-asetilglukosamin sebesar $7573,34 \pm 285,97$ ppm. Imobilisasi menghasilkan aktivitas kitinase yang lebih tinggi dibandingkan dengan kitinase yang tidak diimobilisasi, yaitu sebesar $4,95 \pm 0,20$ U/mL. Siklus fermentasi memengaruhi aktivitas kitinase dan kadar N-asetilglukosamin yang dihasilkan. Produksi N-asetilglukosamin tertinggi diperoleh setelah 1 siklus fermentasi, yaitu $7434,45 \pm 286,29$ ppm dengan aktivitas kitinase sebesar $11,20 \pm 0,43$ U/mL. Kitinase intraseluler semi murni dari *Providencia stuartii* dapat digunakan hingga 3 siklus fermentasi dengan mempertahankan 27% dari aktivitas enzim semula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Penelitian dan Inovasi Pangan, Universitas Pelita Harapan yang memfasilitasi penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM), Universitas Pelita

Harapan yang telah mendanai penelitian ini berdasarkan skema penelitian No. P-008-FaST/VI/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheba, B. A., Zaghloul, T. I., El-Mahdy, A. R. and El-Massry, M. H. 2015. Effect of pH and temperature on *Bacillus* sp. R2 chitinase activity and stability. *Procedia Technology* 22 : 471-477.
- Chen, J. K., Shen, C. R. and Liu, C. L. 2010. N-acetylglucosamine: production and applications. *Marine Drugs* 8 (9) : 2493-2516. DOI: 10.3390/md8092493.
- Datta, S., Christena, L. R. and Rajaram, Y. R. S. 2013. Enzyme immobilization: an overview on techniques and support materials. *Biotech* 3 (1) : 1-9. DOI: 10.1007/s13205-012-0071-7.
- Desai, P. D., Dave, A. M. and Devi. S. 2004. Entrapment of lipase into K-carrageenan beads and its use in hydrolysis of olive oil in biphasic system. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 31 (4-6) : 143-150.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya (DJPB). 2016. Udang vaname dan udang windu masih andalan ekspor Indonesia. *Pakan*. Downloaded from http://www.djpb.kkp.go.id/arsip/c/246/Udang-Vannamei-dan-Udang-Windu-Masih-AndalanEkspor-Indonesia/?category_id=13 on 14/7/2018.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M. dan Dewa, R. P. 2016. Isolasi kitin dan kitosan dari limbah kulit udang. *Majalah Biam* 12 (1) : 32-29. DOI: 10.29360/mb.v12i1.2326

- Ehiowemwenguan, G., Emoghene, A. O. and Inetianbor, J.E. 2014. Antibacterial and phytochemical analysis of banana fruit peel. IOSR Journal of Pharmacy 4 (8) : 18-25. DOI: 10.9790/3013-0408018025.
- Elnashar, M. M., Awad, G. E., Hassan, M. E., Eldin, M. S. M., Haroun, B. M. and El-Diwany, A. I. 2014. Optimal immobilization of β -galactosidase onto κ -carrageenan gel beads using response surface methodology and its applications. The Scientific World Journal : 1-7. DOI: 10.1155/2014/571682
- Girigowda, K., Kapnoor, S. S., Kulkarni, D. and Mulimani, V. H. 2007. Degradation of raffinose oligosaccharides in soymilk by immobilized α -galactosidase of *Aspergillus oryzae*. Journal of Microbiology and Biotechnology 17 (9) : 1430-1436.
- Halim, Y., Hendarlim, B. D., Hardoko, Handayani, R. and Rosa, D. 2019. Imobilisasi kitinase *Providencia stuartii* dengan kalsium alginat dan aplikasinya dalam produksi N-asetilglukosamin. FaST-Jurnal Sains dan Teknologi 3 (2) : 35-44.
- Hauselman, H. J. 2001. Nutripharmaceuticals for osteoarthritis. Best Practice & Research Clinical Rheumatology 15 (4) : 595-607.
- Jegannathan, K. R., Jun-Ye, L., Chan, E. S. and Ravindra, P. 2010. Production of biodiesel from palm oil using liquid core lipase encapsulated in κ -carrageenan. Fuel 89 : 2272-2277. DOI: 10.1016/j.fuel.2010.03.016
- Kubota, T., Miyamoto, K., Yasuda, M., Inamori, Y. and Tsujibo, H. 2004. Molecular characterization of an intracellular β -N-acetylglucosaminidase involved in the chitin degradation system of *Streptomyces thermoviolaceus* OPC-520. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 68 (6) : 1306-1314. DOI: 10.1271/bbb.68.1306.
- Lestari, P., Prihatiningsih, N. and Djatmiko, H. A. 2017. Partial biochemical characterization of crude extract extracellular chitinase enzyme from *Bacillus subtilis* B298. Proceeding 11th Joint Conference on Chemistry in Conjunction with the 4th Regional Biomaterials Scientific Meeting, p. 1-9. Purwokerto, Indonesia: FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman.
- Pan, S., Wu, S. J. and Kim, J. M. 2011. Preparation of glucosamine by hydrolysis of chitosan with commercial α -amylase and glucoamylase. Journal of Zhejiang University 12 (11) : 931-934. DOI: 10.1631/jzus.B1100065
- Rahmansyah, M. dan Sudiana, I.M. 2003. Optimasi analisis amilase dan glukonase yang diekstrak dari miselium *Pleurotus ostreatus* dengan asam 3,5 dinitrosalisilat. Berkalah Penelitian Hayati 9 : 7-12. DOI: 10.23869/bphjbr.9.1.20032.
- Rathan, S. and Thayumanavan, T. 2017. Immobilization of chitinase from *Pseudomonas putida* on biocompatible chitosan beads and the properties of the immobilized enzyme. Journal of Global Biosciences 6 (5) : 5032-5045.
- Sankalia, M. G., Mashru, R. C., Sankalia, J. M. and Sutariya, V. B. 2006. Stability improvement of alpha-amylase entrapped in kappa-carrageenan beads: physicochemical characterization and optimization using composite index. International Journal of Pharmaceutics 312 (1-2) : 1-14. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2005.11.048

- Sharma, M., Sharma, V. and Majumdar, D.K. 2014. Entrapment of α -amylase in agar beads for biocatalysis of macromolecular substrate. *Hindawi: International Scholarly Research Notices* 2014 : 1-8. DOI: 10.1155/2014/936129
- Singh, B. D. 2009. *Biotechnology Expanding Horizons*. India: Kalyani Publishers.
- Tümtürk, H., Karaca, N., Demirel, G. and Sahin, F. 2007. Preparation and application of poly (N, N-dimethylacrylamide-co-acrylamide) and poly (N-isopropylacrylamide-co-acrylamide)/ κ -Carrageenan hydrogels for immobilization of lipase. *International Journal of Biological Macromolecules* 40 (3) : 281–285. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2006.07.004
- Won, K., Kim, S., Kim, K. J., Park, H. W. and Moon, S. J. 2005. Optimization of lipase entrapment in Ca-alginate gel beads. *Process Biochemistry* 40 (6) : 2149-2154. DOI: 10.1016/j.procbio.2004.08.014.
- Xun, E., Lu, X., Kang, W., Wang, J., Zhang, H., Wang, L. and Wang, Z. 2012. Immobilization of *Pseudomonas fluorescens* lipase onto magnetic nanoparticles for resolution of 2-octanol. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 168 : 697-707. DOI: 10.1007/s12010-012-9810-9.
- Zhang, Z., Zhang, R., Chen, L. and McClements, D. J. 2016. Encapsulation of lactase (β -galactosidase) into κ -carrageenan-based hydrogel beads: Impact of environmental conditions on enzyme activity. *Food Chemistry* 200 (6) : 69-75. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.014.
- Zusfahair, Ningsih, D. R., Fatoni, Kartika, D., Fatoni, A. and Zuliana, A. L. 2017. *Bacillus thuringiensis* HCB6 amylase immobilization by chitosan beads. *Proceeding 11th Joint Conference on Chemistry in Conjunction with the 4th Regional Biomaterials Scientific Meeting*, p. 1-9. Purwokerto, Indonesia: FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman.

**VARIASI pH, SUHU DAN WAKTU PADA EKSTRAKSI
PEKTIN KULIT BUAH NAGA MERAH**
**[VARIATION pH, TEMPERATURE AND TIME IN THE EXTRACTION
OF RED DRAGON FRUIT PEEL PECTIN]**

Ratna Handayani*, Stevanni Devi

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Jl. M. H. Thamrin Boulevard
Lippo Karawaci

*Korespondensi penulis : ratna.handayani@uph.edu

ABSTRACT

Red dragon fruit peels are known to contain pectin which can be obtained by extraction. Pectin is a polysaccharide compound found in many plant cell walls. Pectin extraction can be influenced by pH, temperature, and time. The purpose of this research is to determine the best pH, temperature, and time in the extraction process of red dragon fruit peels. Stage I research aims to determine the best pH(2, 3, 4, and 5). Stage II research aims to determine the best temperature (70, 80, and 90°C) and time (40, 60, and 80 minutes). Analysis of dragon fruit peel pectin included yield, equivalent weight, methoxyl content, galacturonic acid level, esterification degree, viscosity, and lightness. The selection of the best method is based on the test of viscosity, methoxyl content and degree of esterification. The selected extraction method is extraction with a pH of 5, a temperature of 70°C, and a time of 80 minutes. The characteristics produced were yield of 11,14%, equivalent weight of 896,18 mg, methoxyl content of 3,73%, galacturonate content of 40,86%, esterification degree of 51,89%, viscosity of 649,83 cP, and Lightness value of 35,63. The pectin produced is low methoxyl pectin.

Keywords : extraction, pectin, pH, red dragon fruit peel, temperature, time

ABSTRAK

Kulit buah naga merah diketahui mengandung pektin yang dapat diperoleh dengan cara ekstraksi. Pektin merupakan senyawa polisakarida yang banyak ditemukan pada dinding sel primer tumbuhan. Ekstraksi pektin dapat dipengaruhi oleh pH, suhu, dan waktu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pH, suhu, dan waktu terbaik dalam proses ekstraksi pektin kulit buah naga merah. Penelitian tahap I bertujuan untuk menentukan pH terbaik (2, 3, 4, dan 5). Penelitian tahap II bertujuan untuk menentukan suhu (70, 80, dan 90°C) dan waktu (40, 60, dan 80 menit) terbaik. Analisis yang dilakukan terhadap pektin kulit buah naga meliputi rendemen, berat ekivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, derajat esterifikasi, viskositas, dan *lightness*. Pemilihan metode terbaik berdasarkan uji viskositas, kadar metoksil dan derajat esterifikasi. Metode ekstraksi terpilih adalah ekstraksi dengan pH 5, suhu 70°C, dan waktu 80 menit. Karakteristik yang dihasilkan yaitu rendemen sebesar 11,14%, berat ekivalen sebesar 896,18 mg, kadar metoksil sebesar 3,73%, kadar galakturonat sebesar 40,86%, derajat esterifikasi sebesar 51,89%, viskositas sebesar 649,83 cP, dan nilai *Lightness* sebesar 35,63. Pektin yang dihasilkan merupakan pektin bermetoksil rendah.

Kata kunci : ekstraksi, kulit buah naga merah, pektin, pH, suhu, waktu

PENDAHULUAN

Buah naga merupakan salah satu buah tropis dengan varietas unggulan yang banyak disukai dan dapat tumbuh di Indonesia (Waladi *et al.*, 2015). Buah naga merah banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pada produk pangan (Agustina dan Handayani, 2016).

Bagian kulit buah naga merah yaitu sebesar 30-35% dari berat total buah dan hanya dibuang sebagai limbah. Kulit buah naga merah mengandung pektin yang dapat dimanfaatkan yang diperoleh dengan cara ekstraksi.

Ekstraksi pektin dipengaruhi oleh suhu, waktu, pH, jenis pelarut, rasio bahan pengendap (Prasetyowati, 2009). Ekstraksi pektin kulit buah naga merah menggunakan pelarut ammonium oksalat memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan menggunakan pelarut HCl dan air (Ismail *et al* 2012). Derajat keasaman (pH) yang digunakan dalam penelitian Ismail *et al* (2012) masih cukup tinggi yaitu 4,6. Penurunan pH (3,0 – 1,5) diketahui dapat meningkatkan rendemen pektin, dan kadar asam galakturonat pada pectin serta penurunan kadar abu pada kulit durian (Ardiansyah *et al* 2014).

Suhu dan waktu ekstraksi berpengaruh terhadap rendemen dan

karakteristik dari pektin. Sulihono *et al.* (2012) mengekstraksi 19,84% HMP kulit jeruk bali dengan pelarut HCl 0,2 N. Suhu dan waktu terbaik pada suhu 80°C selama 120 menit. Injilauddin *et al.*, (2015) mengekstraksi 4,68% HMP kulit nangka dengan pelarut HCl 0,1 N, pH 1,5 pada variasi suhu 80°C, 85°C, 90°C, 95°C dan waktu 80, 90 menit. Suhu dan waktu terbaik yang diperoleh yaitu 85°C dan 90 menit,

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui derajat keasaman (pH), waktu dan suhu ekstraksi terbaik untuk menghasilkan pektin kulit buah naga merah

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan yaitu kulit buah naga merah, ammonium oksalat, asam oksalat, dan etanol 96%. NaCl, HCl, NaOH, indikator fenol merah, gula pasir, asam sitrat, CaCl₂, heksana, H₂SO₄, H₂O₂ dan H₃BO₃.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 35 mesh, ayakan 60 mesh, *blender*, oven “Mommert UNB 500”, tanur, desikator, pH meter “Methrohm”, *viscometer* “Brookfield”, *chromameter* “Konica Minolta”, dan *rotary evaporator* “Heidolph”.

Metode Penelitian

Penelitian terbagi menjadi 2 tahap dimana penelitian tahap I bertujuan menentukan pH terbaik dalam proses ekstraksi pektin kulit buah naga. Penelitian tahap II bertujuan untuk menentukan suhu dan waktu terbaik dalam proses ekstraksi pektin kulit buah naga.

Penelitian Tahap I

Kulit buah naga merah diawali dengan pembuatan bubuk dengan melakukan pengecilan ukuran ($\pm 1 \text{ cm}^2$) dan dikeringkan di *cabinet dryer* suhu 50°C selama 24 jam. Kulit buah naga merah kering dihaluskan dengan *blender* dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

Bubuk kulit buah naga merah sebanyak 30 gram diekstraksi dengan menggunakan 750 ml ammonium oksalat 0,5 % pada suhu 80°C selama 60 menit. Larutan asam oksalat 10% digunakan untuk mengatur pH sesuai dengan perlakuan (2, 3, 4, 5). Hasil ekstraksi disaring dengan menggunakan kain saring. Filtrat diendapkan selama 24 jam menggunakan etanol 96% dengan perbandingan 1:1. Endapan disaring dan dicuci dengan etanol 96% sebanyak tiga kali (masing-masing 100 ml). Pektin dikeringkan dalam oven 50°C

selama 24 jam. Pektin kering dihaluskan dengan *blender* dan diayak hingga 60 mesh.

Penelitian Tahap II

Bubuk kulit buah naga merah sebanyak 30 gram diekstraksi dengan 750 ml ammonium oksalat 0,5 % dengan suhu (70°C , 80°C , dan 90°C) selama (40, 60, dan 80) menit. Larutan asam oksalat 10% ditambahkan untuk mengatur pH sesuai dengan perlakuan terbaik pada penelitian tahap I. Larutan kemudian disaring dengan menggunakan kain saring. Filtrat diendapkan dengan menggunakan etanol 96% dengan perbandingan 1:1 dan diendapkan selama 24 jam. Endapan disaring dan dicuci dengan etanol 96% untuk menghilangkan kontaminan sebanyak tiga kali (masing-masing 100 ml). Pektin dikeringkan dalam oven 50°C selama 24 jam. Pektin kering dihaluskan dengan *blender* dan diayak dengan ayakan 60 mesh.

Berat Ekuivalen (Ismail *et al.*, 2012)

Pektin ditimbang sebanyak 0,5 gram ditambahkan 5 ml etanol di dalam erlenmeyer. Akuades 100 ml dan 1 g NaCl ditambahkan ke dalam erlenmeyer. Larutan kemudian ditambahkan 6 tetes indikator fenol merah dan diaduk. Larutan kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga warna larutan berubah menjadi merah kekuningan

(pH 7,5) dan bertahan selama 30 detik. Larutan dinetralkan dan dipakai untuk penentuan kadar metoksil. Berat ekivalen pektin dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Ekivalen} = \frac{\text{berat sampel (mg)}}{\text{Vol NaOH (ml)} \times N \text{ NaOH}} \times 100\%$$

Kadar Metoksil (Ismail *et al.*, 2012)

Larutan netral dari penentuan berat ekivalen ditambahkan 25 ml NaOH 0,25 N, diaduk, dan dibiarkan selama 30 menit dalam keadaan tertutup pada suhu ruang. Larutan kemudian ditambahkan 25 ml HCl 0,25 N dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga mencapai titik akhir titrasi (warna merah muda).

$$\text{Kadar metoksil (\%)} = \frac{\text{Vol NaOH (ml)} \times 31 \times N \text{ NaOH} \times 100\%}{\text{berat sampel (mg)}}$$

Kadar Galakturonat (Ismail *et al.*, 2012)

Kadar asam galakturonat dihitung berdasarkan miliekivalen NaOH yang diperoleh dari penentuan berat ekivalen dan kandungan metoksil.

$$\text{Kadar galakturonat (\%)} = \frac{mEq (\text{berat ekivalen} + \text{kadar metoksil}) \times 176}{\text{berat sampel (mg)}} \times 100\%$$

Derajat Esterifikasi (Ismail *et al.*, 2012)

Derajat esterifikasi dihitung dari kadar metoksil dan galakturonat yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

Derajat esterifikasi =

$$\frac{\text{kadar metoksil} \times 176}{\text{kadar galakturonat} \times 31} \times 100\%$$

Viskositas (Nazaruddin *et al.*, 2011)

Analisis viskositas dengan alat *viscometer* menggunakan *spindle-21* dengan kecepatan 50 rpm. Larutan gel pektin dengan melarutkan 1% pektin dengan air destilat. Sebanyak 10% gula ditambahkan ke dalam larutan. Larutan dipanaskan hingga mencapai suhu 60°C. Sebanyak 0,15% CaCl ditambahkan ketika larutan sudah mencapai 60°C. Pemanasan selama 10 menit menggunakan *heater* dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan didiamkan hingga mencapai suhu 25°C dan kemudian diukur viskositasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH terhadap Karakteristik Pektin

Pengaruh pH terhadap karakteristik pektin dengan variasi pH yang digunakan yaitu 2, 3, 4, dan 5. Karakteristik pektin meliputi rendemen, berat ekivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, derajat esterifikasi, viskositas, dan nilai *lightness* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh pH terhadap karakteristik pektin

	pH			
	2	3	4	5
Rendemen (%)	13,18±0,61 ^d	12,01±0,73 ^b	11,49±0,35 ^b	10,74±0,36 ^a
Berat Ekuivalen (mg)	493,14±10,45 ^a	502,25±9,65 ^a	660,18±14,84 ^b	795,79±22,76 ^c
Kadar Metoksil (%)	1,97±0,09 ^a	2,20±0,11 ^b	2,82±0,13 ^c	3,17±0,10 ^d
Kadar Galakturonat (%)	46,97±1,12 ^c	47,56±1,09 ^c	42,67±0,83 ^b	40,02±0,82 ^a
Derajat Esterifikasi	23,78±0,73 ^a	26,31±0,71 ^b	37,46±1,16 ^c	44,90±1,22 ^d
Viskositas (cP)	58,67±4,83 ^a	91,58±6,11 ^b	303,67±11,36 ^c	402,50±14,13 ^d
Lightness	35,36±0,68 ^a	35,73±0,74 ^a	36,49±0,94 ^b	37,50±0,71 ^c

Keterangan: Notasi huruf berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$) pada masing-masing parameter

Rendemen

Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) antar pH terhadap rendemen pektin kulit buah naga. Rendemen pektin kulit buah naga merah mengalami peningkatan seiring dengan penurunan pH.

Proses hidrolisis protopektin menjadi asam pektinat akan semakin cepat terjadi sehingga rendemen pektin akan meningkat (Hanum *et al.*, 2012).

Berat Ekuivalen

Hasil dan analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 1 dimana menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) antar pH terhadap berat ekuivalen pektin kulit buah naga. Berat ekuivalen mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan pH.

Penggunaan pH rendah pada saat proses ekstraksi pektin dapat menyebabkan

pektin mengalami deesterifikasi (degradasi) menjadi asam pektat (Irawan dan Prihanto, 2016). Gugus asam bebas akan meningkat sehingga berat ekuivalen mengalami penurunan (Kesuma *et al.*, 2018).

Kadar Metoksil

Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) pada pH terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga.

Kadar metoksil pektin kulit buah naga merah mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini sesuai dengan penelitian (Ardiansyah *et al.*, 2014; Kulkarni dan Vijayanand, 2010) yang menyatakan bahwa kondisi asam dalam proses ekstraksi dapat menyebabkan degradasi pada gugus metil sehingga kadar metoksil mengalami penurunan.

Kadar Asam Galakturonat

Analisis kadar asam galakturonat bertujuan untuk menentukan kemurnian pektin. Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) pada pH terhadap kadar asam galakturonat pektin kulit buah naga.

Kadar asam galakturonat mengalami penurunan seiring dengan peningkatan pH. Hal ini dapat disebabkan karena semakin asam kondisi ekstraksi, maka reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin semakin meningkat.

Derajat Esterifikasi

Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) pada pH terhadap derajat esterifikasi pektin kulit buah naga.

Derajat esterifikasi mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan pH. Kondisi pH yang rendah dapat menyebabkan pektin mengalami degradasi menjadi asam pektat. Hal tersebut menyebabkan derajat esterifikasi dari pektin akan mengalami penurunan (Kesuma *et al.*, 2018).

Viskositas

Analisis viskositas pada larutan pektin bertujuan untuk menunjukkan

kekuatan gel yang mampu dibentuk oleh pektin (Erika, 2013).

Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) antar pH terhadap viskositas pektin kulit buah naga. Viskositas pektin kulit buah naga mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini dapat disebabkan karena peningkatan pH menyebabkan peningkatan berat ekivalen dan kadar metoksil. Semakin tinggi berat ekivalen suatu pektin, maka kadar asam galakturonat yang teresterifikasi semakin meningkat. Pektin dengan kadar metoksil yang tinggi dapat memerangkap air lebih banyak, sehingga viskositas yang dimiliki semakin tinggi (Perina *et al.*, 2007).

Lightness

Hasil analisis statistik dan pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) antar pH terhadap *Lightness* pektin kulit buah naga.

Pektin yang dihasilkan pada Tabel 1 memiliki tingkat kecerahan yang rendah yaitu berkisar antara 35,35-37,49. Hal ini dapat disebabkan karena penggunaan asam kuat yaitu asam oksalat dalam proses ekstraksi menyebabkan hidrolisis protopektin dari jaringan kulit buah naga menjadi cepat. Sel pada jaringan kulit buah naga pecah sehingga polifenol keluar dari

vakuola dan bertemu dengan enzim yang ada di sitoplasma (Ardiansyah *et al.*, 2014).

Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Karakteristik Pektin

Rendemen

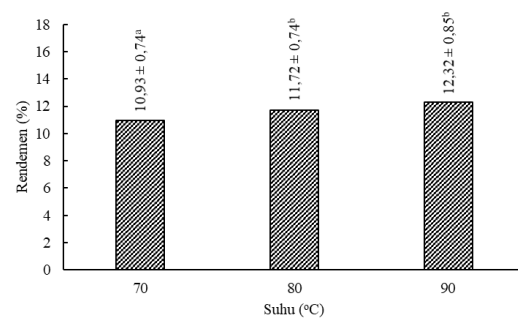
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa suhu dan waktu berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap rendemen pektin kulit buah naga namun interaksi keduanya tidak berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen pektin kulit buah naga.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa peningkatan waktu saat proses ekstraksi pektin menyebabkan peningkatan rendemen pektin kulit buah naga.

Hasil penelitian sesuai dengan pernyataan Nurviani *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan waktu ekstraksi dapat meningkatkan rendemen pektin kulit pepaya. Hal ini dapat disebabkan karena semakin lama waktu ekstraksi maka semakin lama waktu kontak antara bahan dengan pelarut sehingga proses hidrolisis protopektin menjadi pektin (Nurdjanah dan Usmiati, 2006).

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa peningkatan suhu proses ekstraksi pektin menyebabkan peningkatan rendemen

pektin kulit buah naga. Hal ini sesuai dengan penelitian Sharma *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu ekstraksi pektin dilakukan maka rendemen yang dihasilkan akan semakin tinggi. Peningkatan suhu ekstraksi menyebabkan protopektin terhidrolisis sehingga rendemen pektin meningkat.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

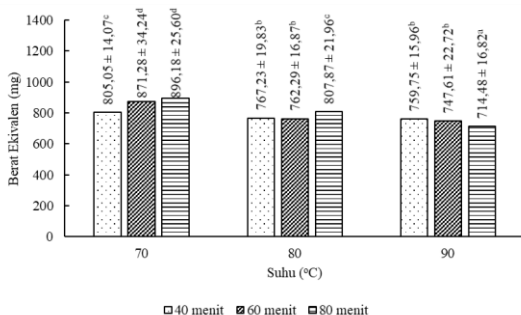
Gambar 1. Pengaruh suhu terhadap rendemen pektin kulit buah naga merah

Berat Ekuivalen

Hasil analisis statistik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa suhu, waktu, dan interaksinya berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap berat ekuivalen pektin kulit buah naga.

Peningkatan suhu dan waktu ekstraksi menyebabkan penurunan berat ekuivalen (Gambar 2). Penurunan berat ekuivalen karena tingginya suhu dan lamanya waktu ekstraksi dapat disebabkan karena pektin mengalami degradasi menjadi asam

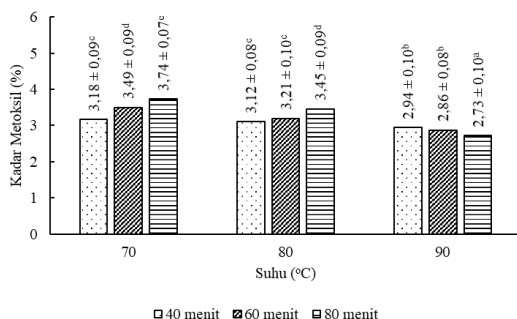
pektat. Hal tersebut menyebabkan berat ekivalen mengalami penurunan (Rizqi *et al.*, 2015; Kulkarni dan Vijayanand, 2010).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 2. Pengaruh suhu dan waktu terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga merah

Hasil analisis statistik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa suhu, waktu, dan interaksinya berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 3. Pengaruh suhu dan waktu terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga merah

Peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan kadar metoksil

pektin kulit buah naga. Hal ini dapat disebabkan karena peningkatan suhu selama proses ekstraksi dapat menyebabkan degradasi pektin menjadi asam pektat (Kulkarni dan Vijayanand, 2010)

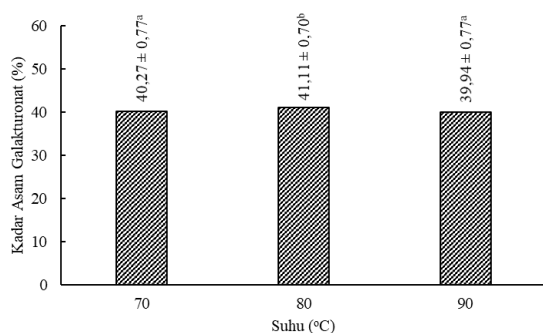
Peningkatan waktu ekstraksi berbanding terbalik dengan peningkatan suhu, dimana semakin lama ekstraksi dilakukan maka kadar metoksil pektin dapat meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Desmawarni dan Hamzah (2017) yang menyatakan bahwa peningkatan waktu ekstraksi dapat meningkatkan proses hidrolisis protopektin. Hal tersebut menyebabkan rantai poligalakturonat yang dihasilkan semakin panjang dan dapat meningkatkan esterifikasi dari gugus karboksil.

Kadar Asam Galakturonat

Hasil analisis statistik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa suhu dan waktu berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kadar asam galakturonat pektin kulit buah naga namun interaksi keduanya tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar asam galakturonat pektin kulit buah naga.

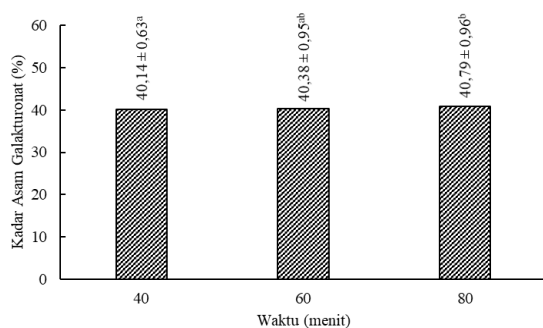
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan kadar asam galakturonat pada pektin kulit buah naga.

Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi suhu ekstraksi maka hidrolisis protopektin menjadi senyawa pektin dapat terjadi lebih cepat (Jariyah *et al.*, 2015). Komponen dasar penyusun asam pektinat merupakan asam D-galakturonat (Oktaria dan Ramadhani, 2014).



Keterangan: Notasi berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah



Keterangan: Notasi berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

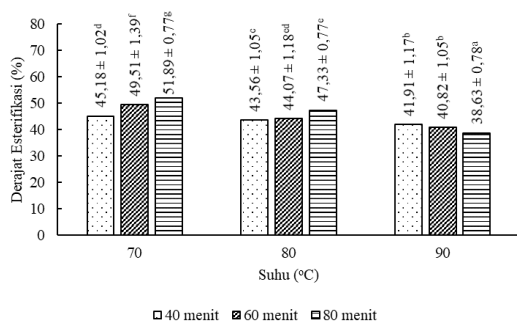
Gambar 4. Pengaruh waktu terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa waktu ekstraksi menyebabkan peningkatan asam galakturonat pada pektin. Hal ini dapat disebabkan karena waktu kontak antara pelarut dan bahan semakin lama, sehingga asam pektinat dengan komponen dasar penyusun utamanya merupakan asam D-galakturonat dapat tereskrak lebih banyak (Rizqi *et al.*, 2015).

Derajat Esterifikasi

Hasil analisis statistik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa suhu, waktu, dan interaksinya berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap derajat esterifikasi pektin kulit buah naga.

Peningkatan suhu yang dapat dilihat pada Gambar 5 dapat menyebabkan penurunan derajat esterifikasi dan peningkatan waktu ekstraksi dapat menyebabkan peningkatan derajat esterifikasi. Kombinasi antara suhu tinggi dan waktu ekstraksi yang lama dapat menurunkan derajat esterifikasi pektin. Hal ini dapat disebabkan karena suhu dan waktu ekstraksi yang terlalu tinggi menyebabkan terjadi proses demetilasi pada pektin yaitu pemutusan ikatan metil ester (Jariyah *et al.*, 2015).

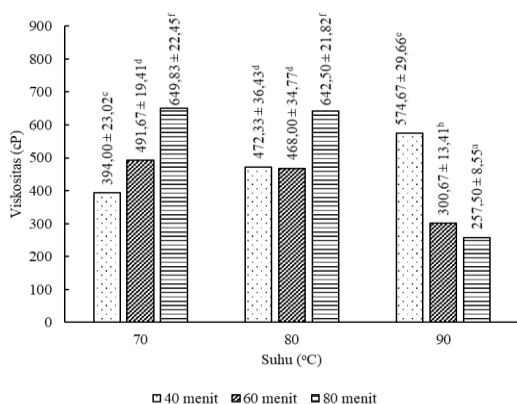


Keterangan: Notasi berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh suhu dan waktu terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah

Viskositas

Hasil analisis statistik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa suhu, waktu, dan interaksinya berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap viskositas pektin kulit buah naga merah.



Keterangan: Notasi berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

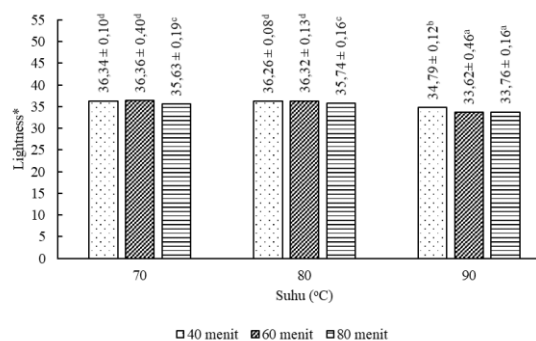
Gambar 6. Pengaruh suhu dan waktu terhadap viskositas pektin kulit buah naga merah.

Peningkatan suhu dan pada Gambar 6 dapat menurunkan viskositas pektin kulit buah naga. Hal ini dapat terjadi karena

penggunaan suhu dan waktu ekstraksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan asam pektinat yang dihasilkan terdegradasi menjadi asam pektat (Kulkarni dan Vijayanand, 2010).

Lightness

Hasil analisis statistik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa suhu, waktu, dan interaksinya berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap *Lightness* pektin kulit buah naga.



Keterangan: Notasi berbeda menandakan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 7. Pengaruh suhu dan waktu terhadap *lightness* pektin kulit buah naga merah

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa peningkatan suhu dan waktu ekstraksi menyebabkan penurunan nilai *Lightness* dari pektin kulit buah naga. Hal ini terjadi karena ketika suatu bahan dipanaskan dengan suhu yang tinggi dengan waktu yang lama maka bahan tersebut akan kehilangan air. Kadar air yang rendah pada

suatu bahan menyebabkan bahan tersebut tidak dapat menguapkan air lagi sehingga akan bereaksi dengan dinding sel membentuk warna cokelat (Windiardsih *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Tingkat keasaman terbaik dalam proses ekstraksi kulit buah naga adalah pH 5. Pektin yang dihasilkan memiliki rendemen sebesar 10,73%, berat ekivalen sebesar 795,78 mg, kadar metoksil sebesar 3,16%, kadar galakturonat sebesar 40,02%, derajat esterifikasi sebesar 44,09%, viskositas sebesar 402,5 cP dan nilai *Lightness* sebesar 37,50.

Suhu dan waktu terbaik dalam proses ekstraksi pektin kulit buah naga adalah 70°C selama 80 menit. Pektin yang dihasilkan memiliki rendemen sebesar 11,14%, berat ekivalen sebesar 896,18 mg, kadar metoksil sebesar 3,73%, kadar galakturonat sebesar 40,86%, derajat esterifikasi sebesar 51,89%, viskositas sebesar 649,83 cP, dan nilai *Lightness* sebesar 35,63. Pektin kulit buah naga yang dihasilkan merupakan pektin bermetoksil rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, W.W. dan Handayani. N. 2016. Pengaruh penambahan wortel (*Daucus carota*) terhadap karakteristik sensori dan fisikokimia selai buah naga merah (*Hylotreceus polyrhizus*). Jurnal Fortech 1(1):16-28.
- Ardiansyah, G., Hamzah, F. dan Efendi, I. 2014. Variasi tingkat keasaman dalam ekstraksi pektin kulit buah durian. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Riau-JOM FAPERTA 1(2):1-7.
- Desmawarni, D. dan Hamzah, F.H. 2017. Variasi suhu dan waktu ekstraksi terhadap kualitas pektin dari kulit pisang tanduk. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Riau-JOM FAPERTA 4 (1):1-14.
- Erika, C. 2013. Ekstraksi pektin dari kulit kakao (*Theobroma Cacao L*) menggunakan ammonium oksalat. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia 5(2):1-6.
- Hanum, F., Tarigan, M.A., Menka, L. dan Kaban, D. 2012. Ekstraksi pektin dari kulit buah pisang kepok (*Musa paradisiaca*). Jurnal Teknik Kimia 49-53.
- Injilauddin, A. S., Lutfi, M. dan Nugroho, W. A. 2015. Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi pektin kulit buah nangka. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 3(3): 280-286.
- Irawan, T.A. dan Prihanto. A. 2018. Ekstraksi pektin dari kangkung darat menggunakan pelarut asam sitrat. METANA 12(1): 13-16.
- Ismail, N.S.M, Ramli, N., Hani, N.M. and Meon, Z. 2012. Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. Sains Malaysiana 41(1): 41-45.
- Jariyah, S., Yulistiani, R. dan Habibi. 2015. Ekstraksi pektin buah pedada

- (*Sonneratia caseolaris*). Jurnal Rekapangan 9(1): 28-33.
- Kesuma, N., Widarta, I. dan Permana, I. 2018. Pengaruh jenis asam dan pH pelarut terhadap karakteristik pektin dari kulit lemon (*Citrus limon*). Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan 7(4): 192-203.
- Kulkarni, S.G. and Vijayanand, P. 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.). LWT-Food Science and Technology (7) 43: 1026-1031.
- Nazaruddin, R., Noor, B.A.A., Foo, S.C., Tan, Y.N. and Ayob, M.K. 2013. Comparative chemical characteristics of hydrochloric acid and ammonium oxalate extracted pectin from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces. International Food Research Journal 20(1): 281-284.
- Nurviani, Bahri, S. dan Sumarni, N.K. 2014. Ekstraksi dan karakterisasi pektin kulit buah pepaya (*Carica papaya* L.) varietas cibinong, Jinggo, dan semangka. Journal of Natural Science 3(3): 322-330.
- Octarya, dan Ramadhani, A. 2014. Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari limbah kulit semangka menggunakan ekstrak enzim *Aspergillus niger*. Jurnal Agroteknologi 4(2): 27-31.
- Prasetyowati, P., Sari K. P. dan Pesantri H. 2009. Ekstraksi pektin dari kulit mangga. Jurnal Teknik Kimia 16 (4): 42-49
- Perina, I., Satiruihani., Soetaredjo F. dan Hindarso, H. Ekstraksi pektin dari berbagai macam kulit jeruk. Widya Teknik 6(1): 1-10.
- Rizqi, A.N., Susilo, B. dan Yulianingsih, R. 2015. Pengaruh pre-treatment bahan baku dan waktu ekstraksi terhadap karakteristik pektin kulit pisang raja (*Musa paradisiaca*). Jurnal Bioproses Komoditas Tropis 3(1):58-67.
- Sulihono, A., Tarihoran B. dan Agustina T. E. 2012. Pengaruh waktu, temperatur, dan jenis pelarut terhadap ekstraksi pektin dari kulit jeruk bali (*Citrus maxima*). Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. 18 (4):1-8.
- Sharma, H., Bhatia, S. dan Alam, M.S. 2013. Studies on pectin extraction from kinnow peel and pomace. J. Res Punjab Agriculture University (3&4): 128-130
- Waladi, Johan, V. S. dan Hamzah, F. 2015. Pemanfaatan kulit buah naga merah (*Hyclocereus polyrhizus*.) sebagai bahan tambahan dalam Pembuatan Es Krim. Jom Faperta 2(1):1-11.

KARAKTERISTIK NUGGET TAHU DENGAN PENAMBAHAN JAMUR TIRAM (*Pleurotus ostreatus*) DAN PERBEDAAN JENIS MINYAK UNTUK MENGGORENG

[CHARACTERISTICS OF TOFU NUGGET WITH THE ADDITION OF OYSTER MUSHROOMS (*Pleurotus ostreatus*) AND DIFFERENT FRYING OIL]

Titri Siratantri Mastuti*, Michael Adrian

Department of Food Technology, Universitas Pelita Harapan
Jl. Thamrin Boulevard 10100, Tangerang 15811, Banten, Indonesia

*Korespondensi penulis : titri.mastuti@uph.edu

ABSTRACT

Nugget is a fried product with basic ingredients generally from chicken or fish. Nugget can also be made from plant-based ingredients such as high protein white tofu and white oyster mushrooms. The cooking oil used can affect the fat content of the nuggets. The purpose of this study were to determine the best ratio of white tofu and white oyster mushrooms, the type of binder, to determine concentration of binder and to determine the type of oil for frying to obtain tofu nuggets which have the best characteristics. The first phase of research consisted of two factors, namely the type of flour as a binder (wheat flour, sago flour and wheat flour: sago flour) with a concentration of 10% and the ratio of white tofu: white oyster mushrooms (100: 0, 90:10, 80: 20, 70:30). The second phase of the research consisted of two factors, namely the concentration of selected flour in stage I (15%, 20%, 25%) and the type of oil (palm oil and coconut oil) used for frying tofu nuggets. The parameters analyzed included moisture content, protein content, fat content, color, texture, and organoleptic tests (multiple comparison and hedonic). The best formulation of tofu nuggets was nugget with the 15% wheat flour as binder with ratio of white tofu: white oyster mushrooms (90:10) and fried using coconut oil. The best tofu nuggets have water content of 42.64%, fat content of 21.47%(d/b), protein content of 16.90%. The physical characteristics of tofu nuggets were yellowish brown on the outside, and have a compact and chewy texture.

Keywords : coconut oil, nugget, oyster mushrooms, tofu, wheat

ABSTRAK

Nugget merupakan produk olahan yang digoreng dengan bahan dasar umumnya dari daging ayam atau ikan. Nugget dapat juga dibuat dari bahan dasar nabati seperti tahu putih yang tinggi protein dan jamur tiram putih. Minyak goreng yang digunakan dapat memengaruhi kadar lemak nugget. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rasio terbaik tahu putih dan jamur tiram putih, jenis tepung pengikat yang tepat, menentukan konsentrasi tepung pengikat yang tepat serta menentukan jenis minyak goreng yang tepat untuk memperoleh nugget tahu yang mempunyai karakteristik terbaik. Penelitian tahap I terdiri dari dua faktor, yaitu jenis tepung sebagai bahan pengikat (tepung terigu, tepung sagu dan tepung terigu : tepung sagu) dengan konsentrasi 10% dan rasio tahu putih : jamur tiram putih (100:0, 90:10, 80:20, 70:30). Penelitian tahap II terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi tepung terpilih tahap I (15%, 20%, 25%) dan jenis minyak (minyak kelapa sawit dan minyak kelapa) yang digunakan untuk menggoreng nugget tahu. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, warna,

tekstur, dan uji organoleptik (multiple comparison dan hedonik). Formulasi nugget tahu terbaik adalah nugget dengan 15% tepung terigu sebagai pengikat, rasio tahu putih : jamur tiram putih (90:10) dan digoreng menggunakan minyak kelapa. Nugget tahu terbaik memiliki kadar air sebesar 42,64%, lemak 21,47%bk, dan protein 16,90%. Nugget tahu memiliki karakteristik fisik berwarna coklat kekuningan pada bagian luar, dan teksturnya yang kompak serta kenyal.

Kata kunci : jamur tiram, minyak kelapa, nugget, tahu, terigu

PENDAHULUAN

Nugget merupakan salah satu produk olahan siap saji yang pada umumnya menggunakan daging ayam. Berdasarkan SNI *nugget* ayam (BSN, 2014), *nugget* merupakan produk olahan ayam yang dicetak, dimasak, dibuat dari campuran daging ayam giling yang diberi bahan pelapis dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan yang diperbolehkan. Seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat yang berhubungan dengan pola konsumsi dan kesehatan, telah banyak dikembangkan varian bahan baku *nugget* seperti menggunakan ikan, udang maupun bahan nabati seperti tempe, tahu, wortel, jamur tiram.

Ciri khas produk *nugget* adalah bentuk dan tekstur *nugget* yang diantaranya dipengaruhi oleh kandungan protein bahan baku. *Nugget* ayam memiliki kadar protein minimal 12% (BSN, 2014). Inovasi produk *nugget* dengan bahan baku bukan daging ayam harus memperhatikan komposisi bahan baku yang digunakan seperti kadar

air, protein, lemak maupun zat gizi lainnya sehingga karakteristik produk dihasilkan tidak jauh berbeda dengan *nugget* ayam.

Berdasarkan Mastuti *et al.* (2019) tahu putih memiliki kadar air 79,91%, protein 10,42%, lemak 1,39%, abu 1,19%, karbohidrat 7,09% dan menurut Saragih (2015), jamur tiram putih memiliki kandungan protein 13,8 %, lemak 1,41 %, karbohidrat 61,7 %, kadar serat 3,5 %, serta kadar air sekitar 80%. Tahu putih dan jamur tiram putih dapat menjadi bahan baku pembuatan *nugget* sebagai bentuk diversifikasi produk *nugget* dari bahan nabati. *Nugget* dengan bahan tahu dan brokoli memiliki kadar protein 14,09% serta tekstur yang kenyal dan padat (Khatimah *et al.*, 2018).

Bahan pengikat merupakan bahan dalam pembuatan *nugget* yang digunakan untuk memperbaiki tekstur, cita rasa dan meningkatkan daya ikat air (Wulandari *et al.*, 2016). Tepung terigu, sagu, ubi jalar dapat digunakan sebagai bahan pengikat (Rohaya *et al.*, 2013).

Selama proses menggoreng, minyak diserap oleh produk sehingga dapat memengaruhi karakteristik produk (Karouw *et al.*, 2019). Minyak kelapa memiliki kandungan asam lemak jenuh yang tinggi, namun saat digunakan untuk menggoreng tahu memiliki penurunan mutu yang lebih lambat dibandingkan minyak kelapa sawit (Mastuti *et al.*, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio tahu putih dan jamur tiram putih dalam pembuatan *nugget* tahu. Penelitian juga bertujuan untuk menentukan jenis tepung pengikat dan konsentrasinya serta menentukan jenis minyak untuk menggoreng agar dapat diperoleh *nugget* tahu dengan karakteristik terbaik dari segi analisis kimia, fisik, dan organoleptik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *nugget* tahu adalah tahu putih dan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) diperoleh dari pasar Modern BSD, tepung terigu (merk Segitiga Biru), tepung sagu (merk Cap Pak Tani), telur, garam (merk Dolpin), gula (merk Gulaku), lada (merk Koepoe Koepoe), bawang putih cincang, tepung roti (merk J Food), minyak kelapa (merk Pyramid), minyak kelapa sawit (merk Sunco), dan *nugget* ayam (merk

Fiesta). Bahan yang digunakan untuk analisis uji *nugget* tahu adalah K_2SO_4 , selenium, larutan H_2SO_4 pekat, larutan H_2O_2 35% pekat, akuades (merk Amidis), larutan NaOH 35%, larutan H_3BO_4 4%, indikator campuran, larutan HCL 0,2 N, dan heksana.

Alat yang digunakan dalam pembuatan *nugget* tahu adalah *food processor* (merk Philips), dan *deep fat fryer* (merk Fritaeco). Alat yang digunakan dalam analisis adalah oven, alat gelas volumetrik, *Kjeldahl*, *Soxhlet*, *chromameter* (Konica Minolta CR-400), dan *Texture Analyzer (TA.XT. Plus)*.

Metode Penelitian

Pembuatan *Nugget* Tahu

Tahu putih dan jamur tiram putih sebagai bahan baku pembuatan *nugget* tahu dianalisis kadar air dan kadar protein terlebih dahulu sebagai tahap pendahuluan. Penelitian utama pembuatan *nugget* tahu dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama pembuatan *nugget* tahu dengan variasi rasio tahu putih dan jamur tiram putih yang digunakan. Selain itu sebagai bahan pengikat juga digunakan 3 jenis tepung yaitu terigu, sagu, dan campuran terigu:sagu (1:1).

Prosedur dan formulasi adonan pembuatan *nugget* tahu berdasarkan Saragih (2015); Putra *et al.* (2015); Khatimah *et al.* (2018) dengan modifikasi. Formulasi adonan yang digunakan dalam pembuatan

nugget tahu tahap pertama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi adonan *nugget* tahu per 100 gram bahan

Bahan	Jumlah (gram)
Tahu putih : jamur tiram putih	50 (rasio 100:0, 90:10, 80:20, 70:30)
Tepung (terigu/ sagu/ terigu:sagu (1:1))	10
Bawang putih	5
Gula pasir	3,5
Garam	1
Lada	0,5
Telur	30

Sumber: Saragih (2015); Putra *et al.* (2015); Khatimah *et al.* (2018)

Prosedur pembuatan *nugget* tahu diawali dengan tahu putih dicuci dan dipotong 2 x 2 cm dan ditimbang sesuai perlakuan. Sedangkan untuk jamur tiram putih dipotong bagian akar dan dicuci kemudian ditimbang sesuai perlakuan. Tahu putih dan jamur tiram putih dimasukkan ke dalam *food processor*. Lalu ditambahkan tepung pengikat sesuai perlakuan (terigu, sagu, dan terigu : sagu (1:1)) sebesar 10% dari total formulasi.

Berikutnya dilakukan penambahan bahan lain sebagai bumbu seperti bawang putih cincang, telur, gula pasir, garam, lada bubuk dan kemudian semua bahan digiling dengan *food processor*. Setelah semua tercampur hingga homogen, adonan dilakukan pengukusan pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$

selama 1 jam. Adonan yang telah dikukus, didinginkan (suhu ruang) terlebih dahulu dan dicetak berukuran 3 x 3 cm dengan ketebalan 1,5 cm. *Nugget* tahu yang telah dicetak, dicelupkan kedalam putih telur yang telah dikocok, dilanjutkan pelumuran dengan tepung roti. Setelah itu *nugget* tahu dikemas dalam wadah dan dimasukkan ke dalam *freezer* untuk dibekukan pada suhu -20°C selama minimal 30 menit. Adonan *nugget* tahu beku kemudian digoreng dengan suhu 180°C selama 3 menit sampai *nugget* tahu berwarna coklat keemasan.

Tahap kedua penelitian ini adalah pembuatan *nugget* tahu dengan prosedur yang sama, namun pada formulasi tahap kedua digunakan rasio tahu:jamur dan jenis tepung terpilih dari tahap pertama. Pada penelitian tahap kedua ini digunakan 3 konsentrasi berbeda dari tepung yang digunakan yaitu 15, 20, 25% dari total formulasi. Telur yang digunakan pada formulasi tahap kedua dikurangi jumlahnya menyesuaikan agar total formulasi adonan tetap sama.

Minyak yang digunakan untuk menggoreng di tahap pertama adalah minyak kelapa sawit. Sedangkan pada tahap kedua digunakan 2 jenis minyak goreng yaitu minyak kelapa sawit dan minyak kelapa. *Nugget* tahu setelah digoreng dan

ditiriskan kemudian dianalisis sesuai parameter uji kimia, fisik dan organoleptik.

Rancangan Percobaan dan Analisis Uji

Penelitian tahap I terdiri dari dua faktor yaitu jenis tepung (terigu, sagu, dan terigu:sagu(1:1)) dan rasio tahu putih:jamur tiram putih (100:0, 90:10, 80:20, 70:30). Penelitian tahap II terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi tepung (15%, 20% dan 25%) dan jenis minyak goreng (kelapa sawit dan kelapa). Rancangan percobaan yang digunakan untuk keduanya adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua kali pengulangan. Data dianalisis secara statistik menggunakan alat bantu SPSS 25.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa kadar air (AOAC, 2005), kadar protein (AOAC, 2005), kadar lemak (AOAC, 2005), tekstur (Trinh *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2015), warna (Kristi, 2017; Nielsen, 2010), uji skoring menggunakan metode *multiple comparison* dan hedonik (Putra *et al.*, 2015). *Nugget* tahu juga dibandingkan teksturnya dengan *nugget* ayam komersial meliputi *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, dan *chewiness*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan *nugget* tahu adalah tahu putih dan jamur

tiram putih. Hasil analisis kadar air untuk keduanya masing-masing adalah 81,73% dan 94,44%. Sedangkan untuk kadar protein, tahu putih memiliki kadar 12,11% dan untuk jamur tiram putih 2,75%.

Kadar air dan protein bahan baku dapat memengaruhi karakteristik produk *nugget* yang dihasilkan. *Nugget* umumnya terbuat dari daging ayam yang memiliki kandungan protein tinggi yang dapat memengaruhi tekstur dan kadar protein *nugget*. Kadar protein tahu putih dan jamur yang cukup tinggi diharapkan dapat menghasilkan *nugget* tahu dengan kadar protein minimal 12% sebagai standar *nugget* ayam komersial (BSN, 2014).

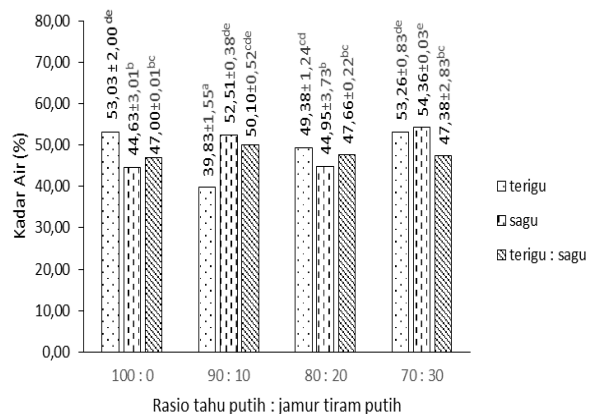
Tahu putih dan jamur tiram putih merupakan bahan yang memiliki kadar air tinggi. Hasil analisis kadar air sesuai dengan penelitian Aziza *et al.* (2017), yaitu 85% untuk tahu putih dan 80% untuk jamur tiram (Saragih, 2015). Kadar air bahan baku dapat memengaruhi tekstur *nugget* yang dihasilkan sehingga penggunaan bahan pengikat diharapkan dapat membantu memperoleh *nugget* sesuai standar *nugget* komersial yaitu maksimal 50% (BSN, 2014).

***Nugget* Tahu Penelitian Tahap I**

Kadar Air

Hasil analisis statistik *univariate* ANOVA menunjukkan bahwa interaksi

antara jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kadar air *nugget* tahu.



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

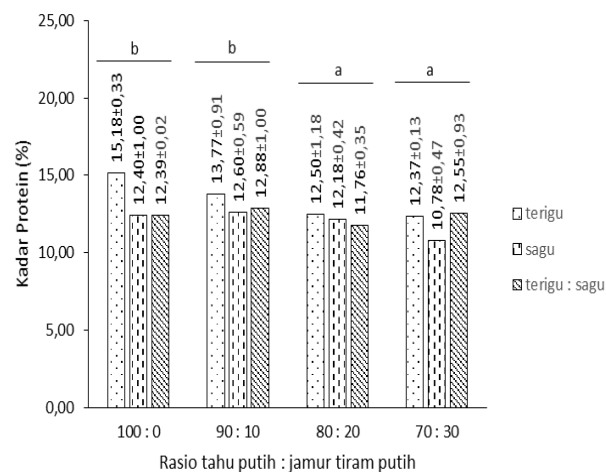
Gambar 1. Kadar air *nugget* tahu dengan perbedaan jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih

Berdasarkan uji lanjut Duncan pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa perlakuan tepung sagu dengan rasio tahu:jamur tiram (70:30) menghasilkan *nugget* tahu dengan kadar air paling tinggi yaitu 54,36%. Kadar air *nugget* tahu dengan perlakuan tepung terigu-rasio tahu putih : jamur tiram putih (90:10) memiliki nilai paling rendah yaitu 39,83%. Kadar air yang rendah dapat membantu menghambat masuknya mikroorganisme yang membuat produk cepat rusak serta kualitasnya akan menurun (Rohaya *et al.*, 2013). Bahan baku dengan kadar air yang tinggi seperti tahu dan jamur tiram memerlukan jenis tepung yang dapat mengikat air lebih maksimal. Tepung terigu memiliki kandungan gluten yang dapat

mengikat air lebih baik daripada tepung sagu (Kusumaningrum *et al.*, 2013).

Kadar Protein

Hasil analisis statistik *univariate* ANOVA menunjukkan tidak terdapat interaksi ($p > 0,05$) antara jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih. Namun jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih masing-masing berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap kadar protein *nugget* tahu.



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 2. Kadar protein *nugget* tahu dengan perbedaan jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa tepung terigu dapat berkontribusi menghasilkan kadar protein *nugget* tahu paling tinggi dengan nilai rata-rata 13,45%. Hasil ini sebanding dengan kandungan protein dari bahan baku tepung yaitu tepung terigu sebesar 8,9% yang memang lebih

tinggi dibandingkan tepung sagu yaitu 0,7% (Rahmah *et al.*, 2017).

Berdasarkan bahan baku yang digunakan, rasio tahu putih : jamur tiram putih (100:0) menghasilkan *nugget* tahu dengan kadar protein rata-rata paling tinggi yaitu 13,32% namun tidak berbeda signifikan dengan rasio (90:10). *Nugget* tahu yang diperoleh dari penggunaan tepung sagu dan rasio tahu putih:jamur tiram (70:30) secara keseluruhan memiliki rata-rata kadar protein yang lebih rendah. Kandungan protein bahan baku dapat memengaruhi kadar protein dari produk *nugget* yang dihasilkan. Hasil analisis kadar protein *nugget* tahu menunjukkan bahwa secara keseluruhan kadar protein *nugget* tahu hasil penelitian telah dapat memenuhi dan melebihi standar SNI *nugget* ayam (BSN, 2014).

Warna

Warna seluruh *nugget* tahu berdasarkan analisis menggunakan alat kromameter menunjukkan nilai °Hue berkisar antara 59,26-67,69 yang artinya produk *nugget* tahu memiliki warna *yellow red* (kuning-merah). *Nugget* merupakan produk yang dengan bahan tepung pelapis berupa tepung roti di bagian luar adonan yang kemudian digoreng. Proses

penggorengan menyebabkan terjadinya reaksi *maillard* yang merupakan reaksi antara karbohidrat (gula pereduksi) dengan gugus amino dari protein pada suhu tinggi menghasilkan pigmen melanoidin berwarna coklat yang akan memengaruhi warna produk (Mariana, 2014).

Nilai Hue *nugget* tahu sebanding dengan nilai *lightness nugget* tahu pada kisaran 45,53 – 58,05 yang berarti nilai kecerahan *nugget* tahu tidak tinggi dan cenderung gelap namun masih cukup terang atau cerah. Perubahan warna selama proses penggorengan pada *nugget* menjadi merah kekuningan mengakibatkan produk menjadi terlihat gelap (Simbolon *et al.*, 2016).

Tekstur

Hasil analisis tekstur *nugget* tahu dengan alat *Texture Analyzer* berdasarkan parameter *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, *chewiness* dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisis statistik *univariate ANOVA* menunjukkan bahwa interaksi antara jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, *chewiness nugget* tahu.

Tabel 2. Data analisis tekstur *nugget* tahu dengan perbedaan jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih

Jenis Tepung	Rasio Tahu Putih : Jamur Tiram Putih	Hardness (g.force)	Cohesiveness (kg.sec)	Springiness (mm)	Chewiness
Terigu	100:0	264,32±13,38 ^h	0,35±0,02 ^a	0,92±0,01 ^b	89,26±5,96 ^e
	90:10	244,32±0,05 ^g	0,42±0,02 ^d	0,95±0,02 ^b	93,20±3,31 ^e
	80:20	277,07±7,88 ^h	0,33±0,02 ^a	0,85±0,01 ^a	93,18±0,30 ^e
	70:30	237,57±4,37 ^{fg}	0,33±0,02 ^a	0,89±0,06 ^{ab}	69,78±5,56 ^c
Sagu	100:0	145,98±13,81 ^a	0,36±0,02 ^a	0,94±0,03 ^b	47,91±2,37 ^{ab}
	90:10	187,70±1,61 ^b	0,35±0,01 ^a	0,91±0,03 ^{ab}	53,48±2,81 ^b
	80:20	227,13±1,69 ^{ef}	0,36±0,03 ^{abc}	0,93±0,03 ^b	53,96±3,78 ^b
	70:30	209,53±5,91 ^{cd}	0,34±0,01 ^a	0,84±0,02 ^a	54,63±2,27 ^b
Terigu : Sagu	100:0	205,65±0,46 ^c	0,40±0,02 ^{cd}	0,90±0,01 ^{ab}	66,95±2,21 ^c
	90:10	219,09±8,18 ^{cde}	0,42±0,01 ^d	0,93±0,03 ^b	73,76±1,41 ^{cd}
	80:20	232,11±10,19 ^{efg}	0,39±0,01 ^{bcd}	0,93±0,03 ^b	40,75±2,26 ^a
	70:30	222,94±5,52 ^{def}	0,42±0,01 ^d	0,95±0,01 ^b	80,31±3,22 ^d

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$) pada masing-masing kolom/parameter

Nugget tahu yang memiliki *hardness* paling tinggi adalah *nugget* tahu dengan penggunaan tepung terigu dan rasio bahan (80:20) yaitu 277,07 *g.force*, namun tidak berbeda signifikan dengan rasio (100:0). Tahu dan jamur tiram memiliki kadar air yang tinggi sehingga memerlukan tepung yang dapat mengikat air lebih maksimal. Tepung terigu memiliki kandungan protein dan pati yang tinggi (Pradipta dan Putri, 2015) sehingga dapat berperan dalam pembentukan matrik gel protein-pati. Kadar air bahan yang tinggi menyebabkan ruang antar molekul semakin sempit sehingga air yang terikat oleh tepung semakin besar dan membuat tekstur produk semakin keras dan kompak (Yahya *et al.*, 2013).

Nugget tahu yang memiliki *cohesiveness* paling tinggi adalah tepung terigu-rasio tahu putih : jamur tiram putih

(90:10) yaitu 0,42 *kg.sec*, namun tidak berbeda signifikan dengan *nugget* jenis tepung campuran terigu : sagu (1:1)-rasio tahu putih : jamur tiram putih (90:10) dan (70:30). Kemampuan terigu membentuk matriks gel protein-pati yang baik membuat tekstur pada *nugget* menjadi semakin keras dan kompak. Kandungan protein membuat tekstur produk yang dihasilkan akan menjadi semakin kompak dan kokoh dikarenakan protein dapat meningkatkan penyerapan air di dalam matriks dan kekakuan dari rantai (Imanningsih, 2012).

Perlakuan tepung terigu dan rasio bahan (90:10) memiliki *springiness* *nugget* tahu paling tinggi yaitu 0,95 mm, namun tidak berbeda signifikan dengan beberapa perlakuan lainnya. Kandungan air bahan baku yang tinggi akan memengaruhi *springiness* dari *nugget* tahu (Saragih,

2015). Keberadaan terigu membantu membuat tekstur dari produk menjadi kenyal dan elastis karena adanya kandungan gluten (Hanum, 2016).

Nugget tahu yang memiliki *chewiness* paling tinggi adalah *nugget* dengan penggunaan terigu dan rasio bahan (90:10) yang tidak berbeda signifikan dengan rasio (80:20). Jamur tiram putih memiliki kandungan pektin yang membuat teksturnya semakin lembut dan kenyal (Irawati *et al.*, 2015). Terigu dapat digunakan sebagai bahan pengikat karena memiliki protein yang mampu menarik dan menahan air dari adonan bahan selama proses pengolahan dan pemanasan. Hal ini akan membantu membentuk tekstur *nugget* yang padat (Yuanita dan Silitonga, 2014).

Kandungan pati dalam terigu juga menghasilkan gelatinisasi yang dapat membentuk struktur gel yang kuat sehingga *nugget* selain padat juga kenyal sehingga akan lebih mudah untuk dikunyah (Sianipar, 2003). *Chewiness* merupakan uji analisis seberapa besar daya kunyah produk. *Chewiness* dipengaruhi oleh nilai *springiness* (kekenyalan/elastisitas) dan kelengketan produk. *Nugget* tahu dengan bahan pengikat tepung sagu memiliki *chewiness* lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan tepung terigu. Tepung

terigu memiliki gluten dan amilopektin, sedangkan tepung sagu hanya memiliki amilopektin yang dapat memengaruhi kekenyalan, kelengketan serta kemudahan kunyah *nugget* tahu.

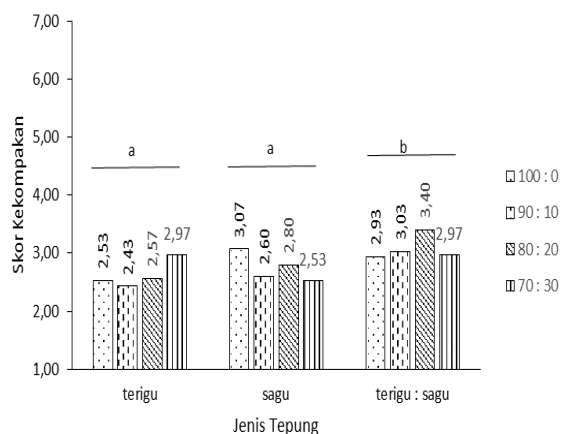
Uji Organoleptik

Uji organoleptik *nugget* tahu dilakukan dengan uji skoring dengan metode *multiple comparison* dan uji hedonik terhadap 30 panelis semi terlatih berusia 20 – 30 tahun. Uji skoring dilakukan menggunakan skala 1 - 7 dengan kontrol berupa *nugget* ayam komersial “Fiesta”. Uji hedonik dilakukan dengan menggunakan skala kesukaan 1 - 5.

Hasil analisis statistik *univariate* ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara jenis tepung dan rasio bahan ($p>0,05$) terhadap skor kekompakan *nugget*. Gambar 3 menunjukkan bahwa hanya jenis tepung yang memengaruhi ($p\leq 0,05$) skor kekompakan *nugget* tahu.

Secara keseluruhan panelis menilai *nugget* tahu tidak sama kekompakannya dengan kontrol *nugget* ayam komersial. *Nugget* dengan jenis tepung terigu : tepung sagu (1:1) memiliki nilai paling tinggi dan mendekati kontrol yaitu 3,08 yang berarti teksturnya agak kurang kompak dibanding kontrol. Tepung terigu dan sagu memiliki

kandungan amilopektin tinggi (Pradipta dan Putri, 2015) sehingga campuran keduanya membuat tekstur *nugget* tahu menjadi paling mendekati kekompakan kontrol namun belum dapat menyamai karena karakteristik tahu dan jamur yang berbeda dari segi kadar air maupun teksturnya.



Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$)
Skor 1 = sangat kurang kompak dari R – skor 7 = sangat lebih kompak dari R

Gambar 3. Nilai kekompakan *multiple comparison* *nugget* tahu dengan perbedaan jenis tepung dan rasio tahu putih : jamur tiram putih

Hasil analisis statistik menunjukkan jenis tepung, rasio tahu putih : jamur tiram putih dan interaksi keduanya tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap nilai skor kekenyalan *nugget* tahu. Penilaian panelis berkisar antara 2,53-3,17 yang berarti hasilnya agak kurang kenyal jika dibandingkan dengan *nugget* ayam komersial. Tahu dan jamur memiliki

komposisi dan struktur yang berbeda dengan daging ayam sehingga panelis dapat menilai kekenyalan produk yang berbeda dengan kontrol meskipun telah digunakan bahan pengikat (Nugraha *et al.*, 2019). Hasil analisis uji hedonik dengan statistik *univariate* ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 3 diperoleh bahwa jenis tepung, rasio tahu putih : jamur tiram putih, dan interaksi keduanya tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap masing-masing parameter (aroma, kekompakan, kekenyalan, rasa, dan keseluruhan) uji hedonik *nugget* tahu. Hasil uji hedonik aroma rata-rata $3,94 \pm 0,88$ yang berarti panelis agak suka dengan aroma *nugget* tahu. Menurut Khatimah *et al.* (2018) aroma *nugget* tahu juga dipengaruhi oleh bahan-bahan lain yang ditambahkan pada saat membuat adonan *nugget* sehingga akan lebih dominan dibandingkan aroma tahu, jamur atau tepung.

Nilai hedonik rasa *nugget* tahu rata-rata $3,85 \pm 1,01$ yang berarti agak suka rasa *nugget* tahu. Bahan tambahan seperti garam, gula, bawang putih, lada dapat menghasilkan cita rasa yang disukai oleh panelis (Putri dan Nita, 2018). Tahu dan jamur memiliki rasa yang netral sehingga rasa *nugget* yang dihasilkan tidak dipengaruhi olehnya.

Tabel 3. Hasil Uji Hedonik *Nugget* Tahu

Jenis Tepung	Rasio Tahu Putih : Jamur Tiram Putih	Aroma	Kekompakan	Kekenyalan	Rasa	Keseluruhan
Terigu	100:0	3,80±0,99 ^a	3,37±1,07 ^b	3,40±1,10 ^c	4,03±0,96 ^d	3,93±0,83 ^e
	90:10	3,87±0,94 ^a	3,07±1,14 ^b	3,07±1,20 ^c	3,73±1,02 ^d	3,77±0,94 ^e
	80:20	3,83±0,95 ^a	2,87±1,25 ^b	2,87±1,22 ^c	3,67±1,24 ^d	3,33±1,16 ^e
	70:30	4,03±0,85 ^a	3,20±1,27 ^b	3,30±1,21 ^c	4,00±0,95 ^d	3,87±0,97 ^e
Sagu	100:0	3,87±0,9 ^a	3,27±1,14 ^b	3,10±1,15 ^c	3,97±0,81 ^d	3,67±0,84 ^e
	90:10	3,87±0,82 ^a	3,03±1,35 ^b	3,10±1,30 ^c	3,87±1,07 ^d	3,73±1,08 ^e
	80:20	3,83±1,09 ^a	3,07±1,46 ^b	3,10±1,40 ^c	3,83±1,05 ^d	3,63±1,13 ^e
	70:30	3,93±0,87 ^a	2,73±1,31 ^b	2,90±1,32 ^c	3,60±1,19 ^d	3,37±1,30 ^e
Terigu : Sagu	100:0	3,80±0,81	2,97±1,16 ^b	3,10±1,19 ^c	3,73±1,02 ^d	3,53±0,94 ^e
	90:10	4,13±0,73 ^a	3,37±1,00 ^b	3,33±0,99 ^c	3,80±1,00 ^d	3,73±0,91 ^e
	80:20	4,13±0,73 ^a	3,47±1,00 ^b	3,37±1,07 ^c	4,03±0,85 ^d	3,93±0,74 ^e
	70:30	4,13±0,86 ^a	3,13±1,07 ^b	3,27±1,05 ^c	3,97±1,00 ^d	3,93±0,91 ^e

Keterangan: Skor 1= tidak suka – skor 5= suka

Notasi huruf superscript yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$) pada masing-masing kolom/parameter

Berdasarkan nilai hedonik pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa panelis tidak terlalu tinggi kesukaannya untuk kekompakan dan kekenyalan *nugget* tahu. Nilai ini sebanding dengan uji skoring *multiple comparison* yang diperoleh dan uji fisik tekstur *nugget* tahu. Nilai hedonik kekompakan rata-rata $3,13 \pm 1,19$ dan untuk kekenyalan rata-rata $3,16 \pm 1,18$ yang berarti netral kesukaannya terhadap kekompakan dan kekenyalan *nugget* tahu. Menurut Rohaya *et al.* (2013) dan Saragih (2015) semakin banyak tahu putih atau jamur tiram putih yang ditambahkan akan membuat tekstur dari *nugget* tahu menjadi lembut dan tidak sama dengan tekstur *nugget* pada umumnya yang padat, kenyal dan kompak.

Penilaian panelis terhadap kesukaan secara keseluruhan pada produk *nugget* tahu

memiliki nilai rata-rata $3,70 \pm 0,10$ yang berarti panelis netral hingga agak suka. *Nugget* dengan bahan baku nabati yaitu tahu dan jamur tiram masih dapat diterima oleh panelis namun masih rendah penerimaannya untuk tekstur yaitu kekompakan dan kekenyalan.

***Nugget* Tahu Terpilih Tahap I**

Berdasarkan analisis perlakuan dengan nilai rata-rata paling tinggi adalah *nugget* dengan rasio tahu putih:jamur tiram putih (100:0) dan pemakaian terigu. Namun perlakuan yang dipilih sebagai perlakuan terbaik pada tahap ini adalah pemakaian jenis tepung terigu dan rasio tahu putih:jamur tiram putih (90:10) sehingga *nugget* tahu yang dihasilkan tetap memiliki nilai tambah dari jamur tiram putih yang

digunakan. Perlakuan ini memiliki kadar air *nugget* tahu yang paling rendah dan kadar protein yang tinggi namun tidak berbeda dengan *nugget* tahu rasio tahu putih:jamur tiram putih (100:0).

Perlakuan terpilih memiliki hasil analisis tekstur dan organoleptik yang baik namun secara keseluruhan hasil *nugget* tahu tahap pertama masih rendah untuk uji teksturnya dilihat dari nilai hardness yang linier dengan uji *multiple comparison* yang belum dapat menyamai tekstur *nugget* komersial.

Nugget Tahu Penelitian Tahap II

Kadar Air dan Lemak

Hasil analisis statistik *univariate* ANOVA diperoleh interaksi antara jenis minyak goreng dan konsentrasi tepung berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kadar air dan lemak *nugget* tahu. Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung terigu yang digunakan sebagai bahan pengikat maka kadar air *nugget* tahu akan turun pada pemakaian minyak kelapa sawit untuk menggoreng. *Nugget* tahu yang digoreng menggunakan minyak kelapa sawit dengan penggunaan terigu 25% menghasilkan kadar air yang paling rendah yaitu 40,72% yang tidak berbeda dengan perlakuan terigu 15% dan minyak kelapa untuk menggoreng.

Tabel 4. Kadar air dan lemak *nugget* tahu dengan perbedaan jenis minyak goreng dan konsentrasi terigu

Jenis Minyak Goreng	Konsentrasi Tepung Terigu	Kadar air (%)	Kadar lemak (%bk)
Minyak Kelapa	15%	42,64±4,89 ^{ab}	21,47±0,65 ^a
	20%	47,19±0,33 ^{bc}	22,42±0,84 ^a
	25%	41,30±0,25 ^{ab}	21,47±1,10 ^a
Minyak Kelapa Sawit	15%	49,41±3,07 ^c	31,95±0,42 ^b
	20%	44,44±0,82 ^{abc}	23,51±0,33 ^a
	25%	40,72±1,56 ^a	22,06±1,27 ^a

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$) pada masing-masing kolom/parameter

Nugget tahu dengan kadar air tertinggi pada perlakuan tepung 15% dan minyak kelapa sawit yaitu 49,41%. Semakin banyak tepung yang digunakan maka kadar air *nugget* akan turun karena terigu berfungsi mengikat air (Fitasari, 2009).

Selama penggorengan air keluar dari bahan pangan dan berpindah ke minyak goreng dan mengakibatkan terjadi hidrolisis pada minyak. Berdasarkan Suciati *et al.* (2015) perbedaan jenis minyak goreng yang digunakan tidak memengaruhi kadar air bahan. Pada penelitian ini hasil yang diperoleh sebaliknya yaitu pada penggunaan terigu 15%. Tepung terigu sebagai pengikat dan tepung roti pelapis yang digunakan dapat berfungsi melindungi air pada bahan sehingga jenis minyak goreng dapat ikut memengaruhi proses berpindahnya air dari bahan ke minyak selama menggoreng.

Berdasarkan Tabel 4, dilihat bahwa pada penggunaan minyak kelapa sawit untuk menggoreng, semakin tinggi konsentrasi terigu yang digunakan sebagai bahan pengikat maka kadar lemak *nugget* tahu akan turun. Fitasari (2009) menyatakan semakin tinggi konsentrasi tepung yang digunakan, maka kandungan lemak produk akan semakin rendah karena banyak kandungan pati yang terkandung di dalam produk. Semakin banyak tepung yang digunakan maka matrik bahan semakin kuat sehingga dapat mengurangi penyerapan minyak selama proses penggorengan sehingga kadar lemak *nugget* tahu turun.

Nugget tahu yang memiliki kadar lemak paling tinggi adalah perlakuan terigu 15% dan minyak kelapa sawit untuk menggoreng, yaitu 31,95% basis kering (bk). Perlakuan minyak kelapa dengan penggunaan terigu 15% memiliki kadar lemak terendah yaitu 21,47%bk namun tidak berbeda nyata dengan penggunaan terigu 15% dan 25%. Minyak kelapa memiliki komposisi asam lemak jenuh yang banyak, sedangkan minyak kelapa sawit memiliki kandungan asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang hampir sama besar komposisinya sehingga hal ini dapat memengaruhi

penyerapan minyak selama penggorengan yang terlihat dari kadar lemak produk yang lebih tinggi (Sujadi *et al.*, 2016).

Warna

Berdasarkan analisis warna *nugget* tahu dengan nilai $^{\circ}\text{Hue}$, berkisar antara 70,57-75,91. Nilai $^{\circ}\text{Hue}$ yang terletak pada angka antara 54-90 berarti produk tersebut memiliki warna *yellow red* (kuning-merah) (Nielsen, 2010). Nilai $^{\circ}\text{Hue}$ yang dihasilkan ini dipengaruhi oleh reaksi *maillard* antara karbohidrat dan protein yang terjadi selama proses penggorengan (Nile *et al.*, 2017). Hasil ini serupa dengan nilai *lightness* *nugget* tahu yaitu 52,18-55,36. Kecerahan *nugget* tahu yang cenderung gelap dipengaruhi oleh warna yang dimiliki oleh produk akibat proses penggorengan.

Tekstur

Hasil analisis tekstur *nugget* tahu dengan alat *Texture Analyzer* berdasarkan parameter *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, *chewiness* dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil analisis statistik *univariate* ANOVA menunjukkan bahwa interaksi antara jenis minyak goreng dan konsentrasi tepung berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap *hardness*, *cohesiveness*, dan *chewiness* *nugget* tahu.

Tabel 5. Data analisis tekstur *nugget* tahu dengan perbedaan jenis minyak goreng dan konsentrasi tepung

Jenis Minyak Goreng	Konsentrasi Tepung Terigu	Hardness (g.force)	Cohesiveness (kg.sec)	Springiness (mm)	Chewiness
Minyak Kelapa	15%	450,76±7,65 ^a	0,45±0,01 ^a	0,97±0,01 ^a	165,54±3,46 ^a
	20%	478,20±0,98 ^b	0,46±0,01 ^a	0,95±0,02 ^a	269,39±4,59 ^c
	25%	851,54±1,03 ^c	0,57±0,01 ^d	0,96±0,01 ^a	348,97±0,52 ^d
Minyak Kelapa Sawit	15%	436,39±7,64 ^a	0,49±0,01 ^b	0,96±0,03 ^a	168,83±6,30 ^a
	20%	445,15±9,43 ^a	0,46±0,01 ^a	0,96±0,04 ^a	225,18±6,50 ^b
	25%	860,35±6,20 ^c	0,55±0,01 ^c	0,97±0,02 ^a	354,11±0,51 ^d

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p \leq 0,05$) pada masing-masing kolom/parameter

Berdasarkan Tabel 5, dilihat bahwa semakin banyak penggunaan terigu, *hardness nugget* tahu semakin tinggi. *Nugget* tahu yang memiliki *hardness* paling tinggi adalah pada perlakuan tepung 25% dan minyak kelapa sawit yaitu 860,35 *g.force* yang tidak berbeda signifikan dengan minyak kelapa. Nilai *hardness* dari suatu produk meningkat disebabkan oleh gugus reaktif dari protein akan terbuka dan terjadi pengikatan kembali antara gugus reaktif yang berdekatan yang membuat ikatannya semakin kokoh dan kuat (Sumarna, 2008; Sumardjo, 2008).

Konsentrasi tepung terigu yang ditambahkan semakin banyak *cohesiveness nugget* tahu juga semakin tinggi. *Nugget* tahu yang memiliki *cohesiveness* paling tinggi adalah konsentrasi tepung 25% dan jenis minyak untuk menggoreng *nugget* minyak kelapa yaitu 0,57 *kg.sec*. Hal ini disebabkan oleh kandungan protein terigu dapat mengikat air lebih banyak dikarenakan

gugus fungsional protein dapat mengikat air yang akan meningkatkan kekompakan *nugget* (Praseptianga *et al.*, 2016).

Jenis minyak yang memiliki nilai *cohesiveness* paling tinggi adalah minyak kelapa. Saat menggoreng terjadi proses penyerapan minyak ke dalam *nugget* yang dapat meningkatkan ikatan antar molekul di dalam *nugget* sehingga memengaruhi tekstur seperti nilai *cohesiveness nugget*. Berdasarkan Suciati *et al.*, (2015), minyak kelapa memiliki daya serap lebih tinggi dibandingkan minyak kelapa sawit saat digunakan menggoreng ayam. Daya serap dapat dipengaruhi oleh titik asap minyak dan kandungan asam lemak dari minyak. Minyak dengan asam lemak tidak jenuh tinggi akan lebih mudah teroksidasi dan menurunkan titik asap serta meningkatkan daya serap minyak bila digunakan berulang kali (Guillaume *et al.*, 2018). Kadar lemak *nugget* tahu penelitian ini lebih tinggi pada penggunaan minyak kelapa sawit yang

berarti kemungkinan daya serap minyak juga lebih tinggi. Hal ini dapat membuat kekompakan *nugget* tahu dapat berkurang karena produk menjadi lebih berminyak.

Hasil *springiness* *nugget* tahu yaitu berkisar antara 0,95-0,97 mm. Gelatinisasi pada tepung akan menyebabkan granula pati menjadi membengkak karena banyak air yang terserap dan akan menghasilkan tekstur produk yang semakin kenyal (Hanum, 2016). Konsentrasi tepung dan jenis minyak yang digunakan tidak memengaruhi *springiness* *nugget* sebab matrik gel protein yang dihasilkan sama besar oleh keberadaan terigu sebagai pengikat.

Chewiness *nugget* tahu semakin tinggi dengan semakin banyak konsentrasi tepung terigu yang ditambahkan karena kemampuan terigu mengikat air. *Chewiness* *nugget* memiliki nilai yang berbeda pada pemakaian minyak goreng berbeda. Hal ini disebabkan kandungan minyak kelapa yang didominasi oleh asam lemak jenuh, sehingga pada saat dilakukan penggorengan, minyak yang terserap membuat tekstur dari *nugget* akan lebih berminyak atau lengket sehingga juga akan memengaruhi daya kunyahnya (Karouw *et al.*, 2019).

Analisis tekstur juga dilakukan pada produk *nugget* ayam komersial dan diperoleh nilai *hardness* 617,53 g.force,

cohesiveness 0,74 kg.sec, *springiness* 0,84 mm dan *chewiness* 387,88. Bila dibandingkan dengan *nugget* tahu hasil penelitian tahap pertama, tekstur *nugget* tahu tahap kedua lebih baik nilainya. Namun tekstur *nugget* tahu tahap kedua dibandingkan dengan *nugget* ayam komersial masih belum bisa menyerupai. *Hardness* *nugget* tahu dengan terigu 25% terlalu tinggi dibandingkan *nugget* ayam, sedangkan pemakaian terigu 15 dan 20% masih di bawahnya. *Nugget* ayam komersial menggunakan bahan baku daging ayam broiler bagian dada yang cenderung memiliki tekstur berserat dan keras (Hajrawati, 2016).

Nugget tahu menggunakan terigu yang akan membuat teksturnya elastis dan kenyal karena adanya kandungan gluten (Maliluan *et al.*, 2013) sedangkan *nugget* ayam komersial umumnya juga menggunakan tepung terigu sehingga *springiness* yang diperoleh tidak berbeda jauh. Nilai *chewiness* *nugget* tahu mendekati *nugget* ayam komersial pada penggunaan tepung terigu 25% karena penggunaan jamur tiram putih yang memiliki kandungan pektin yang akan membentuk dispersi koloidal dalam air panas dan akan membentuk gel yang kenyal sedangkan terigu yang ditambahkan akan mengikat air sehingga

nugget semakin kompak dan membuat daya kunyahnya menjadi mirip dengan nugget komersial (Irawati *et al.*, 2015).

Nugget Tahu Terpilih Tahap II

Berdasarkan analisis diperoleh bahwa *nugget* tahu dengan nilai terbaik pada uji tekstur dan kadar lemak adalah pada perlakuan pemakaian terigu 20% dan minyak kelapa untuk menggoreng. Namun yang dipilih sebagai perlakuan terbaik pada tahap ini adalah konsentrasi tepung 15% dan jenis minyak kelapa untuk menggoreng *nugget*. Pemilihan ini dengan mempertimbangkan nilai kadar air yang lebih rendah yaitu 42,64% dan kadar lemak *nugget* tahu yang tidak berbeda nyata yaitu 21,47%bk. Berdasarkan perhitungan basis basah diperoleh kadar lemak *nugget* tahu sebesar 17,48%bb. Kadar air dan lemak *nugget* tahu telah memenuhi persyaratan standar *nugget* ayam (BSN, 2014). Berdasarkan analisis tekstur, perlakuan ini lebih dipilih karena hardness yang diinginkan lebih baik yang tidak terlalu keras dan dibandingkan tahap pertama sudah lebih meningkat nilainya.

Nugget dengan perlakuan terpilih dianalisis kadar proteinnya dan diperoleh hasil 16,90%. Kadar protein *nugget* tahu meningkat dibandingkan tahap pertama dan tidak berbeda jauh dengan *nugget* tahu yang

dibuat dari campuran tahu dan tempe (Rohaya *et al.*, 2013) namun lebih tinggi dari *nugget* berbahan tahu dan brokoli (Khatimah *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Tahu dan jamur tiram putih dapat menjadi bahan baku *nugget* nabati. Perlakuan terpilih untuk menghasilkan *nugget* tahu dengan karakteristik terbaik adalah penggunaan rasio bahan tahu putih:jamur tiram putih (90:10), tepung terigu 15% dan minyak kelapa untuk menggoreng. *Nugget* tahu terbaik memiliki kadar air 42,64%, lemak 21,47%bk, dan protein 16,90%. Tepung terigu yang digunakan sebagai bahan pengikat dapat meningkatkan nilai tekstur *nugget* tahu namun masih belum dapat menyerupai *nugget* ayam. Karakteristik fisik *nugget* tahu dengan penggunaan jamur tiram putih menghasilkan *nugget* berwarna coklat kekuningan pada bagian luar, teksturnya yang kompak dan kenyal serta kadar lemak yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington: Benjamin Franklin Station.
- Asrawaty. 2018. Perbandingan berbagai bahan pengikat dan jenis ikan

- terhadap mutu *Fish Nugget*. Jurnal Galung Tropika 7(1): 33-45.
- Aziza, M. U., Rahfiludin, M. Z. dan Pangestuti, D. R. 2017. Perbedaan kadar formalin pada tahu putih di tingkat produsen dan pedagang kota Semarang tahun 2016. Jurnal Kesehatan Masyarakat 5(1): 291-300.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. SNI Tahu. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2014. SNI *Nugget* Ayam. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2009. SNI Tepung Terigu sebagai Bahan Makanan. Jakarta: BSN.
- Diniyah, N., Nafi, A. dan Fachirah, Z. 2015. Karakteristik *nugget* yang dibuat dengan variasi rasio jamur merang (*Volvariella volvaceae*) dan tepung koro pedang (*Canavalia ensiformis* L.). Jurnal Agroteknologi 9(1): 1-12.
- Fitasari, E. 2009. Pengaruh tingkat penambahan tepung terigu terhadap kadar air, kadar lemak, kadar protein, mikrostruktur dan mutu organoleptik keju Gouda olahan. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak 4(2): 17-29.
- Guillaume, C., Alzaa, F. and Ravetti L. 2018. Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating. Acta Scientific Nutritional Health 2(6): 2-11.
- Hajrawati, Fadliyah, M., Wahyuni. dan Arief, I. 2016. Kualitas fisik, mikrobiologis, dan organoleptik daging ayam broiler pada pasar tradisional di Bogor. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan 4 (3): 386-389.
- Hanum, M. 2016. Penggunaan tepung ampas tahu sebagai bahan pengikat terhadap mutu *nugget* daging ayam Broiler. Jurnal Ilmiah Peternakan 4(3): 47-52.
- Hertanto, M. Y., Larasati, A. dan Issutarti. 2018. Pengaruh penambahan tepung terigu terhadap mutu bakso jamur tiram putih. Jurnal Teknologi dan Kejuruan 41(2): 164-172.
- Imanningsih, N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. Jurnal Penel Gizi Makan 35(1): 13-22.
- Irawati, A., Warnoto, dan Kususiayah. 2015. Pengaruh pemberian jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap pH, DMA, susut masak dan uji organoleptik sosis daging ayam Broiler. Jurnal Sains Peternakan Indonesia 10(2): 125-135.
- Karouw, S., Santosa, B. dan Maskmoro, I. 2019. Teknologi pengolahan minyak kelapa dan hasil ikutannya. Jurnal Litbang Pertanian 38(2): 86-95.
- Kristi, F. A. K. 2017. Kualitas chicken *nugget* jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* Jacq) dengan variasi suhu dan waktu penggorengan. Jurnal Pangan 24 (17): 1-16.
- Kim, E. H., Jakobsen, V. B., Wilson, A. J., Waters, I. R., Motoi, L., Hedderley, D. I. and Marco P. M. 2015. Oral processing of mixtures of food particles. Journal of Texture Studies 46(6): 487-498.
- Kusumaningrum, M., Kusrahayu. dan Mulyani, S. 2013. Pengaruh berbagai *filler* (bahan pengisi) terhadap kadar air, rendemen, dan sifat organoleptik

- (warna) *chicken nugget*. Jurnal Animal Agriculture 2(1): 370-376.
- Khatimah, N., Kadirman. dan Fadilah, R. 2018. Studi pembuatan *nugget* berbahan dasar tahu dengan tambahan sayuran. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian 4(1): 59-68.
- Maliluan, C., Pramono, Y. B. and Dwiloka, B. 2013. Physical and sensory characteristic of chicken *nugget* with utilization rice bran to substitute wheat flour. Journal Aplikasi Teknologi Pangan 2(2): 71-74.
- Mariana, R.R., Kirana, T.M. and Hidayati L. 2014. Analysis on the quality change of tempeh, catfish and fried chicken as the effect of the repetitive used cooking oil. Journal of Food Research 3(1) : 96-104. DOI:10.5539/jfr.v3n1p96.
- Mastuti, T.S., Fardiaz, D. dan Fardiah, D.N. 2019. Profil senyawa polar tiga jenis minyak goreng selama penggorengan tahu dan tempe. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 30(1): 1-10.
- Nugraha, B. D., Iswoyo. dan Sampurno, A. 2019. Sifat fisiokimia dan organoleptik *nugget* ayam dengan penambahan jenis tepung yang berbeda. Teknologi Hasil Pertanian, Semarang, Indonesia : Universitas Semarang. Skripsi.
- Nile, E., Wahyuni, I., Ransaleleh, T. A. and Karisoh, L. Ch. M. 2017. Sifat organoleptik *nugget* daging Broiler menggunakan tepung tempe. Jurnal Zootek 37(2): 314-320.
- Nasution, J. 2016. Kandungan karbohidrat dan protein jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) pada media tanaman serbuk kayu kemiri (*Aleurites moluccana*) dan serbuk kayu campuran. Jurnal Eksakta 1(2): 38-41.
- Nielsen, S. S. 2010. Food Analysis Laboratory Manual 2nd Edition. New York: Springer Science+Business Media LLC.
- Putra, B., Herlina. dan Witono, Y. 2015. Analisis kelayakan agroindustri *nugget* jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian 1(5): 1-6.
- Putri, V. D. dan Nita, Y. 2018. Uji kualitas kimia dan organoleptik pada *nugget* ayam hasil substitusi ampas tahu. Jurnal Katalisator 3(2): 135-144.
- Permadi, S. N., Mulyani, S., and Hintono, A. 2012. Kadar serat, sifat organoleptik, dan rendemen *nugget* ayam yang disubstitusi dengan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 1(4): 115-120.
- Pradipta, I. B. Y. V. dan Putri, W. D. R. 2015. Pengaruh proporsi tepung terigu dan tepung kacang hijau serta substitusi dengan tepung bekatul dalam biskuit. Jurnal Pangan dan Agroindustri 3(3): 793-802.
- Praseptianga, D., Avianty, T. P. dan Nur, H. R. P. 2016. Pengaruh penambahan gum arab terhadap karakteristik fisikokimia dan sensori *fruit leather* nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Jurnal Teknologi Hasil Pertanian 9(1): 71-83.
- Rahmah, A., Hamzah, F. dan Rahmayuni. 2017. Penggunaan tepung komposit dari terigu, pati sagu dan tepung jagung dalam pembuatan roti tawar. Jurnal Online Mahasiswa JOM Faperta 4(1): 1-14.

- Rohaya, S., Husna, N. E. dan Bariah, K. 2013. Penggunaan bahan pengisi terhadap mutu *nugget* vegetarian berbahan dasar tahu dan tempe. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia 5(1): 7-16.
- Saragih, R. 2015. *Nugget* jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebagai alternatif pangan sehat vegetarian. E-Journal Widya Kesehatan dan Lingkungan 1(2): 90-95.
- Sianipar, D. T. 2003. Pengaruh kombinasi bahan pengikat dan bahan pengisi terhadap sifat fisik, kimia, serta palatabilitas fish nugget dari daging merah ikan tuna (*Thunnus obesus*). Teknologi Hasil Perairan, Bogor, Indonesia : Institut Pertanian Bogor. Skripsi.
- Sutikarini, Anggrahini, S. dan Harmayani, E. 2015. Perubahan komposisi kimia dan sifat organoleptik jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) selama pengolahan. Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis 8(6): 261-271.
- Suciati, F., Suradi, K. dan Wulandari, E. 2015. Pengaruh penggunaan berbagai jenis minyak nabati sebagai media pemanas terhadap daya serap minyak, kadar air, susut masak dan akseptabilitas daging ayam goreng. Jurnal Unpad, 4(1): 1-9.
- Simbolon, M. V. T., Pato, U. dan Restuhadi, F. 2016. Kajian pembuatan *nugget* dari jantung pisang dan tepung kedelai dengan penambahan ikan gabus (*Opiocephalus striatus*). Jurnal Online Mahasiswa JOM Faperta 3(1): 1-15.
- Sujadi, Hasibuan H. A., Rahmadi, H. Y. dan Purba A. R. 2016. Komposisi asam lemak dan bilangan iod minyak dari sembilan varietas kelapa sawit DxP komersial di PPKS. Jurnal Pengolahan Kelapa Sawit 24(1): 1-12.
- Sumarna, D. 2008. Pengaruh proporsi beras pecah kulit, kacang tunggak dan jagung terhadap mutu sereal mengembang (*puffed*) yang dihasilkan. Jurnal Teknologi Pertanian 4(1): 41-47.
- Sumardjo, D. 2008. Pengantar Kimia. Jakarta: EGC.
- Tjiptaningdyah, R. 2010. Studi keamanan pangan pada tahu putih yang beredar di pasar Sidoarjo (kajian dari kandungan formalin). Jurnal Berkala Penelitian Hayati 15(1): 159-164.
- Trinh, K.S., Kim, Y., Kim Y., Kim, Y. and Tae W. M. 2012. Texture properties of rice cakes made of rice flours treated with 4- α -glucanotransferase and their relationship with structural characteristics. Journal Food Science and Biotechnology 21(6): 1707-1714.
- Wulandari, E., Suryaningsih, L., Pratama, A., Putra, D. S. dan Runtini, N. 2016. Karakteristik fisik, kimia, dan nilai kesukaan *nugget* ayam dengan penambahan pasta tomat. Jurnal Ilmu Ternak 16(2): 95-99.
- Yahya, E., Indarto, T. dan Erni, S. 2013. Pengaruh penambahan tepung menjes terhadap sifat fisik dan organoleptik *nugget* ayam. Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi 12(2): 63-68.
- Yuanita, I. dan Silitonga, L. 2014. Sifat kimia dan palatabilitas nugget ayam menggunakan jenis dan konsentrasi bahan pengisi yang berbeda. Jurnal Ilmu Hewani Tropika 3(1):1-5.

PEMBUATAN MI SINGKONG : KARAKTERISASI MI SINGKONG HASIL PENAMBAHAN JENIS PROTEIN DAN RASIO TEPUNG SINGKONG TERHADAP TAPIOKA

[THE MAKING OF SINGKONG NOODLES: CHARACTERIZATION OF SINGKONG NOODLES FROM ADDITIONAL PROTEIN TYPES AND THE RATIO OF SINGKONG FLOUR TO TAPIOCA]

Hardoko^{1,2*}, Clara Tasia², Titri S. Mastuti²

¹Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Brawijaya. Jl. Veteran No. 1 Malang

²Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan.
Jl. Thamrin Boulevard 00-00, Lippo Karawaci, Tangerang

*Korespondensi penulis : hardoko@ub.ac.id

ABSTRACT

Cassava noodles are noodles made from cassava and do not contain gluten (non-gluten). Non-gluten-based noodles are less attractive to the public because of the physical properties of the noodles. The purpose of this study was to obtain the appropriate type of protein and the ratio of cassava flour to tapioca in the manufacture of cassava noodles. The method used is an experimental method which is divided into two stages. The first stage of the research was made treatment of soy protein isolate (ISP) 5%, ISP 10%, eggs 2.5%, 5%, and 7.5%. The second stage was treated with the ratio of cassava flour - tapioca ((80:20, 70:30, 60:40, 50:50) and the best types of protein were stage one (X), X-1.5%, and X + 1.5%. that the addition of 5% eggs can reduce the value of cooking losses, stickiness level, and increase the water absorption and the elasticity of the noodles. The results of the sensory comparison test with commercial noodles show that cassava noodles are more chewy and stickier than commercial noodles but have no taste and aroma of cassava. In the comparison test between cassava noodles and commercial noodles, the value is acceptable. The results of the second stage of the study showed that the best noodles were the best cassava noodles from the treatment of the ratio of 60:40 cassava flour: tapioca and the addition of eggs of 6.5%. This treatment resulted in shrunken cassava noodles. lower cooking and stickiness, high water absorption, high elasticity, and sensory hedonic grades are somewhat preferred.

Keywords: cassava flour, cassava noodle, eggs, isolate soy protein (ISP), tapioca flour

ABSTRAK

Mie singkong merupakan mi berbahan dasar singkong dan tidak mengandung gluten (non-gluten). Mie berbahan dasar non gluten kurang diminati oleh masyarakat karena sifat fisik mie yang kurang baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan jenis protein yang sesuai dan rasio tepung singkong terhadap tapioca dalam pembuatan mi singkong. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dibagi dalam dua tahap. Penelitian tahap satu dibuat perlakuan isolate protein kedelai (ISP) 5%, ISP 10%, telur 2,5%, 5%, dan 7,5%. Tahap kedua dibuat perlakuan rasio tepung singkong – tapioca ((80:20, 70:30, 60:40, 50:50) dan jenis protein terbaik tahap satu (X), X-1.5%, dan X+1.5%. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan telur 5% dapat menurunkan nilai susut masak, tingkat kelengketan, dan meningkatkan daya serap air dan tingkat kekenyalan mi. Hasil uji sensory perbandingan dengan mi komersiil diperoleh bahwa mi singkong lebih kenyal dan lebih lengket dari mi komersiil tetapi tidak berasa dan beraroma singkong. pada uji perbandingan mie singkong dengan mie

komersil menghasilkan nilai yang dapat diterima. Hasil penelitian tahap dua diperoleh mi terbaik adalah mi singkong terbaik adalah dari perlakuan rasio tepung singkong : tapioka 60:40 dan penambahan telur 6,5%. Perlakuan tersebut menghasilkan mi singkong bersusut masak dan kelengketan lebih rendah, daya serap air cenderung tinggi, tingkat elastisitas tinggi, dan nilai sensory hedonic agak disukai.

Kata kunci : mi singkong, tepung singkong, telur, isolate soy protein (ISP), tepung tapioka

PENDAHULUAN

Pengolahan singkong menjadi produk setengah jadi dapat berupa tepung singkong atau tepung tapioka. Tepung singkong merupakan tepung yang dibuat dari umbi singkong melalui proses pengirisan atau pemarkisan, pengeringan, penepungan dan pengayakan, atau dari bahan gaplek (singkong kering), penepungan, dan pengayakan. Adapun tapioka atau pati singkong dibuat dari singkong diparut atau dihancurkan, diperas, air perasan diendapkan, endapan dikeringkan, dihancurkan, dan diayak (BSN, 1996). Pemanfaatan umbi-umbian termasuk tepung singkong belum dilakukan secara optimal dan konsumsinya terus menurun (BPS, 2013). Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi produk pangan dengan pemanfaatan tepung singkong. Salah satu diversifikasi yang dapat dilakukan adalah dengan mengolah tepung singkong menjadi mi. Pertimbangannya adalah mi merupakan produk yang digemari masyarakat.

Mi singkong terbuat dari campuran tepung singkong dan tepung tapioka yang tidak memiliki protein gluten sebagai

pembentuk struktur kenyal pada mi. Tepung singkong didominasi oleh pati amilopektin dengan kadar mencapai 87% (Akhmad *et al.*, 2013). Hal tersebut menyebabkan munculnya sifat lengket pada hasil pengolahan tepung singkong menjadi mi, sehingga perlu adanya upaya untuk perbaikan struktur dari mi berbasis singkong.

Tekstur kenyal dari mi terigu terkait dengan adanya protein gluten. Dengan pertimbangan tersebut maka barangkali mi singkong perlu adanya penambahan protein. Jenis produk berprotein tinggi adalah *Isolated soy protein* (ISP) dan telur. ISP merupakan bahan tambahan pangan berbasis protein nabati yang dapat digunakan sebagai bahan substitusi dalam pembuatan produk makanan seperti daging analog dan pasta *gluten-free*. ISP dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada pembuatan mi berbasis non-terigu (Utomo, 2016). Penambahan ISP dalam pembuatan mi dapat menghasilkan jaringan antara protein dan pati. Protein akan memerangkap pati yang telah tergelatinisasi dan menurunkan pelepasan

padatan yang terjadi selama proses pemasakan mi (Gopalakrishnan, 2011).

Telur memberikan tambahan nilai gizi dan memiliki kemampuan untuk mempertahankan struktur mi agar tidak mudah patah. Bagian putih telur dapat menghasilkan lapisan yang tipis dan kuat pada permukaan mi (Winarno, 2002). Bagian kuning telur mengandung protein lesitin yang dikenal memiliki kemampuan emulsi yang baik (Koswara, 2009). Keberadaan lesitin pada kuning telur dapat berperan sebagai agen pengemulsi pada suatu produk pangan.

Pada penelitian ini, dilakukan penambahan protein dalam pembuatan mi singkong. Penambahan protein ditujukan untuk memperbaiki karakteristik fisik dari mi singkong. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan variasi rasio tepung singkong dan tepung tapioka. Perlakuan tersebut diharapkan dapat memperbaiki sifat karakteristik fisik dari mi singkong.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah singkong putih yang diperoleh dari petani Bogor, air, tepung singkong, tepung tapioka (merk Rose Brand), *isolate soy protein* (ISP) dan telur ayam (merk Fiesta). Bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan mi adalah air, garam (*Refine Salt* 'Refina'), emulsifier komersial dari

PT. Triartha Food Mandiri (propylene glycol, sorbitol, lesitin, dan *fatty acid ester*), mi kuning komersial (merk Yi Jian), dan *kansui*. Bahan yang digunakan untuk analisis proksimat mi singkong adalah air destilasi, heksana, HCl 25%, NaOH 35%, H₂SO₄ pekat, H₃BO₃ 3%, dan HCl 1 N.

Alat yang digunakan dalam pembuatan mi singkong adalah pamarut singkong, *miller machine* (merk Fomac), ayakan 60 *mesh*, kain saring, baskom, mangkuk, pisau, sendok, spatula, gelas ukur, gelas *beaker*, panci pengukus, kompor, loyang, *pasta maker*, penggiling daging (merk Akebonno), alat pencetak mi, timbangan meja, timbangan analitik (merk OHAUS), dan oven. Alat yang digunakan untuk pengujian mi singkong adalah oven (MEMMERT UNE 200-800), desikator, *texture analyzer* (Barnstead), gelas *beaker*, spatula, gelas ukur, pipet tetes, labu takar, pipet *mohr* 10 ml, desikator, *soxhlet*, tabung destruksi, perangkat destruksi, timbangan analitik, *bulb pump*, cawan penguapan, cawan pengabuan, *rotary evaporator*, labu didih, serta peralatan untuk uji sensori seperti piring sekali pakai dan *tray*.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang dibagi dalam dua tahap percobaan. Penelitian tahap satu dimaksudkan untuk memilih jenis protein yang sesuai dalam pembuatan

mi singkong. Perlakuannya berupa penambahan ISP 5%, ISP 10%, telur 2,5%, telur 5,0%, dan telur 7,5%. Formulasi mi singkong dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Formulasi mi singkong tahap I

Bahan	Perlakuan					
	No1 prot	ISP 5%	ISP 10%	Telur 2,5%	Telur 5%	Telur 7,5%
T.singkong	90	90	90	90	90	90
T. tapioka	10	10	10	10	10	10
Air	40	40	40	30	24	20
Garam	1	1	1	1	1	1
Emulsifier	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Kansui	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Protein	0	5	10	2,5	5	7,5

Penelitian tahap II dilakukan untuk menentukan rasio tepung singkong terhadap tepung tapioca dan jumlah protein yang sesuai dalam pembuatan mi singkong. Rasio tepung singkong terhadap tapioka yang digunakan 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, sedangkan jenis dan jumlah protein yang digunakan didasarkan pada hasil terbaik tahap 1 (X), X-1,5%, dan X+1,5%.

Pembuatan Tepung Singkong

Singkong dikupas, dicuci dan diiris tipis dengan menggunakan pamarut singkong. Hasil irisan kemudian ditata diatas loyang untuk dikeringkan dalam *cabinet dryer* selama 24 jam dalam suhu 50°C. Hasil pengeringan singkong kemudian di haluskan dengan *miller* dan

diayak dengan ayakan 60 mesh (Richana *et al.*, 2012; Ardianto *et al.*, 2017).

Pembuatan Mi Singkong

Pembuatan mi singkong diawali dengan penimbangan bahan sesuai formulasi. Tepung singkong dan tepung tapioca dicampur (*drymix*) dan dibagi dua. Sebagaian *drymix* ditambah air dengan rasio 1:1 (w/w), diulenin dan dikukus selama 4 menit untuk gelatinisasi. Adonan yang telah tergelatinisasi didinginkan dan dicampur dengan sisa tepung dan bahan-bahan lain dalam penggiling dan digiling hingga kalis. Adonan kalis didiamkan selama 30 menit dan dilanjutkan untuk *dislitter* dan dicetak dengan alat pencetak mi. Hasil untaian mi kemudian dikukus selama 3 menit dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam dalam suhu 60°C (Okwundu *et al.*, 2015).

Analisis Parameter

Pada penelitian ini dilakukan analisis tekstur (kekenyalan dan kelengketan) (Putra, 2008), daya serap air (Mulyadi *et al.*, 2014), elongasi modifikasi Indrianti *et al.*, 2014), *cooking loss* (AOAC, 1995), dan uji sensori berupa uji perbandingan jamak (Setyaningsih *et al.*, 2010) dan uji hedonik (Susiwi, 2009) menggunakan panelis semi terlatih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Mi Singkong Yang Ditambah Protein

Tabel 2. Karakteristik fisik mi singkong yang ditambah ISP atau telur

Jenis mi Parameter mi	Mi Singkong ditambah					
	Tanpa protein	ISP 5,0%	ISP 10,0%	Telur 2,5%	Telur 5,0%	Telur 7,5%
Kekenyalan (mm)	0,97±0,01 ^a	0,96±0,01 ^a	0,97±0,01 ^a	0,98±0,01 ^a	0,98±0,01 ^a	0,97±0,01 ^a
Kelengketan (g.s)	-119,53±2,38 ^a	-33,72±2,20 ^c	-26,95±1,93 ^d	-53,36±1,62 ^b	-23,91±1,09 ^d	-32,03±1,17 ^c
Cooking loss (%)	27,83±0,81 ^d	14,53±0,80 ^b	17,45±1,18 ^c	14,40±1,12 ^b	10,51±0,81 ^a	15,57±0,80 ^b
Daya serap air (%)	81,62±2,36 ^a	118,74±6,79 ^{bc}	84,94±7,04 ^a	112,38±9,12 ^{bc}	121,47±2,20 ^c	109,21±7,42 ^b
Elongasi (%)	20,98±1,46 ^a	48,13±2,23 ^b	59,63±2,56 ^c	61,13±1,64 ^c	80,88±1,25 ^d	90,63±1,19 ^c

Keterangan : perbedaan notasi huruf pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 2 menunjukkan tingkat kekenyalan yang tidak berbeda nyata adalah karena bahan utama yang digunakan memiliki rasio tepung singkong: tapioka yang sama yaitu 90:10. Kekenyalan pada produk pasta berbasis non-terigu dipengaruhi oleh kandungan pati dari produk (Fitriani, 2013). Semakin besar pati, maka semakin tinggi kekenyalan produk. Penambahan telur dapat menurunkan retrogradasi fraksi amilosa dengan cara menurunkan amilosa terlarut (Biyumna *et al.*, 2017). Hal tersebut menyebabkan tekstur mi cenderung lebih lunak, lebih lembut, dan memiliki tingkat kekenyalan yang lebih tinggi.

Engelen *et al.* (2015) menyatakan, penambahan ISP sebesar 10% pada mi berbasis non-gluten menghasilkan tingkat kelengketan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa protein. Penambahan telur pada penelitian ini menghasilkan nilai kelengketan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa protein. Menurut Hager *et*

al. (2012), penggunaan emulsifier mengandung mono- dan di- glyserida dapat membentuk kompleks dengan amilosa, sehingga dapat menurunkan *cooking loss* dan kelengketan pada mi berbasis non-gluten.

Nilai *cooking loss* pada penambahan telur dan ISP menunjukkan nilai yang lebih rendah daripada perlakuan tanpa protein. Hal tersebut disebabkan karena *cross-linked* protein pada produk mi berbasis non-gluten dapat memerangkap pati sehingga pembengkakan pati terbatas dan *cooking loss* dari produk dapat dikurangi (Delcour *et al.*, 2012). Perlakuan telur sebesar 5% masuk dalam tingkat penerimaan *cooking loss* menurut Ratnawati *et al.* (2018) yaitu dibawah 12,5% dengan nilai sebesar 10,51±0,81%.

Daya serap air mi singkong dengan perlakuan penambahan ISP 5% menghasilkan daya serap air yang lebih tinggi daripada ISP 10%. Menurut Jideani (2011), karakteristik protein pada ISP mengandung polisakarida yang dapat

menyerap air. Penambahan telur pada pembuatan mi singkong menghasilkan daya serap air yang lebih besar daripada perlakuan tanpa protein. Menurut Biyumna *et al.* (2017), kuning telur pada pembuatan mi singkong mengandung lesitin yang bersifat mengikat air. Lesitin juga mempercepat hidrasi air pada pembuatan mi berbasis non-gluten.

Penambahan ISP 5% pada mi singkong menunjukkan hasil persen elongasi yang berbeda nyata dengan

penambahan ISP 10%. Menurut Detchewa (2016), penambahan ISP sebesar 5% pada mi berbasis non-gluten sudah cukup meningkatkan tekstur kokoh pada mi. Perlakuan penambahan telur dengan konsentrasi yang semakin besar meningkatkan nilai elongasi pada mi singkong. Hal tersebut disebabkan karena kemampuan hidrasi yang baik pada penambahan telur yang menurunkan jumlah amilosa terlarut (Indrianti *et al.*, 2014).

Karakteristik Sensori Mi Singkong

Tabel 3. Skoring atribut mi dengan perbandingan jamak

Jenis mi Parameter mi	Mi Singkong Ditambah					
	Tanpa protein	ISP 5,0%	ISP 10,0%	Telur 2,5%	Telur 5,0%	Telur 7,5%
Kekenyalan	5,12±1,51ab	4,76±1,28a	4,88±1,09a	5,26±1,24ab	5,74±1,14b	5,35±1,23ab
Kelengketan	2,98±1,27a	3,06±0,98a	2,64±1,12a	2,82±1,06a	2,79±1,32a	2,85±1,34a
Rasa	2,76±0,90a	3,00±0,77a	3,30±0,68a	3,00±1,03a	3,03±0,92a	3,18±1,04a
Aroma	2,44±0,84a	2,38±0,75a	2,72±0,85ab	2,69±0,82ab	2,56±0,80ab	2,97±0,93b

Keterangan: Kontrol = Mi Komersial

- Kekenyalan : Skala 1= Sangat tidak kenyal dari kontrol - 7= Sangat kenyal dari kontrol

- Kelengketan : Skala 1= Sangat lengket dari kontrol - 7= Sangat tidak lengket dari kontrol

- Rasa : Skala 1= Sangat tidak berasa singkong dari kontrol - 7= Sangat berasa singkong dari kontrol

-Aroma : Skala 1= Sangat tidak beraroma singkong dari kontrol- 7= Sangat beraroma singkong

Uji perbandingan terhadap kelengketan menghasilkan nilai lebih lengket dibandingkan dengan mi komersil dengan nilai kurang lebih 2 (agak lebih lengket dari kontrol). Hal tersebut disebabkan karena perbedaan bahan utama pada mi komersil. Kandungan gluten pada mi komersil dapat membatasi pembengkakan pati tepung terigu, sehingga mi berbasis terigu memiliki tekstur yang kokoh serta tingkat kelengketan yang rendah (Marti *et al.*, 2013). Nilai

kelengketan mi singkong baik pada perlakuan penambahan ISP dan telur memiliki nilai perbandingan kelengketan yang sedikit lebih besar daripada kelengketan mi tanpa penambahan protein. Namun, nilai tersebut tidak menunjukkan perbedaan angka yang signifikan.

Tingkat kenyal mi singkong pada setiap perlakuan diperoleh tingkat kenyal yang lebih daripada mi komersil. Tingkat kekenyalan mi singkong dengan penambahan telur memiliki nilai kenyal

yang lebih besar daripada mi singkong dengan penambahan ISP. Menurut penelitian Utomo (2016), penambahan ISP diatas 5% dapat menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi pada produk mi berbasis non-gluten.

Penambahan telur pada mi singkong menghasilkan nilai yang cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan protein dan penambahan ISP. Hal tersebut disebabkan karena penambahan telur diatas 5% dapat menurunkan amilosa terlarut, sehingga menghasilkan tekstur mi yang lebih lunak, meningkatkan kelembutan, dan memberi tekstur kenyal pada mi (Biyumna *et al.*, 2017).

Tekstur kenyal mi komersil diperankan oleh kandungan gluten pada tepung terigu, sedangkan tekstur kenyal pada mi singkong diperankan oleh kandungan amilosa dan amilopektin yang terkandung pada bahan utama mi singkong yaitu tepung singkong dan pati singkong. Kadar amilopektin dapat mempengaruhi karakteristik produk. Pati yang mengalami gelatinisasi dapat membentuk gel dan

menghasilkan daya lengket yang kuat. Selain itu, tingginya kadar amilopektin mi singkong dapat meningkatkan sifat kenyal mi berbasis non-gluten (Indrianti *et al.*, 2013).

Penentuan Penambahan Jenis dan Konsentrasi Protein Terbaik pada Mi

Mi singkong perlakuan telur 5% merupakan mi singkong dengan perlakuan kelompok jenis dan konsentrasi protein terbaik. Hal tersebut ditinjau dari sifat fisik mi terhadap tingkat kelengketan yang rendah yaitu $-23,91 \pm 1,09$ g.s dan persen daya serap yang tinggi yaitu $121,47 \pm 2,20\%$. Selain itu, penentuan penambahan protein telur 5% ditinjau dari persen *cooking loss* yang rendah yaitu $10,51 \pm 0,81\%$. Uji sensori mi singkong dengan penambahan telur 5% diperoleh hasil nilai uji perbandingan kekenyalan sebesar $5,74 \pm 1,14$; nilai kelengketan sebesar $2,90 \pm 1,32$; nilai aroma sebesar $2,56 \pm 0,80$; dan nilai rasa sebesar $3,03 \pm 0,92$. Oleh karena itu, mi singkong dengan perlakuan telur 5% merupakan mi singkong dengan karakteristik fisik terbaik

Karakteristik Mi Singkong dengan Perlakuan Telur dan Rasio Tepung

Tabel 4. Karakteristik fisik mi singkong berdasar rasio tepung singkong-tapioka dan konsentrasi telur

Singkong : Tapioka	Jumlah Telur	Kekenyalan (mm)	Kelengketan (g.s)	Cooking loss (%)	Daya serap air (%)	Elongasi (%)
8 :20	3,5%	$0,95 \pm 0,01a$	$-39,93 \pm 0,78a$	$15,28 \pm 0,68d$	$76,67 \pm 2,82a$	$21,33 \pm 1,51a$
	5,0%	$0,90 \pm 0,05a$	$-22,82 \pm 0,39c$	$11,91 \pm 0,30b$	$107,96 \pm 4,07d$	$43,15 \pm 1,84d$
	6,5%	$0,90 \pm 0,02a$	$-21,55 \pm 0,52d$	$11,25 \pm 0,34a$	$98,89 \pm 1,22b$	$51,50 \pm 1,97e$
70:30	3,5%	$0,94 \pm 0,03a$	$-26,63 \pm 0,62b$	$18,49 \pm 0,38f$	$103,91 \pm 1,64b$	$58,50 \pm 1,97f$

	5,0%	1,22±0,16b	-19,78±0,30e	20,83±0,63h	135,77±3,55fg	68,97±2,88g
	6,5%	1,52±0,16c	-17,58±0,53fg	21,83±0,59i	112,01±1,48de	58,02±3,13f
60:40	3,5%	0,98±0,01a	-27,03±0,28b	13,97±0,59c	117,10±2,48e	39,50±1,76c
	5,0%	0,98±0,02a	-17,94±0,28f	14,07±0,30c	133,73±3,36f	20,53±2,75a
	6,5%	2,84±0,21f	-14,08±0,34j	11,64±0,50ab	139,40±2,98gh	30,67±1,03b
50:50	3,5%	0,93±0,03a	-17,40±0,57g	14,06±0,59c	141,86±3,83h	20,83±1,83a
	5,0%	1,96±0,32e	-16,22±0,16h	19,45±0,32g	164,64±4,96i	29,70±1,49b
	6,5%	1,71±0,15d	-15,08±0,27i	17,07±0,58e	181,85±3,56j	59,50±1,76f

Keterangan : notasi huruf pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata $p < 0,05$

Dari Tabel 4 terlihat bahwa tingkat kekenyalan mi singkong pada perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 60:40 dengan penambahan telur 6,5% menghasilkan nilai kenyal tertinggi yaitu sebesar $2,84 \pm 0,21$ mm. Menurut penelitian Padalino *et al.* (2016), penambahan telur sebesar 6% menghasilkan tekstur yang kokoh pada mi berbasis non-gluten. Pada penelitian ini, penambahan telur sebesar 6,5% cenderung dapat membantu meningkatkan kekenyalan pada mi singkong.

Selain telur, rasio tepung yang bervariasi dapat mempengaruhi kandungan amilosa dan amilopektin dari mi singkong. Hasil kekenyalan yang rendah diperoleh rasio tepung singkong: tapioka sebesar 80:20 yang tidak berbeda nyata terhadap penambahan konsentrasi telur 3,5%, 5,0%, dan 6,5%. Hasil tersebut diikuti dengan hasil yang tidak berbeda nyata juga dengan rasio 70:30 dengan penambahan telur 3,5%, rasio 60:40 dengan penambahan telur 3,5% dan 5%, serta pada rasio 50:50 dengan penambahan telur 3,5%.

Pembentukan sifat kenyal mi singkong dipengaruhi oleh kemampuan pembentukan gel pati dalam proses gelatinisasinya, sehingga dapat meningkatkan pembentukan sifat kenyal pada mi berbasis non- gluten (Indrianti *et al.*, 2013). Menurut Brown (2015), pembentukan gel pati dipengaruhi oleh keberadaan amilosa. Hal tersebut disebabkan karena molekul amilosa akan membentuk gel, sedangkan molekul amilopektin tidak membentuk gel. Hasil analisis tepung singkong mengandung amilosa 25,93% dan amilopektin 57,48%, sedangkan tepung tapioka mengandung 15,26% amilosa dan amilopektin 70,79%.

Tingkat kekenyalan yang tinggi pada rasio 60:40 diduga disebabkan karena kandungan amilosa yang mencapai kadar optimum pada adonan mi sehingga menghasilkan mi yang lebih kenyal. Hal ini sejalan dengan penelitian Indrianti *et al.* (2015) pada mi berbasis tepung ubi kayu dengan penambahan tepung jagung dengan rasio 60:40 memiliki tingkat kekenyalan yang tinggi.

Pada penambahan telur hingga 6,5% menunjukkan tingkat kelengketan yang semakin menurun pada setiap perlakuan rasio tepung singkong: tapioka. Hal tersebut disebabkan karena kandungan albumin pada putih telur dapat meningkatkan pengikatan air dan membentuk lapisan tipis yang kuat sehingga menghasilkan tekstur mi yang baik (Muhardi *et al.* 2018).

Pada peningkatan rasio tepung singkong: tapioka menghasilkan nilai kelengketan yang semakin menurun. Tingkat kelengketan tertinggi dihasilkan oleh mi singkong dengan rasio tepung 80:20 dengan penambahan telur 3,5% yaitu sebesar $-39,93 \pm 0,78$ g.s dan tingkat kelengketan terendah yaitu pada perlakuan rasio tepung 60:40 dengan penambahan telur 6,5% yaitu sebesar $-14,08 \pm 0,34$ g.s.

Tingkat kelengketan pada mi berbasis non-gluten dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin pada bahan. Semakin tinggi nilai amilosa, maka semakin menurun tingkat kelengketan dari mi berbasis non-gluten. Kandungan amilosa pada mi dapat mempengaruhi proses gelatinisasi pati yang secara tidak langsung berkaitan dengan sifat lengket pada mi. Amilopektin cenderung menghasilkan gel bersifat lengket, sedangkan amilosa menghasilkan gel yang lebih kokoh dan memiliki sifat retrogradasi yang baik (Indrianti *et al.*, 2013). Hasil

menunjukkan bahwa peningkatan rasio tapioka menghasilkan nilai lengket yang cenderung lebih rendah. Nilai kelengketan terendah diperoleh pada perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 60:40 dengan penambahan telur 6,5% diduga terjadi karena kandungan amilosa optimum pada rasio tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Indrianti bahwa rasio 60:40 pada pembuatan mi berbasis singkong memiliki nilai amilosa yang optimum. Nilai amilosa optimum pada pembuatan mi adalah 22-24 persen (Jarnsuwan *et al.*, 2012).

Pada Tabel 4 juga diperoleh hasil *cooking loss* tertinggi pada rasio tepung singkong: tapioka 70: 30 dengan penambahan telur 6,5% dan nilai *cooking loss* terendah yaitu pada rasio tepung singkong: tapioka 80:20 penambahan telur 5% dan 6,5%, serta rasio 60:40 dengan penambahan telur 6,5%. Penambahan telur pada pembuatan mi berbasis non-gluten menghasilkan ikatan protein yang dapat menurunkan *cooking loss* dari produk mi berbasis non-gluten. Menurut Hager *et al.* (2012), mono- dan digliserida pada lesitin telur dapat membentuk kompleks dengan amilosa dan mencegah pati larut ke dalam air sehingga dapat menurunkan *cooking loss* dan tingkat kelengketan.

Pada perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 80:20 dengan ketiga perlakuan penambahan konsentrasi telur menghasilkan persen *cooking loss* yang

cenderung lebih rendah dibandingkan perlakuan lain, sedangkan rasio 70:30 dengan ketiga perlakuan penambahan konsentrasi telur memiliki *cooking loss* yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan rasio lain. Kandungan amilosa pada rasio tepung singkong: tapioka 80:20 dan 70:30 lebih tinggi daripada perlakuan rasio lainnya.

Menurut Imanningsih (2012), molekul amilosa cenderung meninggalkan granula karena memiliki struktur yang lebih pendek dan mudah larut. Sehingga, secara tidak langsung, kandungan amilosa yang tinggi pada mi singkong dapat meningkatkan *cooking loss* pada mi. Hasil *cooking loss* yang rendah pada rasio 80:20 tersebut diduga terjadi karena waktu dan suhu gelatinisasi yang berbeda dengan perlakuan rasio lainnya. Kandungan amilosa dan amilopektin dalam pembuatan mi singkong dapat berkontribusi pada hasil *cooking loss* mi singkong. Penurunan *cooking loss* dapat terjadi karena matriks pati yang tergelatinisasi telah optimum bertindak sebagai matriks pengikat, sehingga membentuk tekstur mi yang kokoh dan menurunkan *cooking loss* dari mi (Indrianti *et al.*, 2013).

Penambahan konsentrasi protein pada masing-masing perlakuan rasio tepung singkong: tapioka menghasilkan nilai daya serap air yang meningkat. Menurut Biyumna *et al.* (2017), lesitin pada kuning

telur yang semakin meningkat dapat meningkatkan hidrasi air ke dalam produk. Hasil peningkatan rasio tepung singkong: tapioka hingga 50:50 cenderung meningkatkan tingkat daya serap air. Menurut Oktavia *et al.* (2013), amilopektin memiliki daya ikat yang baik. Pati yang mengandung amilopektin yang lebih tinggi dapat membengkak lebih cepat dibandingkan pati lain. Kandungan amilopektin pada rasio tepung singkong: tapioka 50:50 dengan penambahan telur 6,5% menghasilkan nilai daya serap yang paling tinggi yaitu $181,85 \pm 3,56\%$.

Daya serap air berkaitan dengan *cooking loss* mi singkong. Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin besar daya serap mi singkong, maka semakin kecil nilai *cooking loss*. Daya serap air yang tinggi dapat mempertahankan konstituen pada mi singkong (Indrianti *et al.*, 2013).

Hasil persen elongasi yang semakin tinggi menunjukkan bahwa mi memiliki tekstur yang lebih kenyal dan tidak mudah putus (Rosmeri dan Monica, 2013). Persen elongasi tertinggi diperoleh pada perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 70:30 dengan penambahan konsentrasi telur 5% yaitu sebesar $68,97 \pm 2,88\%$. Hal ini sejalan dengan hasil tingkat kekenyalan pada Tabel 4 dimana tingkat kekenyalan mi 70:30 memiliki nilai yang cenderung kenyal. Pada perlakuan rasio 60:40 dan 50:50 diperoleh hasil nilai elongasi yang

cenderung lebih rendah daripada perlakuan 80:20 dan 70:30. Menurut Mojiono *et al.* (2016), nilai elongasi juga ditentukan dari kekuatan ikatan pati yang disebabkan oleh jumlah pati yang tergelatinisasi. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat

proses pembuatan mi singkong, pati belum tergelatinisasi sempurna, sehingga pada praktisnya diperoleh hasil mi yang cenderung mudah patah dan tidak memberikan struktur elastis mi.

Karakteristik Sensory Hedonik Mi Singkong dari Tepung Singkong - Tapioka dan Telur

Tabel 5. Karakteristik sensory hedonik mi singkong berdasar rasio tepung singkong-tapioka dan telur

Singkong : Tapioka	Jumlah Telur	Kekenyalan	Kelengketan	Rasa	Aroma
8 :20	3,5%	4,28±0,76a	2,88±0,73abcd	4,23±0,97a	4,58±0,34a
	5,0%	4,35±1,31a	2,76±0,86abc	4,37±1,03ab	4,61±1,03a
	6,5%	4,39±0,88ab	3,26±0,62de	4,38±0,88ab	4,62±0,68a
70:30	3,5%	4,56±1,01b	2,68±0,73ab	4,12±0,98a	4,52±0,72a
	5,0%	4,77±1,33b	2,74±0,67abc	4,17±0,93a	4,54±0,95a
	6,5%	4,86±0,92bc	2,56±0,71a	4,35±0,98ab	4,77±0,68a
60:40	3,5%	4,92±0,87bc	3,12±0,98cde	4,79±0,87b	4,89±0,54b
	5,0%	5,55±0,77c	2,65±0,60ab	4,86±0,79bc	5,11±0,79b
	6,5%	5,60±0,98c	3,03±0,67bcde	4,91±0,48bc	5,09±0,82b
50:50	3,5%	5,44±0,98c	3,03±0,72bcde	5,21±1,01c	5,02±0,24b
	5,0%	5,62±1,06c	3,32±1,07e	5,25±1,06c	5,20±0,77b
	6,5%	5,78±0,74c	344±1.10e	5,32±0,96c	5,24±0,56b

Keterangan : - notasi huruf pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada $p < 0.05$

- Skala 1= Sangat tidak suka - 7= Sangat suka.

Tabel 5 terlihat bahwa rasio tepung singkong: tapioka berpengaruh nyata pada tingkat kesukaan terhadap kekenyalan mi singkong ($p < 0,05$). Panelis cenderung menyukai mi yang memiliki tekstur yang kenyal. Hal ini dapat dilihat pada hasil uji kekenyalan secara fisik pada Tabel 4, dimana tingkat kekenyalan mi pada rasio 60:40 dan 50:50 cenderung memiliki tingkat kekenyalan yang tinggi. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Mulyadi *et al.* (2014) yang menyatakan panelis cenderung

menyukai mi berbasis non-gluten yang kenyal dan tidak mudah putus.

Peningkatan rasio hingga 50:50 menghasilkan nilai sekitar 3 yaitu agak tidak suka terhadap kelengketan mi singkong. Hal tersebut berarti bahwa panelis masih kurang menyukai tingkat kelengketan mi singkong pada setiap perlakuan mi. Nilai kesukaan terhadap kelengketan yang berbeda nyata pada perlakuan rasio tepung singkong: tapioka dapat disebabkan karena kandungan amilosa pada mi berbasis non-gluten.

Amilosa pada mi dapat mempengaruhi proses gelatinisasi pati yang secara tidak langsung berkaitan dengan sifat lengket pada mi. Semakin tinggi nilai amilosa, maka semakin menurun tingkat kelengketan dari mi berbasis non-gluten (Indrianti *et al.*, 2013). Hal tersebut berbeda dengan Tabel 4, dimana semakin tinggi rasio tapioka, nilai kesukaan kelengketan mi singkong semakin meningkat, meski masih sampai pada tingkat agak tidak suka. Hal ini terkait dengan adanya interaksi rasio tepung dan penambahan konsentrasi telur. Senada dengan Murdiati *et al.* (2015) bahwa kelengketan mi berbasis non-gluten menghasilkan nilai kelengketan yang lebih disukai pada mi yang mengandung tapioka yang lebih besar.

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa rasio tepung singkong: tapioka dan penambahan konsentrasi telur berpengaruh nyata terhadap rasa mi singkong ($p < 0,05$). Peningkatan kadar tapioka dan telur cenderung meningkatkan kesukaan terhadap rasa mi singkong. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan telur dan tapioka dapat menutupi rasa singkong sehingga tingkat kesukaannya meningkat. Menurut BSN (1996) mengenai tepung singkong dan BSN (2011) mengenai tapioka menunjukkan bahwa rasa kedua tepung tersebut menghasilkan rasa khas singkong. Semakin meningkat nilai rasio tepung singkong : tapioka hingga 50:50,

maka semakin meningkat pula tingkat kesukaan panelis terhadap rasa mi singkong.

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa rasio tepung singkong: tapioka berpengaruh nyata pada tingkat kesukaan aroma mi ($p \leq 0,05$). Hal ini sejalan dengan penelitian Murdiati *et al.* (2015), dimana semakin besar nilai tapioka pada pembuatan mi berbasis tapioka, maka semakin tinggi tingkat kesukaan aroma pada mi berbasis non-gluten. Perlakuan rasio tepung singkong : tapioka 50:50 memiliki nilai kesukaan aroma tertinggi yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 60:40.

Penentuan Rasio Tepung Singkong : Tapioka dan Konsentrasi Telur Terbaik pada Mi Singkong

Mi singkong dengan perlakuan rasio tepung singkong: tapioka 60:40 dengan penambahan telur sebesar 6,5% menghasilkan mi dengan kualitas terbaik. Mi singkong dengan perlakuan tersebut memiliki *cooking loss* yang rendah yaitu sebesar $11,64 \pm 0,50\%$, tekstur kekenyalan $2,84 \pm 0,21\text{mm}$, tekstur lengket yang rendah yaitu $-14,08 \pm 0,34$ g.s, dan daya serap sebesar $139,40 \pm 2,98\%$. Rasio tepung singkong : tapioka 60:40 dengan penambahan telur 6,5% diperoleh nilai uji hedonik kelengketan sebesar $3,03 \pm 0,67$ (agak tidak suka), hedonic kekenyalan $5,55 \pm 0,77$ (suka), hedonic rasa $4,86 \pm 0,79$

(agak suka), dan hedonic aroma $5,11 \pm 0,79$ (suka). Komposisi gizi berdasarkan nilai proksimat mi terpilih seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi gizi proksimat mi singkong rasio 60:40 dan telur 6,5%

Analisa	Hasil (%)
Kadar air	$8,04 \pm 0,32$
Kadar protein	$1,31 \pm 0,04$
Kadar lemak	$1,06 \pm 0,02$
Kadar abu	$1,96 \pm 0,05$
Karbohidrat (<i>by difference</i>)	$87,81 \pm 0,73$

KESIMPULAN

Kelompok jenis dan konsentrasi protein terbaik diperoleh pada perlakuan telur 5% dengan tingkat kelengketan sebesar $-23,91 \pm 1,09$ g.s dan *cooking loss* sebesar $10,51 \pm 0,81\%$. Hasil sensori mi singkong agak lebih kenyal dan lebih lengket dibanding dengan mi komersil dan nilai hedonik agak suka.

Rasio tepung singkong: tapioka dan konsentrasi telur terbaik diperoleh pada perlakuan rasio 60:40 dan telur 6,5% dengan tingkat kelengketan sebesar $-14,08 \pm 0,34$ g.s (lebih lengket) dan *cooking loss* sebesar $11,64 \pm 0,50\%$ (lebih rendah) dari mi kontrol. Hasil sensori hedonic mi singkong menghasilkan nilai agak suka.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmad, A.Z., Cinantya, D. and Adeline. 2013. Development of wet noodles based on cassava flour. *Journal of Engineering Technology and Science* 45(1): 97-111.

AOAC. 1995. Official methods of analysis (16th ed.). Washington, DC: AOAC International.

Ardianto, A., Jamaluddin, P. dan Mohammad, W. 2017. Perubahan kadar air ubi kayu selama pengeringan menggunakan pengering kabinet. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 3(1): 112-116.

Brown, A. 2015. *Understanding Food: Principles and Preparation* 5th ed. USA: Cengage Learning.

Badan Pusat Statistik. 2013. Data Tanaman Pangan Ubi Kayu. Tersedia pada <https://data.go.id/dataset/tanaman-ubi-kayu-per-provinsi>. Diakses pada 13 Juli 2019.

Badan Standar Nasional. 1996. Mi Kering. SNI 01-2974-1996. Jakarta: Indonesia.

Badan Standar Nasional. 1996. Tepung Singkong. SNI 01-2997-1996. Jakarta: Indonesia.

Badan Standar Nasional. 2011. Tapioka. SNI 3451:2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Biyumna, U.L., Windrati W.S. dan Diniyah N. 2017. Karakteristik mie kering terbuat dari tepung Sukun (*Artocarpusa altilis*) dan penambahan Telur. *Jurnal Agroteknologi* 11(1):23-34.

Detchewa, P., Thongngam, M., Jane J.L. and Naivikul, O. 2016. Preparation of gluten-free rice spaghetti with soy protein isolate using Twin-Screw extrusion. *Journal of Food Science and Technology* 53(9):3485-3494.

Engelen, A., Sugiyono, dan Budjianto, S. 2015. Optimasi proses dan formula pada pengolahan mi sagu kering (*Metroxylon Sagu*). *Agitech* 35(4): 359-367.

Fitriani. 2013. Pengembangan produk makaroni dari campuran jewawut (*Setaria italica* L.) ubi jalar ungu

- (*Ipomoea batatas* varietas Ayanuraski) dan terigu. Sekolah Pasca Sarjana, Bogor: Institut Pertanian Bogor, Tesis.
- Gopalakrishnan, J., Menon, R., Padmaja, G., Sajeev, M.S. and Moorthy, S.N. 2011. Nutritional and functional characteristic of protein-fortified pasta from sweet potato. *Food and Nutrition Sciences* 2(1): 944-955.
- Hager, A. S., Lauck, F., Zannini, E. and Arendt, E. K. 2012. Development of gluten-free fresh egg pasta based on oat and teff flour. *European Food Research and Technology*. 235(5): 861-871.
- Imanningsih, N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. *Penelitian Gizi Makan* 35(1): 13-22.
- Indrianti, N., Kumalasari, R., Ekafitri, R. dan Darmajana, D. A. 2013. Pengaruh penggunaan pati ganyong, tapioka, dan mocaf sebagai bahan substitusi terhadap sifat fisik mie jagung instan. *Agritech* 33(4): 391-398.
- Indrianti, N. 2015. Perbandingan penggunaan tepung ubi kayu dari umur panen yang berbeda dan penambahan tepung jagung dalam pembuatan mi kering. *Jurnal Pangan* 24(1): 97-111.
- Indrianti, N., Sholichah, E. dan Darmajana, D.A. 2014. Proses Pembuatan mi jagung dengan bahan baku tepung jagung 60 Mesh dan teknik sheeting-slitting. *Jurnal Pangan* 2(3): 256-266.
- Jarnsuwan, S. and Masubon, T. 2012. Effects of hydrocolloids on microstructure and textural characteristics of instant noodles. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5(06): 485-492.
- Jideani, V.A. 2011. Functional properties of soybean food ingredients in food systems. *Soybean-Biochemistry, Chemistry and Physiology*. Prof. Tzi-Bun Ng (Ed). *InTech*. 1(3): 343-366.
- Koswara, S. 2009. Teknologi pengolahan singkong (teori dan praktek). Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan.
- Marti, A., and Pagani, M.A. 2013. What can play the role of gluten in gluten free pasta? *Trends Food Science and Technology* 31(1): 63-71.
- Marti, A., Barbiroli, A., Marengo, M., Fongaro, L., Iametti, S. and Pagani M.A. 2013. Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins? *European Food Research Technology* 238(1): 217-224.
- Mojiono, Nurtama, B. dan Budjianto, S. 2016. Pengembangan mi bebas gluten dengan teknologi ekstrusi. *Jurnal Teknologi & Industri Pangan* (2): 125-136.
- Murdiati, A., Anggrahini, S., Supriyanto, dan Alim, A. 2015. Peningkatan kandungan protein mi basah dan tapioka dengan substitusi tepung Singkong. *Agritech* 35(3): 251-260.
- Muhardi, T., Subarna, Taqi, F.M., Nurtama, B., dan Jayadi, M.A.R. 2018. Karakteristik mutu mi jagung dengan penambahan telur dan emulsifier. *Seminar Nasional Universitas Pasir Pengaraian* 1(1): 427-437.
- Mulyadi, A.F., Wijana, S., Dewi, I.A. dan Putri, W.I. 2014. Karakteristik organoleptik produk mie kering ubi jalar kuning (*Ipomea batatas*) (kajian penambahan telur dan CMC). *Jurnal Teknologi Pertanian* 15(1):25-26.
- Okwundu, O.S. and Aluyor, E.O. 2015. Development of whole cassava based instant noodles. *International Journal of Agriculture and Earth Science* 1(8): 34-47.

- Oktavia A.D, Idiawati N. dan Destiarti L. 2013. Studi awal pemisahan amilosa dan amilopektin pati ubi jalan (*Ipomoea batatas* Lam) dengan variasi konsentrasi n-butanol. Jurnal Kimia Khatulistiwa 2(1):153-156
- Padalino, L., Conte, A. dan Nobile, M.A.D. 2016. Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. Foods 5 (87):1-18.
- Putra dan Nurdyanssyah, S. 2008. Optimalisasi formula dan proses pembuatan mi jagung dengan metode kalendering. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Disertasi.
- Ratnawati, L. dan Afifah, N. 2018. Pengaruh penggunaan guar gum, carboxymethylcellulose (CMC) dan karagenan terhadap kualitas mi yang terbuat dari campuran mocaf, tepung beras dan tepung jagung. Jurnal Teknologi & Industri Pangan 27(1): 43-54.
- Richana, N. 2012. Ubi Kayu dan Ubi Jalar. Bandung: Nuansa Cendikia.
- Rosmeri, V. I. dan Monica, B. N. 2013. Pemanfaatan tepung ubi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennsi) dan tepung MOCAF (*Modified Cassava Flour*) sebagai bahan substitusi dalam pembuatan mie basah, mie kering, dan mie instan. Jurnal Teknologi Kimia dan Industry (2)1: 246-156.
- Setyaningsih, D., Apriyantono A. dan Sari, M.P. 2010. Analisis sensori untuk industri pangan dan agro. Bogor: IPB Press.
- Susiwi, 2009. Penilaian Organoleptik. Jakarta: FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Utomo, R.C. 2016. Evaluasi penambahan propilen glikol alginat (PGA) dan isolated soy protein (ISP) sebagai rheological modifier terhadap parameter fisik mi jagung. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Disertasi.
- Winarno, F.G. 2002. Kimia Pangan. Jakarta: PT. Gramedia.

**PENGARUH JENIS DAUN DAN KONSENTRASI ETANOL TERHADAP AKTIVITAS
INHIBISI α -GLUKOSIDASE DAN ANTIOKSIDAN
EKSTRAK DAUN BELIMBING**

**[EFFECT OF LEAVES TYPES AND ETHANOL CONCENTRATION ON
 α -GLUCOSIDASE INHIBITORY AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES
OF STAR FRUIT LEAVES EXTRACT]**

Tagor Marsillam Siregar* dan Gracia Amadea

Laboratorium Kimia, Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan
Jl. M.H. Thamrin Boulevard Raya 1100, Lippo Karawaci, Tangerang, Banten 15811

*Korespondensi penulis : tagor.siregar@uph.edu

ABSTRACT

*Star fruit leaves contain bioactive compounds such as alkaloid, phenolic, and flavonoid which can act as antioxidant and α -glucosidase inhibitor. The aim of this study was to investigate the effect of leaves type and ethanol concentration towards α -glucosidase inhibitory and antioxidant activities of star fruit leaves extract. The preliminary stage was done to characterize the star fruit leaves through moisture content analysis. The main research was done by extraction using maceration method on 2 species of star fruit leaves (*Averrhoa carambola* L. and *Averrhoa bilimbi* L.) with different concentrations of ethanol solvent (50%, 70%, 96%). All extracts obtained were analyzed for the yield, total phenolic, total flavonoid, antioxidant activity, and α -glucosidase inhibitory activity properties. Sweet star fruit leaves (*Averrhoa carambola* L.) extracted using 96% ethanol resulted the highest yield at $11.38 \pm 0.90\%$. Sweet star fruit leaves and wuluh star fruit leaves (*A. bilimbi* L.) extracted using 96% ethanol, also sweet star fruit leaves extracted using 70% ethanol resulted in the highest total phenolic content at 142.07 ± 4.50 mg GAE/g extract, 134.81 ± 4.08 mg GAE/g extract, and 139.52 ± 6.38 mg GAE/g extract respectively. Wuluh star fruit leaves extracted using 96% ethanol resulted the highest total flavonoid at 48.22 ± 0.95 mg QE/g extract. Sweet star fruit leaves and wuluh star fruit leaves extracted using 96% ethanol resulted in the highest antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities. Sweet star fruit leaves and wuluh star fruit leaves 96% ethanol extracts have antioxidant activities with IC_{50} values of 111.07 ± 5.98 ppm and 123.49 ± 4.52 ppm respectively, and α -glucosidase inhibitory activities with IC_{50} values of 180.72 ± 8.43 ppm and 205.45 ± 10.42 ppm respectively.*

Keywords: *α -glucosidase inhibitor, antioxidant, ethanol concentration, star fruit leaves extract*

ABSTRAK

Daun belimbing memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti alkaloid, fenolik, dan flavonoid yang memiliki fungsi sebagai antioksidan dan inhibitor α -glukosidase. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis daun belimbing dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase dan antioksidan. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik daun belimbing dengan uji kadar air. Pada penelitian utama dilakukan ekstraksi dengan metode maserasi terhadap dua jenis daun belimbing (*Averrhoa carambola* L. dan *Averrhoa bilimbi* L.) menggunakan pelarut etanol dengan konsentrasi berbeda

(50%, 70%, 96%). Pada seluruh ekstrak yang dihasilkan dilakukan analisis rendemen, total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan, dan aktivitas inhibisi α -glukosidase. Ekstrak daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dengan pelarut etanol 96% memiliki nilai rendemen tertinggi, yaitu sebesar $11,38 \pm 0,90\%$. Ekstrak etanol 96% daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dan daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.), serta ekstrak etanol 70% daun belimbing manis memiliki nilai total fenolik tertinggi, yaitu sebesar $142,07 \pm 4,50$ mg GAE/g, $134,81 \pm 4,08$ mg GAE/g ekstrak, dan $139,52 \pm 6,38$ mg GAE/g ekstrak secara berurutan. Ekstrak daun belimbing wuluh dengan pelarut etanol 96% memiliki nilai total flavonoid tertinggi sebesar $48,22 \pm 0,95$ mg QE/g ekstrak. Daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh yang diekstraksi dengan etanol 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan aktivitas antioksidan dan inhibisi α -glukosidase terbaik. Ekstrak etanol 96% daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} sebesar $111,07 \pm 5,98$ ppm dan $123,49 \pm 4,52$ ppm secara berurutan, serta memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase dengan nilai IC_{50} secara berurutan sebesar $180,72 \pm 8,43$ ppm dan $20,45 \pm 10,42$ ppm.

Kata kunci : antioksidan, ekstrak daun belimbing, inhibisi α -glukosidase, konsentrasi etanol

PENDAHULUAN

Belimbing adalah jenis tanaman yang tersebar di seluruh dunia, terutama di daerah tropis seperti India, Malaysia, Indonesia, dan Filipina. Belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) adalah spesies tanaman belimbing yang umum dikonsumsi bagian buahnya. Bagian daun, buah, dan akar belimbing manis mengandung saponin, flavonoid, alkaloid, dan tanin (Muthu *et al.*, 2016). Belimbing wuluh (termasuk tanaman yang memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenol, alkaloid, saponin, dan triterpenoid (Insan *et al.*, 2019). Senyawa alkaloid, fenolik, flavonoid, dan terpenoid merupakan senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan dan inhibisi α -glukosidase (Chandra dan Arora, 2017; Yin *et al.*, 2014).

Berdasarkan penelitian Dhanira *et al.* (2019), ekstrak etil asetat daun belimbing manis asal Subang menunjukkan aktivitas antioksidan yang tergolong tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $96 \mu\text{g/mL}$, sedangkan ekstrak etanol daun belimbing wuluh menunjukkan aktivitas antioksidan yang tergolong sangat tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $16,99 \pm 0,12 \mu\text{g/mL}$ (Hasim *et al.*, 2019). Menurut Alhassan dan Ahmed (2016), ekstrak etanol daun belimbing wuluh menunjukkan aktivitas antidiabetes dengan kemampuan menurunkan kadar gula dalam darah pada pengujian secara *in-vivo*. Daun belimbing manis mengandung senyawa *apigenin--6-C- β -fucopyranoside* yang menunjukkan aktivitas antihiperlikemik pada pengujian secara *in-vivo* (Cazarolli *et al.*, 2012). Aktivitas anti hiperlikemik yang

dimiliki daun belimbing menunjukkan potensinya sebagai inhibitor α -glukosidase.

Menurut International Diabetes Federation (IDF), pada tahun 2019 terdapat 463 juta orang pada usia 20-79 tahun di dunia yang menderita diabetes (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Diabetes melitus (DM) adalah gangguan metabolik yang terjadi akibat pankreas tidak menghasilkan hormon insulin dalam jumlah yang cukup atau ketika tubuh tidak dapat menggunakan hormon insulin dengan efektif. Hormon insulin adalah hormon yang mengatur keseimbangan kadar gula dalam darah, sehingga dengan produksi atau fungsi hormon insulin yang terganggu menyebabkan kadar gula dalam darah meningkat atau disebut sebagai hiperglikemia (Kementerian Kesehatan RI, 2019).

α -glukosidase adalah enzim dalam sistem metabolisme tubuh manusia yang melakukan hidrolisis karbohidrat dan menghasilkan glukosa yang dapat diserap oleh tubuh, sehingga meningkatkan kadar gula dalam darah (Wang dan Zhao, 2019). Inhibisi α -glukosidase adalah salah satu mekanisme pengobatan diabetes mellitus tipe 2 yang dapat menghambat penyerapan glukosa sehingga dapat mencegah hiperglikemia.

Tanaman banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional karena memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, fenol, flavonoid, saponin, dan tanin yang memiliki fungsi yang baik bagi kesehatan. Flavonoid merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan dan memiliki efek antidiabetik (Chelladurai dan Chinnachanny, 2018).

Pada penelitian ini, ekstraksi dua jenis daun belimbing, yaitu daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh dilakukan menggunakan pelarut etanol dengan konsentrasi yang berbeda-beda yaitu 50%, 70%, dan 96%. Ekstrak daun belimbing yang diperoleh dianalisis secara kimia dan fisik meliputi rendemen, total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan, dan aktivitas inhibisi α -glukosidase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis daun belimbing dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase dan antioksidan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dan daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) yang didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman

Rempah dan Obat (Balittro), etanol Food Grade, etanol Pro Analysis, larutan DPPH (Merck), α -glukosidase (Megazyme), larutan AlCl_3 2%, reagen Folin Ciocalteu 10% (Merck), akarbosa (generik), asam galat (Merck), kuersetin, larutan Na_2CO_3 7,5%, larutan *p*-nitrophenyl- α -D-glucopyranosyde (Megazyme), larutan buffer fosfat (pH 6,8), *Bovine Serum Albumin*, larutan Na_2CO_3 0,1 M dan air (Amidis).

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *cabinet dryer* (Wangdi W), *herb grinder* (Maksindo), ayakan Tyler 35 mesh, corong *Buchner*, kertas saring Whatmann no.1, *rotary evaporator* (Buchi R-210/R-215), oven (Memmert), desikator (Duran), *refrigerator* (Sharp), pH meter (Ohaus), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Scientific Genesys 10S), timbangan meja (Ohaus), timbangan analitik (Mettler Toledo), kuvet, mikropipet (Finnpipette), vortex (DLab), dan labu takar (Iwaki).

Metode Penelitian

Pada penelitian pendahuluan dilakukan proses pembuatan serbuk daun belimbing mengacu pada metode Hasim *et al.* (2019) dengan modifikasi. Pada tahap penelitian utama dilakukan proses ekstraksi daun belimbing dengan metode maserasi berdasarkan metode Pendit *et al.* (2016) dengan modifikasi.

Penelitian utama menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor dengan 2 kali pengulangan. Faktor pada penelitian utama adalah jenis daun (daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dan daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dan konsentrasi etanol (50%, 70%, dan 96%). Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan aplikasi IBM *Statistic SPSS* (*Statistical Package for the Social Sciences*) 25.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kadar air (AOAC, 2005), rendemen (Pendit *et al.*, 2019), total fenolik (Hasim *et al.*, 2019; Pendit *et al.*, 2019), total flavonoid (Hasim *et al.*, 2019 dengan modifikasi), aktivitas antioksidan (Astuti *et al.*, 2018; Gangga *et al.*, 2017; Hasim *et al.*, 2019 dengan modifikasi), dan aktivitas inhibisi α -glukosidase (Telagari dan Hullati, 2015; Yuniarto dan Selifiana, 2018 dengan modifikasi).

Pembuatan Serbuk Daun Belimbing

Pembuatan serbuk daun belimbing mengacu pada metode Hasim *et al.* (2019) dengan modifikasi. Daun belimbing yang diperoleh disortasi terlebih dahulu, untuk memisahkan daun yang telah rusak, kemudian dikeringkan dengan *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama 6 jam. Daun belimbing yang telah kering kemudian

diperkecil ukurannya dengan *herb grinder* dan diayak dengan ayakan 35 *mesh* hingga diperoleh serbuk daun.

Ekstraksi Daun Belimbing

Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi berdasarkan metode Pendit *et al.* (2016) dengan modifikasi. Serbuk daun belimbing dicampur dengan pelarut etanol dengan rasio bahan: pelarut sebesar 1:5 (b/v). Maserasi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang dengan menggunakan *shaker*. Setelah 24 jam, filtrat dipisahkan dari endapan menggunakan corong Buchner yang dilapisi kertas saring Whatman[®] no.1, dan filtrat yang didapatkan kemudian dievaporasi dengan *rotary evaporator* pada suhu 50°C dan tekanan 175 mbar hingga diperoleh ekstrak kasar daun belimbing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Serbuk Daun Belimbing dan Daun Belimbing

Hasil kadar air serbuk daun belimbing dan serbuk daun belimbing dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air daun dan serbuk daun belimbing

Jenis daun belimbing	Kadar air daun segar (% BB)	Kadar air serbuk (% BB)
Belimbing manis (<i>Averrhoa carambola</i> L.)	59,46±1,74	7,10±0,54
Belimbing wuluh (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.)	57,01±0,99	9,18±0,00

Berdasarkan Tabel 1. kadar air daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh berada pada kisaran 57-59%. Hasil ini mendekati kadar air daun belimbing wuluh segar pada penelitian Sarifudin *et al.* (2015), yaitu sebesar 60,18%.

Kadar air serbuk daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh berada di bawah kisaran 10%, sehingga memenuhi syarat kadar air simplisia, yaitu $\leq 10\%$ (Utami *et al.*, 2017). Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam bahan sehingga memperpanjang umur simpan dan pengecilan ukuran dilakukan untuk meningkatkan efektivitas ekstraksi dengan mempermudah difusi pelarut pada bahan selama proses ekstraksi berlangsung (Mulyati *et al.*, 2020).

Pengaruh Jenis Daun dan Konsentrasi Etanol Terhadap Rendemen dan Bioaktivitas Ekstrak Daun Belimbing

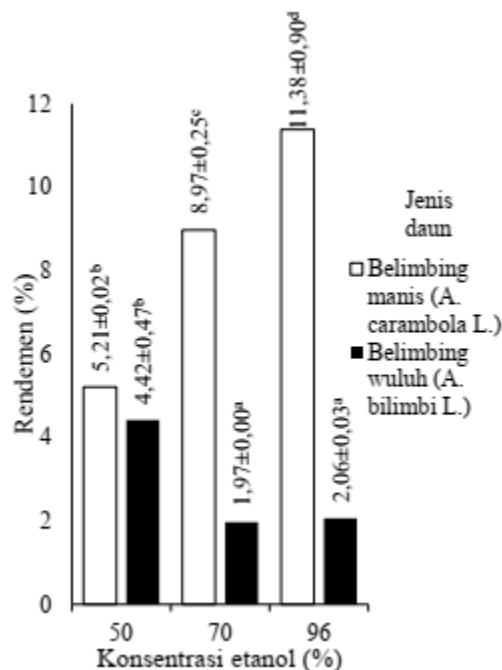
Rendemen Ekstrak

Berdasarkan hasil uji statistik *univariate*, jenis daun, konsentrasi etanol, dan interaksi antara jenis daun dan konsentrasi etanol berpengaruh signifikan terhadap rendemen ekstrak ($p < 0,05$). Daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibanding daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). Beberapa faktor yang dapat memengaruhi rendemen ekstrak antara lain,

perlakuan sebelum ekstraksi, ukuran partikel bahan, metode ekstraksi, dan jenis pelarut yang digunakan (Azwanida, 2015). Menurut Dewatisari *et al.* (2017), rendemen yang semakin tinggi menunjukkan bahwa proses ekstraksi lebih efisien, sehingga daun belimbing manis lebih efektif digunakan dalam proses ekstraksi dibanding daun belimbing wuluh.

Hasil uji lanjut Duncan pengaruh konsentrasi etanol terhadap rendemen ekstrak daun belimbing menunjukkan bahwa konsentrasi etanol 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan rendemen tertinggi. Menurut Permatasari *et al.* (2020), konsentrasi etanol yang lebih tinggi akan menurunkan polaritas pelarut, dan pelarut dengan polaritas yang lebih rendah mampu mendegradasi dinding sel yang memiliki polaritas rendah, sehingga mempermudah ekstraksi senyawa aktif dari bahan. Gambar 1 menunjukkan pengaruh interaksi jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap rendemen ekstrak daun belimbing.

Berdasarkan Gambar 1, rendemen ekstrak tertinggi diperoleh dari ekstrak daun belimbing manis yang diekstraksi dengan etanol 96%, yaitu sebesar $11,38 \pm 0,90\%$. Daun belimbing wuluh menghasilkan rendemen ekstrak yang cenderung lebih rendah dibanding daun belimbing manis.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

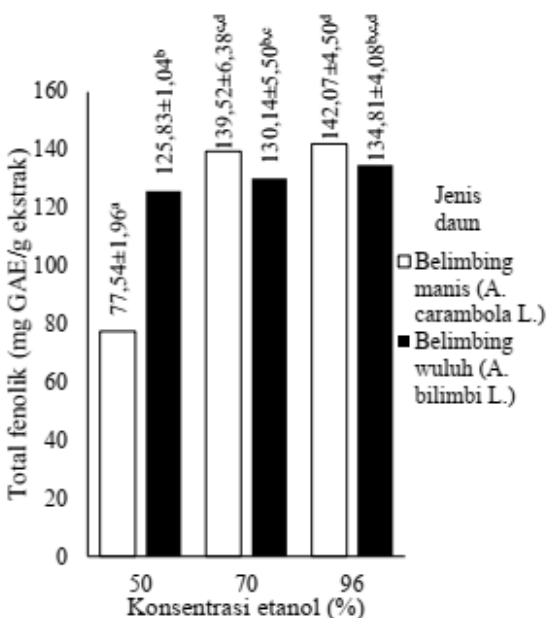
Gambar 1. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap rendemen ekstrak daun belimbing

Hal ini dapat dipengaruhi oleh kadar air serbuk daun belimbing. Menurut Azwanida (2015), pengeringan bahan sebelum ekstraksi baik dilakukan sebelum proses ekstraksi karena dapat mempertahankan senyawa yang terkandung dalam bahan. Kadar air serbuk daun belimbing wuluh lebih tinggi ($9,18 \pm 0,00\%$) dibanding serbuk daun belimbing manis ($7,10 \pm 0,54\%$), sehingga mungkin menyebabkan rendemen yang dihasilkan lebih rendah.

Total Fenolik

Berdasarkan hasil analisis statistik *univariate*, jenis daun, konsentrasi etanol, dan interaksi antara jenis daun dan

konsentrasi pelarut berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total fenolik ekstrak daun belimbing. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh konsentrasi etanol terhadap total fenolik ekstrak daun belimbing menunjukkan bahwa konsentrasi etanol 70% dan 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan total fenolik tertinggi. Konsentrasi etanol 70% dan 96% memiliki polaritas yang lebih rendah dibanding etanol 50% karena etanol 50% memiliki kandungan air yang lebih tinggi, sehingga lebih polar.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 2. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap total fenolik ekstrak daun belimbing

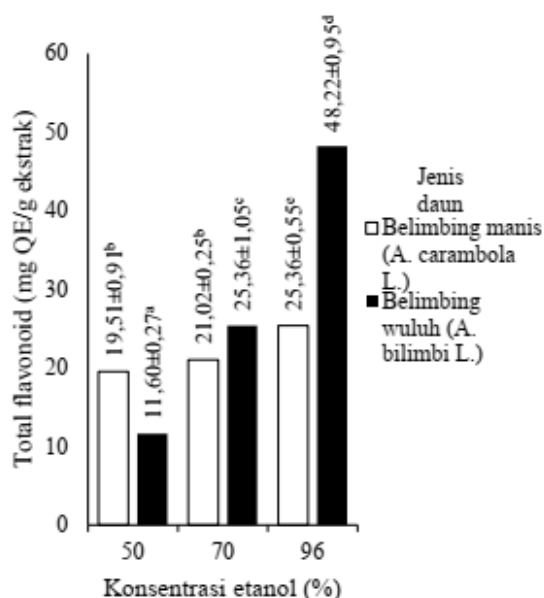
Menurut Nawaz *et al.* (2020), ekstraksi menggunakan pelarut yang sangat polar menghasilkan ekstrak dengan kadar total fenolik yang lebih rendah. Gambar 2.

menunjukkan pengaruh interaksi jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap total fenolik ekstrak daun belimbing.

Berdasarkan Gambar 2, ekstrak daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh dengan konsentrasi etanol 96%, serta ekstrak daun belimbing manis dengan konsentrasi etanol 70% memiliki kandungan total fenolik tertinggi, yaitu sebesar $142,07 \pm 4,50$ mg GAE/g ekstrak, $134,81 \pm 4,08$ mg GAE/g ekstrak, serta $139,52 \pm 6,38$ mg GAE/g ekstrak. Senyawa fenolik adalah senyawa metabolit sekunder yang banyak terdapat pada tumbuhan dan memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa fenolik yang terdapat pada daun belimbing manis antara lain, epikatekin, galotanin, dan proantosianidin (Aladaileh *et al.*, 2019), sedangkan pada daun belimbing wuluh terdapat kandungan senyawa fenolik seperti flavonoid dan tanin (Fidrianny *et al.*, 2018).

Total Flavonoid

Berdasarkan hasil analisis statistik *univariate*, jenis daun, konsentrasi etanol, dan interaksi antara jenis daun dan konsentrasi pelarut berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total flavonoid ekstrak daun belimbing. Gambar 3. menunjukkan pengaruh interaksi jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap kandungan total flavonoid ekstrak daun belimbing.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 3. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap total flavonoid ekstrak daun belimbing

Hasil uji lanjut Duncan pengaruh konsentrasi etanol terhadap total flavonoid ekstrak daun belimbing menunjukkan bahwa konsentrasi etanol 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan total flavonoid tertinggi. Hasil penelitian telah sesuai dengan penelitian Muhamad *et al.* (2016), yang menggunakan pelarut etanol murni dalam menghasilkan ekstrak dengan kadar total fenolik, flavonoid, dan aktivitas antioksidan tertinggi.

Berdasarkan Gambar 3, ekstrak daun belimbing wuluh dengan pelarut etanol dengan konsentrasi 96% memiliki kandungan total flavonoid tertinggi, yaitu sebesar $48,22 \pm 0,95$ mg QE/g ekstrak.

Ekstrak daun belimbing manis dengan konsentrasi etanol 96% memiliki kandungan total fenolik yang lebih tinggi, yaitu sebesar $142,07 \pm 4,50$ mg GAE/g ekstrak, namun memiliki kandungan total flavonoid sebesar $25,36 \pm 0,55$ mg QE/g ekstrak, lebih rendah dibanding ekstrak daun belimbing wuluh.

Menurut Yunarto dan Sulistyningrum (2017), senyawa flavonoid utama yang terkandung dalam daun belimbing manis adalah apigenin dan kuersetin, dengan apigenin sebagai senyawa flavonoid terbesar dalam fraksi etil asetat ekstrak etanol daun belimbing manis, yaitu sebesar 6,37% sedangkan kuersetin sebesar 4,49%. Pada penelitian ini, pengujian total flavonoid menggunakan standar kuersetin, sehingga kemungkinan ekstrak daun belimbing wuluh memiliki kandungan flavonoid, secara khusus kuersetin yang lebih tinggi dibanding ekstrak daun belimbing manis. Hal ini didukung oleh pernyataan Sudjarwo *et al.* (2018), bahwa kuersetin adalah senyawa flavonoid utama yang terkandung dalam daun belimbing wuluh. Selain itu, menurut Yunarto dan Sulistyningrum (2017), ekstrak daun belimbing manis juga memiliki kandungan senyawa fenolik selain flavonoid seperti tanin yang mungkin menyebabkan total

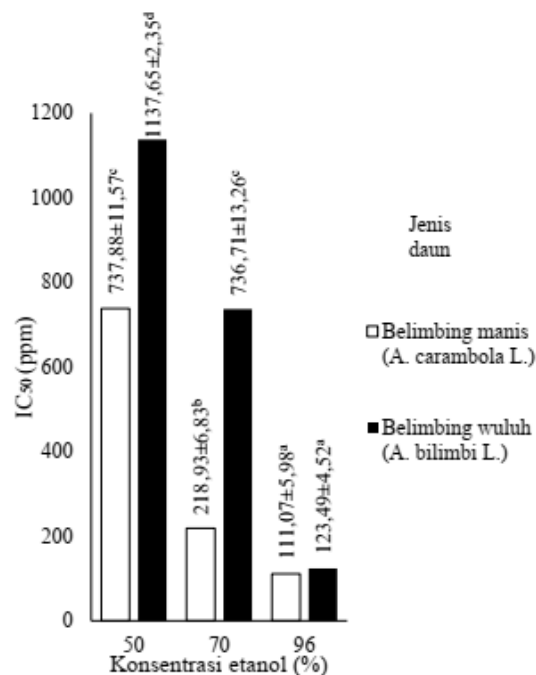
fenolik ekstrak daun belimbing manis lebih tinggi.

Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan uji statistik *univariate*, jenis daun, konsentrasi etanol, dan interaksi antara jenis daun dan konsentrasi pelarut berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun belimbing. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh konsentrasi etanol terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun belimbing menunjukkan bahwa konsentrasi etanol 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan nilai IC_{50} terendah atau aktivitas antioksidan tertinggi. Aktivitas antioksidan dalam tumbuhan umumnya berasal dari senyawa fenolik, terutama flavonoid. Menurut Muhamad *et al.* (2016), ekstraksi menggunakan pelarut etanol murni menghasilkan ekstrak dengan kadar total fenolik, flavonoid, dan aktivitas antioksidan yang tertinggi. Gambar 4. menunjukkan pengaruh interaksi jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun belimbing.

Berdasarkan Gambar 4, ekstrak daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh dengan konsentrasi etanol 96% memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $111,07 \pm 5,98$ ppm dan $123,49 \pm 4,52$ ppm secara berurutan.

Aktivitas antioksidan kedua ekstrak tersebut termasuk dalam golongan antioksidan sedang karena memiliki nilai IC_{50} di antara 100-150 ppm (Winahyu *et al.*, 2019).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

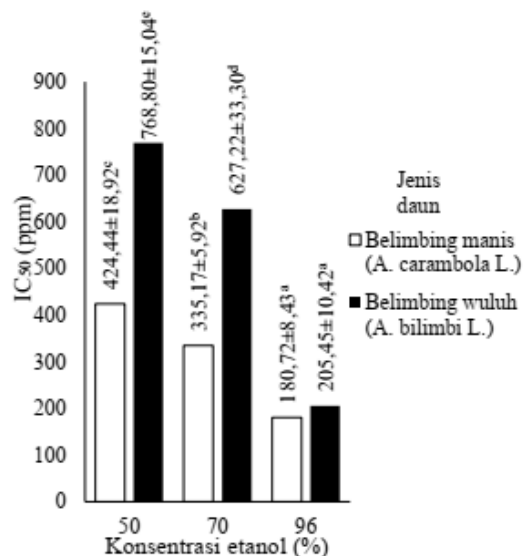
Gambar 4. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun belimbing

Aktivitas antioksidan ekstrak daun belimbing dipengaruhi oleh kandungan senyawa fenolik karena senyawa fenolik memiliki gugus hidroksil (-OH) yang dapat mendonorkan atom hydrogen kepada radikal bebas, sehingga menghasilkan senyawa radikal bebas yang lebih stabil (Adawiah *et al.*, 2015). Flavonoid merupakan senyawa fenolik yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan (Hasim *et al.*, 2019).

Aktivitas Inhibisi α -Glukosidase

Aktivitas inhibisi α -glukosidase dinyatakan dalam nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi ekstrak yang dapat menghambat aktivitas α -glukosidase sebesar 50%. Akarbosa adalah obat antidiabetik komersial yang digunakan sebagai standar. Hasil analisis terhadap akarbosa menunjukkan adanya aktivitas inhibisi α -glukosidase sebesar $57,98 \pm 0,09$ ppm.

Berdasarkan uji statistik *univariate*, jenis daun, konsentrasi etanol, dan interaksi antara jenis daun dan konsentrasi pelarut berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing menunjukkan bahwa konsentrasi etanol 96% menghasilkan ekstrak daun belimbing dengan nilai IC_{50} terendah atau aktivitas inhibisi α -glukosidase tertinggi. Menurut Yin *et al.* (2014), senyawa pada tumbuhan yang memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase antara lain, fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, quinin, dan fenilpropanoid. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa ekstraksi dengan etanol 96% menghasilkan ekstrak dengan kandungan total fenolik dan flavonoid tertinggi.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing

Gambar 5 menunjukkan pengaruh interaksi jenis daun dan konsentrasi etanol terhadap aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing. Berdasarkan Gambar 5, ekstrak daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh dengan konsentrasi etanol 96% memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $180,72 \pm 8,43$ ppm dan $205,45 \pm 10,42$ ppm secara berurutan. Aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing tergolong lebih rendah dibanding akarbosa ($IC_{50} = 57,98 \pm 0,09$ ppm). Ekstrak daun belimbing manis memiliki nilai IC_{50} pada kisaran 150-200 ppm sehingga tergolong sebagai inhibitor α -glukosidase lemah, sedangkan ekstrak daun

belimbing wuluh tergolong sangat lemah karena memiliki nilai IC_{50} di atas 200 ppm (Meila dan Noraini, 2017).

Daun belimbing manis memiliki senyawa turunan flavan-3-ol, yaitu *epicatechin-(7,8-bc)-4 β -(p-hydroxyphenyl)-dihydro-2(3H)-pyranone* yang memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase dengan nilai IC_{50} sebesar $9,6 \pm 0,4 \mu M$ (Yang *et al.*, 2020). Selain itu, senyawa fenolik seperti asam galat dan senyawa flavonoid seperti apigenin dan kuersetin yang terdapat dalam daun belimbing manis juga memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase (Babu *et al.*, 2013; Yin *et al.*, 2014).

Inhibitor α -glukosidase seperti akarbosa termasuk dalam kategori agen hipoglikemik yang mengontrol kadar gula post-prandial dengan menghambat α -glukosidase melakukan hidrolisis karbohidrat menjadi glukosa (Yin *et al.*, 2014). Ekstrak etanol daun belimbing wuluh memiliki kemampuan menurunkan kadar gula darah pada penelitian secara *in-vivo* (Alhassan dan Ahmed, 2016). Menurut penelitian Shahreen *et al.* (2012), ekstrak metanol daun belimbing manis memiliki aktivitas antihiperglikemik. Senyawa flavonoid *apigenin-6-C- β -fucopyranoside* dan *apigenin-6-C-(2"-O- α -rhamnopyranosyl)- β -fucopyranoside* yang diisolasi dari

ekstrak daun belimbing manis memiliki aktivitas hipoglikemik dengan meningkatkan sekresi insulin, merangsang insulin melakukan pengambilan glukosa oleh jaringan perifer dan sintesis glikogen, atau kombinasi keduanya (Cazarolli *et al.*, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan mekanisme antidiabetik utama ekstrak daun belimbing adalah dengan meningkatkan sekresi insulin maupun merangsang kerja insulin, namun ekstrak daun belimbing juga berpotensi sebagai inhibitor α -glukosidase. Aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing pada penelitian ini tergolong lebih kuat dibanding ekstrak daun *mulberry* yang memiliki nilai IC_{50} sebesar $309,82 \pm$ ppm (Hasim *et al.*, 2020) dan ekstrak daun *Annona muricata* Linn. yang memiliki nilai IC_{50} sebesar 428,79 ppm (Rahmi *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Jenis daun dan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap rendemen, total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan, dan aktivitas inhibisi α -glukosidase ekstrak daun belimbing. Ekstrak etanol 96% daun belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) memiliki rendemen tertinggi sebesar $11,38 \pm 0,90\%$. Ekstrak etanol 96% daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh (*Averrhoa*

bilimbi L.), serta ekstrak etanol 70% daun belimbing manis memiliki total fenolik tertinggi, yaitu sebesar $142,07 \pm 4,50$ mg GAE/g ekstrak, $134,81 \pm 4,08$ mg GAE/g ekstrak, dan $139,52 \pm 6,38$ mg GAE/g ekstrak secara berurutan. Ekstrak etanol 96% daun belimbing wuluh memiliki total flavonoid tertinggi sebesar $48,22 \pm 0,95$ mg QE/g ekstrak. Ekstrak etanol 96% daun belimbing manis dan daun belimbing wuluh memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $111,07 \pm 5,98$ ppm dan $123,49 \pm 4,52$ ppm secara berurutan, serta memiliki aktivitas inhibisi α -glukosidase tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $180,72 \pm 8,43$ ppm dan $205,45 \pm 10,42$ ppm secara berurutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, Sukandar, D. dan Muawanah, A. 2015. Aktivitas antioksidan dan kandungan bioaktif sari buah namnam. *Jurnal Kimia Valensi* 1(2):130-136.
- Aladaileh, S. H., Saghir, S. A. M., Murugesu, K., Sadikun, A., Ahmad, A., Kaur, G., Mahmoud, A. M. and Murugaiyah, V. 2019. Anti hyperlipidemic and antioxidant effects of *Averrhoa carambola* extract in high-fat diet-fed rats. *Biomedicines* 7(3):1-22.
- Alhassan, A. M. and Ahmed, Q. U. 2016. *Averrhoa bilimbi* Linn.: A review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, and pharmacology.

Journal of Pharmacy and BioAllied Sciences 8(4):265-271

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC Inc., Washington.
- Astiti, N. P. A., Sudirga, S. K. and Ramona, Y. 2018. Antioxidant activity of methanol extract of star fruit leaves (*Averrhoa carambola* L), a raw material for Balinese traditional food (Lawar). *International Journal Of Pharmaceutical Sciences and Medicine* 3(11):1-6.
- Azwanida. 2015. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal Aromatic Plants* 4(3):1-6
- Babu, P. V. A., Liu, D. and Gilbert, E. R. 2013. Recent advances in understanding the anti-diabetic actions of dietary flavonoids. *Journal of Nutritional Biochemistry* 24(11):1777-1789.
- Cazarolli, L. H., Kappel, V. D., Pereira, D. F., Moresco, H. H., Brighente, I. M. C., Pizzolatti, M. G. and Silva, F. R. M. B. 2012. Anti-hyperglycemic action of Apigenin-6-C- β -fucopyranoside from *Averrhoa carambola*. *Fitoterapia* 83(7):1176-1183.
- Chandra, P. and Arora, D. S. 2017. Antioxidant compounds derived from plants, description and mechanism of phytochemicals. *Journal of Agroecology and Natural Resource Management* 4(1):55-59.

- Chelladurai, G. R. M. and Chinnachanny, C. 2018. Alpha amylase and alpha glucosidase inhibitory effects of aqueous stem extract of *Salacia oblonga* and its GC-MS analysis. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 54(1):1-10.
- Dewatisari, W., Rumiyan, L., dan Rakhmawati, I. 2017. Rendemen dan skrining fitokimia pada ekstrak daun *Sansevieria sp.* *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 17(3):197-202.
- Dhanira, A., Elya, B. and Basah, K. 2020. Antioxidant activity test of fractions from star fruit leaves (*Averrhoa carambola* L.) from three regions in West Java. *International Journal of Applied Pharmaceutics* 12(1):97-100.
- Fidrianny, I., Rahmawati, A. and Hartati, R. 2018. Comparison profile of different extracts of *Averrhoa bilimbi* L. in antioxidant properties and phytochemical content. *RASAYAN Journal Of Chemistry* 11(4):1628-1634.
- Gangga, E., Purwati, R., Farida, Y., dan kartiningsih. 2017. Penetapan parameter mutu ekstrak yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan dari daun cincau hijau (*Cyclea barbata* L. Miers.) *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia* 15(2):236-243.
- Hasim, Arifin, Y. Y., Andrianto, D., dan Faridah, D. N. 2019. Ekstrak etanol daun Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai antioksidan dan antiinflamasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 8(3):86-93.
- Hasim, Lestari, W. A., Sugiman, U. and Faridah, D. N. 2020. In-vitro α -glucosidase inhibition and antioxidant activity of Mulberry (*Morus alba* L.) leaf ethanolic extract. *Jurnal Gizi Pangan*, 15(1):45-52.
- Insan, R. R., Faridah, A., Yulastri, A. and Holinesti, R. 2019. Using Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) as a functional food processing product. *Jurnal Pendidikan Tata Boga dan Teknologi* 1(1):47-55.
- Kementerian Kesehatan RI. 2019. Infodatin: Hari Diabetes Sedunia Tahun 2018. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan RI. 2020. Infodatin: Diabetes Melitus. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Meila, O. dan Noraini. 2017. Uji aktivitas antidiabetes dari ekstrak metanol buah Kiwi (*Actinidia deliciosa*) melalui penghambatan aktivitas α -glukosidase. *Jurnal Farmasi Galenika* 3(2):132-137.
- Muhamad, N., Muhmed, S. A., Yusoff, M. M. and Gimbun, J. 2014. Influence of solvent polarity and conditions on extraction of antioxidant, flavonoids and phenolic content from *Averrhoa bilimbi*. *Journal of Food Science and Engineering* 4:255-260.
- Mulyati, W., Lukmayani, Y. dan Sadiyah, E. R. 2020. Uji aktivitas antibakteri daun Belimbing manis (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap *Staphylococcus epidermidis* serta identifikasi golongan senyawa aktifnya. *Prosiding Seminar Penelitian Sivitas Akademika*, 62-67. Bandung, Indonesia: Universitas Islam Bandung.

- Muthu, N., Lee, S. Y., Phua, K. K., dan Bhore, S. J. 2016. Nutritional, medicinal and toxicological attributes of Star-Fruits (*Averrhoa carambola* L.): A Review. *Bioinformation* 12(12):420-424.
- Nawaz, H., Shad, M. A., Rehman, N., Andaleeb, H., dan Ullah, N. 2020. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from Bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 56(17129): 1-9.
- Pendit, P. A. D., Zubaidah, E., dan Sriherfyna, F. H. 2016. Karakteristik fisik-kimia dan aktivitas antibakteri ekstrak daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 4(1):400-409.
- Permatasari, A., Batubara, I., dan Nursid, M. 2020. Pengaruh konsentrasi etanol dan waktu maserasi terhadap rendemen, total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut *Padina australis*. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal* 37(2):78-84.
- Rahmi, E., Wahyuni, W. T., Darusman, L. K., dan Suparto, I. H. 2016. Combination of ethanolic extract of α -glucosidase inhibitory activity of *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl. fruits and *Annona muricata* Linn. leaves. *Traditional Medicine Journal* 21(2):63-68.
- Sarifudin, A., Wardatun, S. dan Wiendarlina, I. Y. 2015. Kajian metode pengeringan dan metode analisis daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap kadar tanin. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Farmasi*, 1(1).
- Shahreen, S., Banik, J., Hafiz, A., Rahman, S., Zaman, A. T., Shoyeb, M. A., Chowdhury, M. and Rahmatullah, M. 2012. Anti hyperglycemic activities of leaves of three edible fruit plants (*Averrhoa carambola*, *Ficus hispida* and *Syzygium samarangense*) of Bangladesh. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicine* 9(2):287-291.
- Sudjarwo, Faykowati, Wulandari, and Prawita. 2018. The effectiveness of Indonesian traditional therapy from BlimbingWuluh leaf extract in reducing uric acid in *Mus Musculus*. *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences* 7(3):42-48.
- Telagari, M. and Hullati, K. 2015. *In-vitro* α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of *Adiantum caudatum* Linn. and *Celosia argentea* Linn. extracts and fractions. *Indian Journal Pharmacology* 47(4):425-429.
- Utami, Y. P., Umar, A. H., Syahrini, R. dan Kadullah, I. 2017. Standarisasi simplisia dan ekstrak etanol daun Leilem (*Clerodendrum minahasae* Teijsm. & Binn.). *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences* 2(1):32-39.
- Wang, K. J. dan Zhao, J. L. 2019. Corn silk (*Zea mays* L.), a source of natural antioxidants with α -amylase, advanced glycation and diabetic nephropathy inhibitory activities. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 110:510-517.

- Winahyu, D. A., Purnama, R. C., dan Setiawati, M. Y. 2019. Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit buah Naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan metode DPPH. Jurnal Analisis Farmasi 4(2):117-121.
- Yang, Y., Xie, H., Jiang, Y. and Wei, X. 2020. Flavan-3-ols and 2-diglycosyloxybenzoates from the leaves of *Averrhoa carambola*. Fitoterapia, 140(104442).
- Yin, Z., Zhang, W., Feng, F., Zhang, Yin, Z., Zhang, W., Feng, F., Zhang, Y., and Kang, W. 2014. α -glucosidase inhibitors isolated from medicinal plants. Food Science and Human Wellness 3(3-4):136-174.
- Yunarto, N. dan Sulistyaningrum, N. 2017. Quantitative analysis of bioactive compounds in extract and fraction of Star fruit (*Averrhoa carambola* L.) leaves using high performance liquid chromatography. Jurnal Kefarmasian Indonesia 7(1):26-33.
- Yuniarto, A. dan Selifiana, N. 2018. Aktivitas inhibisi enzim alfa-glukosidase dari ekstrak rimpang bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) secara in vitro. Media Pharmaceutica Indonesiana 2(1):22-25.

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK DAN KACA PADA CAMPURAN PAVING BLOCK

[THE EFFECT OF PLASTIC AND GLASS WASTE IN PAVING BLOCK MIX]

Sunie Rahardja*, Anastasia Cathelyn, Jack Widjajakusuma
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan,
Jl. M. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Village Tangerang 15811 - Indonesia
*Korespondensi : sunie.rahardja@uph.edu

ABSTRACT

Paving block is widely used construction material. However, its base materials are not environmentally friendly. One way to mitigate this issue is by using alternative materials, such as waste or recyclable like plastic and glass. The objective of this research is to formulate a paving block mixture using plastic and glass waste. Several tests are conducted for this research to quantify the strength and durability of said paving block. The tests are compressive strength test and endurance against potential pollutants (detergent, motor oil, and used cooking oil), water absorption, and Scanning Electron Microscope (SEM). Plastic : sand mixture with 70:30 weight ratio has an average compressive strength of 17.24 MPa. On the other hand, plastic : glass mixture with the same ratio and gradation reach 16.89 MPa with 0,33% water absorption rate. This research found that compressive strength is influenced by the variation of glass gradation. Cement : sand mixture with the weight ratio of 70:30 has the average compressive strength of 8.49 MPa. It is about 50% lower than plastic : glass mixture. Soaking the sample in detergent and motor oil causes about 60% and 15% decrease in compressive strength respectively. However, the sample soaked in cooking oil shows about 14% increase in compressive strength. SEM test shows that the sample soaked in cooking oil has the most dense particle structure when compared to the other samples.

Keywords : glass, paving block, plastic, strength, weight ratio

ABSTRAK

Paving block merupakan salah satu komponen dalam bidang konstruksi yang cukup banyak digunakan, tetapi bahan pembuatnya kurang ramah lingkungan. Salah satu upaya dalam menanggapi hal tersebut adalah dengan memanfaatkan bahan alternatif seperti limbah dan bahan daur ulang plastik dan kaca sebagai bahan dasar paving block. Penelitian ini bertujuan memformulasi campuran paving block dengan menggunakan limbah plastik dan kaca. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah ketahanan terhadap polutan (deterjen, oli, dan minyak goreng), uji kuat tekan, penyerapan air, dan Scanning Electron Microscope (SEM). Campuran plastik:pasir dengan rasio berat 70:30 mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 17,24 MPa. Sedangkan, campuran plastik:kaca dengan rasio dan gradasi yang sama adalah 16,89 MPa dengan penyerapan air 0,33%. Gradasi kaca yang berbeda walaupun dengan rasio berat yang sama mempengaruhi besar kuat tekan paving block. Campuran semen:pasir dengan rasio berat 70:30 memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 8,49 MPa. Kuat tekan tersebut sekitar 50% lebih lemah dibandingkan dengan campuran plastik:kaca. Merendam sampel dalam deterjen dan oli menyebabkan pengurangan kuat tekan benda uji hingga sekitar 60% dan 15%. Sedangkan,

sampel yang direndam dalam minyak goreng menunjukkan peningkatan kuat tekan hingga sekitar 14%. Uji SEM menunjukkan benda uji yang direndam dalam minyak goreng memiliki susunan partikel yang lebih rapat dibandingkan dengan benda uji yang lain.

Kata kunci : kaca, kekuatan, *paving block*, plastik, rasio berat

PENDAHULUAN

Paving block merupakan salah satu komponen yang sangat sering dijumpai oleh masyarakat dalam bidang pembangunan. Bentuk *paving block* awalnya adalah persegi tanpa perbedaan ukuran atau bentuk yang variatif. Seiring dengan waktu dan pemakaiannya yang semakin banyak serta teknologi yang berkembang, bentuknya menjadi semakin bervariasi dimulai dari bentuk tidak saling mengunci hingga bentuk saling mengunci. *Paving block* banyak digunakan sebagai komponen perkerasan jalan alternatif pada daerah-daerah yang kurang memadai untuk pembangunan konvensional (Nishikant, 2016). Meskipun kegunaan awalnya adalah untuk pejalan kaki dan lahan parkir, komponen konstruksi tersebut telah banyak digunakan untuk kegunaan lainnya sebagai pengganti jalan aspal atau jalan beton.

Paving block banyak digunakan karena pemasangannya yang cukup mudah, kekuatannya yang cukup memadai untuk keperluan umum, dan memberikan nilai tambah pada segi estetik. Akan tetapi, *paving block* sendiri terbuat dari material-

material yang kurang ramah lingkungan dan tidak dapat diperbaharui seperti semen dan pasir. Oleh karena itulah, beberapa upaya dalam mengurangi penggunaan material-material tersebut dilakukan. Seperti pembuatan *paving block* dengan menggunakan bahan daur ulang dan/atau limbah.

Dalam kehidupan sehari-hari, orang-orang sering kurang menyadari akan jumlah sampah yang dibuang setiap harinya. Kepala Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta Isnawa Adji menyatakan bahwa Jakarta memproduksi sekitar 7000 ton sampah setiap hari (Patnistik, 2019). Sekitar 20% dari sampah tersebut merupakan sampah plastik dan kaca (Anonymous, 2018).

Meskipun plastik merupakan material yang cukup berbahaya untuk digunakan, tuntutan penggunaannya dari masyarakat sangatlah tinggi. Menurut Gerakan Indonesia Diet Kantong Plastik (2016), alasan yang menyebabkan plastik berbahaya adalah memicu perubahan iklim, mencemari lingkungan, berbahaya bagi manusia, dan butuh waktu lama untuk terurai (Anonymous, 2017). Material ini banyak

digunakan untuk berbagai macam kegunaan karena proses pembuatannya yang cukup mudah dan murah. Indonesia merupakan penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah Negara Cina (Patnistik, 2018). Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/tahun.

Sama seperti plastik, kaca memiliki banyak sekali kegunaan sehingga material tersebut banyak digunakan oleh masyarakat. Karena kegunaanya yang cukup banyak, limbah kaca banyak menumpuk. Limbah kaca merupakan salah satu jenis limbah perumahan dan industri yang paling banyak ditemui. Umumnya, limbah kaca tersebut berupa botol, hiasan kaca, lampu bohlam, dan lain-lain.

Penimbunan sampah yang terus meningkat telah menjadi masalah yang cukup besar untuk Negara Indonesia. Meskipun telah banyak usaha dilakukan seperti penggunaan limbah, capaian pengurangan sampah nasional hanya sebesar 2,12% dari total timbunan sampah (Anonymous, 2018).

Dalam menghadapi masalah-masalah yang telah disebutkan, bidang konstruksi sendiri telah berinovasi untuk memanfaatkan

limbah untuk mengurangi penggunaan material yang tidak ramah lingkungan seperti semen. Contoh dari kontribusi dari bidang konstruksi adalah *paving block* yang menggunakan limbah sebagai materialnya. Penelitian Sellakutty (2016) sudah menggunakan limbah plastik untuk pembuatan *paving block*. Salah satu penelitian di Indonesia yang telah dilakukan adalah pemanfaatan *polyethylene terephthalate* atau PET dan *low density polyethylene* atau LDPE untuk material *paving* bangunan (Nikmah, 2018). Selain itu, terdapat juga penelitian Nishikant *et al.* (2016) yang menggunakan limbah kaca untuk mengurangi penggunaan agregat dalam campuran *paving block*. Meskipun sudah terdapat penelitian yang dilakukan, sering kali limbah pengganti tersebut baru digunakan sebagai bahan tambahan atau belum digunakan secara sepenuhnya.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik dan limbah kaca secara bersamaan dan semaksimal mungkin dalam proses pembuatan *paving block* yang dapat memenuhi standar *paving block* yang layak digunakan menurut SNI. Selain itu, penelitian ini juga memiliki tujuan untuk berkontribusi dalam pemberdayaan masyarakat dan membantu dalam pengurangan limbah.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan

Pada penelitian ini, bahan utama yang digunakan adalah limbah plastik dan kaca yang tidak digunakan lagi. Biji plastik yang didapatkan adalah biji plastik hasil daur ulang yang merupakan campuran dari plastik jenis polypropylene atau PP dan LDPE. Biji plastik yang digunakan berukuran tiga hingga empat millimeter. Limbah kaca berasal dari botol kaca dengan tampilan bening dari botol kaca bekas minuman, kecap, dan sirup.

Alat

Terdapat dua jenis benda uji pada penelitian ini. Jenis pertama adalah cetakan *paving block* biasa dengan bentuk *unipaver*. Cetakan jenis ini umumnya memiliki ukuran 11,5 x 22,5 x 6 cm³. Cetakan ini untuk membuat benda uji penyerapan air. Sedangkan, jenis cetakan lainnya berbentuk kubus dengan sisi lima sentimeter. Cetakan ini digunakan untuk membuat benda uji kuat tekan dan ketahanan (Rohman, 2016).

Metode Penelitian

Untuk mengolah limbah kaca dari botol, botol dipecahkan dengan mesin los angeles selama 30 menit. Pecahan kaca diayak sesuai dengan kebutuhan gradasi

penelitian. Studi pustaka untuk pengolahan limbah plastik mengacu pada Lenkiewics and Webster (2017). Limbah plastik yang berupa biji plastik dipanaskan dengan suhu 300 °C selama enam menit. Agregat yang akan dicampurkan ke dalam plastik yang telah meleleh dipastikan memiliki suhu 100 °C ± 5 °C. Sedangkan suhu cetakan pada saat sebelum dituangkan campuran adalah 25 °C ± 5 °C. Waktu pelelehan plastik, proses pencampuran, pengadukan dan suhu cetakan adalah sama untuk seluruh jenis benda uji. Penelitian Yamashita *et al.* (2009) menekankan perlunya diperhatikan suhu dan tata-cara keamanan untuk pelelehan plastic karena material volatile yang dikeluarkan saat melelehkan plastik dalam suhu tertentu dapat membahayakan untuk kesehatan.

Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilaksanakan dengan menggunakan mesin *compression test*. Benda uji yang diuji ada beberapa variasi yang berupa plastik seutuhnya (P), dan campuran plastik dan pasir (PP) dengan ratio PP 70:30, PP 50:50, PP 33.33:66.67, dan PP 25:75. Selain itu, beberapa campuran plastik dan kaca juga diuji tekan dengan variasi campuran plastik dan kaca (PK) gradasi sama dengan pasir yang

digunakan (Jenis-1), campuran plastik dan kaca (PK) gradasi berbeda dengan pasir yang digunakan (Jenis-2). Sebagai pembanding paving block pada umumnya, maka uji tekan juga dilaksanakan untuk benda uji campuran semen dan pasir (SP).

Campuran plastik yang telah dilelehkan dan dicampurkan dengan agregat dibentuk menjadi kubus ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dan diuji tekan pada hari ke-28. Hasil yang didapatkan dianalisa untuk menentukan rasio yang paling kuat dan apakah benda uji yang dibuat sesuai dengan syarat SNI (BSN, 1991). Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali.

Uji Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilaksanakan berdasarkan SNI 03-0691-1996 (BSN, 1996).

Uji Ketahanan terhadap Polutan

Uji ketahanan dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh polutan tertentu terhadap kuat tekan benda uji. Polutan yang digunakan adalah bahan yang sering ditemui dan terkena kontak dengan *paving block* yang telah terpasang seperti deterjen bubuk yang umum digunakan untuk mencuci pakaian, oli kendaraan, dan minyak goreng bekas. Deterjen bubuk sebanyak 50 gram dicampurkan dengan air, sedangkan oli dan

minyak goreng tidak dicampurkan dengan bahan lain.

Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Uji SEM ditujukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang tekstur, komposisi kimiawi dan struktur kristal dari material (Swapp, 2017). Benda yang diuji SEM adalah campuran plastik dan kaca rasio 70:30 yang sudah diuji tekan, Campuran plastik dan kaca rasio 70:30 yang telah direndam oli, campuran plastik dan kaca rasio 70:30 yang telah direndam air deterjen, campuran plastik dan kaca rasio 70:30 yang telah direndam minyak goreng, dan campuran plastik dan pasir rasio 70:30 yang telah diuji tekan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan *Paving Block*

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan

Campuran	% Plastik atau Semen	Kuat Tekan (Mpa)	Mutu (SNI 03-1691-1996)	% Perbedaan Kuat Tekan PP	% Perbedaan Kuat Tekan PK (Jenis 1)
PP		17,24	B	-	-2,03%
PK (Jenis-1)	70%	16,89	C	2,03%	-
PK (Jenis-2)		10,63	D	-	-
SP		8,49	-	50,75%	49,73%

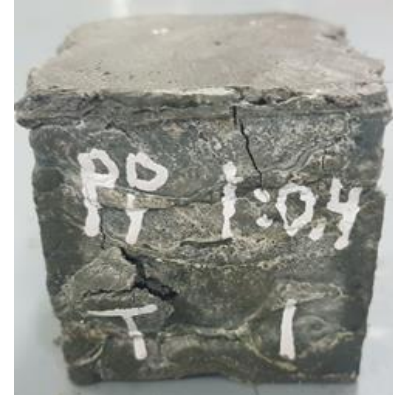
Dari hasil dan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa kaca dapat menjadi pengganti pasir pada campuran *paving block* meskipun terdapat sedikit pengurangan pada kuat tekan. Kuat lekat ini

dipengaruhi permukaan pasir yang lebih kasar dibandingkan dengan permukaan kaca. Dari hasil percobaan dan perhitungan juga dapat dilihat bahwa perbedaan gradasi juga mempengaruhi kuat tekan.

Analisis selanjutnya dapat dilihat pada keruntuhan yang terjadi pada benda uji. Pada campuran plastik 100% hingga rasio 33,33 : 66,67, benda uji mengalami keretakan. Akan tetapi, pada campuran dengan rasio 25:75, benda uji hancur dan terbelah. Pada rasio 25:75, benda uji bersifat getas yang dipengaruhi oleh tingkat pengikatan material pada campuran. Kandungan plastik yang lebih sedikit menyebabkan ikatan campuran yang lebih lemah. Hal ini menyebabkan benda uji menjadi lebih getas.



Gambar 1. Keruntuhan benda uji P 100%



Gambar 2. Keruntuhan benda uji PP 70:30



Gambar 3. Keruntuhan benda uji PP 50:50



Gambar 4. Keruntuhan benda uji PP 33,33:66,67



Gambar 5. Keruntuhan benda uji PP 25:75

Pada proses pembuatan benda uji, plastik dilelehkan menggunakan wajan dengan suhu tinggi. Jenis plastik yang digunakan pada penelitian ini adalah PP dan LDPE.

Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air yang telah dilakukan, benda uji memiliki penyerapan air sebesar 0,33%. Hasil tersebut jauh dibawah penyerapan air maksimal untuk *paving block* mutu A, yaitu sebesar 3%. Berdasarkan penyerapan air, benda uji mencapai mutu A.

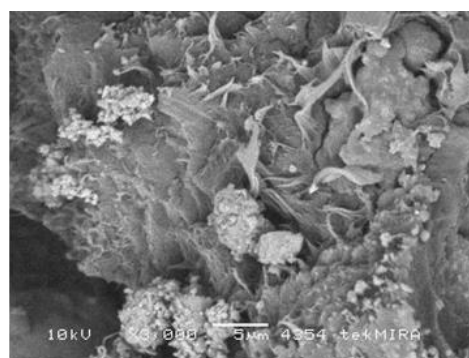
Ketahanan *Paving Block* terhadap Bahan

Tabel 2. Hasil uji ketahanan terhadap bahan

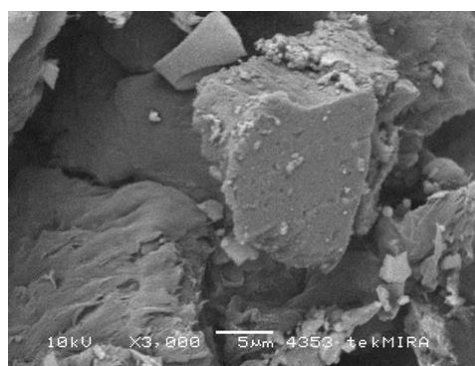
Campuran	% Plastik	% Perbedaan Kuat Tekan (Oli)	% Perbedaan Kuat Tekan (Air Deterjen)	% Perbedaan Kuat Tekan (Minyak Goreng)
Plastik	100	15,36	37,98	-
	50	5,91	-	-9,35
PP	33,33	-	66,33	-
PK	70	0,06	3,37	-14,33

Pengurangan kuat tekan yang disebabkan oli mencapai sekitar 15%, sedangkan deterjen dapat menyebabkan pengurangan kuat tekan hingga sekitar 60%. Akan tetapi, deterjen hanya menyebabkan sekitar 3% pengurangan kuat tekan untuk benda uji campuran plastik dan kaca rasio 1:0,43. Sedangkan, benda uji yang direndam di dalam minyak goreng bekas memiliki kuat tekan yang lebih besar.

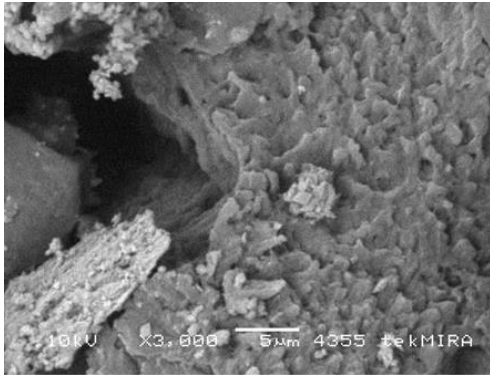
SEM *Paving Block*



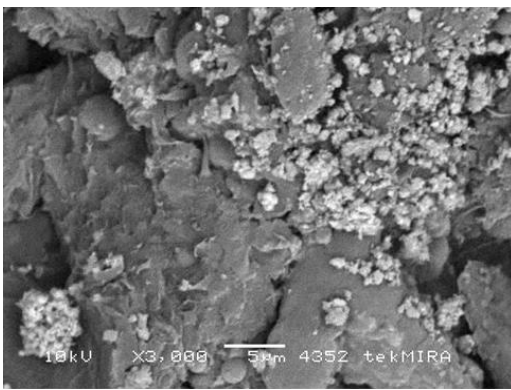
Gambar 6. PP 70:30



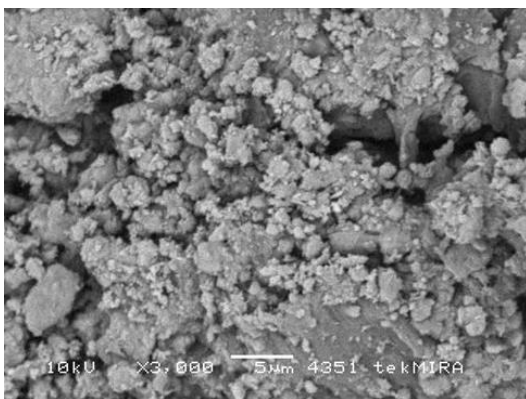
Gambar 7. PK 70:30



Gambar 8. PK 70:30 direndam dalam oli



Gambar 9. PK 70:30 direndam dalam air deterjen



Gambar 10. PK 70:30 direndam dalam minyak goreng

Berdasarkan hasil uji SEM, terdapat beberapa hal yang dapat dibahas. Pertama, pada setiap jenis benda uji masih terdapat rongga di dalamnya. Keberadaan rongga di

dalam benda uji dapat disebabkan oleh proses pemadatan yang kurang saat pembuatannya. Kedua, benda uji yang campuran plastik dan pasir memiliki tekstur yang cukup berbeda jika dibandingkan dengan benda uji campuran plastik dan kaca. Tekstur benda uji campuran plastik dan pasir terlihat lebih kasar jika dibandingkan dengan yang plastik dan kaca. Ketiga, benda uji yang direndam dalam minyak goreng memiliki bentuk yang lebih seragam jika dibandingkan dengan benda uji yang direndam dalam oli atau air deterjen. Rongga di dalamnya juga lebih sedikit dibandingkan jenis lainnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini dapat menyimpulkan bahwa plastik dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen karena benda uji dengan rasio PP 70:30 dapat memenuhi syarat minimal SNI *paving block* mutu B dapat mencapai kekuatan sebesar 17,24 Mpa.

Pemanfaatan limbah kaca sebagai pengganti agregat halus pada campuran *paving block* menunjukkan bahwa pada rasio berat 70:30, memiliki kuat tekan yang 2% lebih rendah dibanding campuran PP. Gradasi kaca mempengaruhi kuat tekan karena gradasi yang melewati saringan no.30 memenuhi syarat minimal SNI *paving*

block mutu C. Sedangkan gradasi yang melewati saringan nomor 4 dan tertahan nomor 200 tidak memenuhi.

Penyerapan air paving block yang diteliti adalah sebesar 0,33% dan memenuhi syarat minimal SNI paving block mutu A.

Uji ketahanan benda uji yang terendam deterjen dan oli mengalami pengurangan kuat tekan. Uji ketahanan benda uji terendam minyak goreng menunjukkan kenaikan pada kuat tekan

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah untuk melakukan penelitian yang lebih spesifik dalam jenis plastik dan rasio campuran untuk dapat menghasilkan campuran dengan kekuatan optimum. Juga untuk melakukan pengujian tingkat molekul dan reaksi kimia untuk mengetahui bentuk ikatan plastik dan agregat yang mempengaruhi kuat tekan. Selain itu, juga mencari cara mengolah plastik yang lebih aman, baik untuk lingkungan dan kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pelita Harapan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, dan Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Sains dan Teknologi yang telah

mendukung berjalannya penelitian dengan memberikan dana dan kesempatan, serta memfasilitasi dengan skema penelitian/tugas akhir sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan kontrak nomor P-070-FaST/III/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2017. Plastik ini sulit diurai dan butuh ratusan tahun agar bisa terurai. Diunduh dari <https://regional.kompas.com/read/2017/02/24/16463721/.plastik.ini.sulit.diurai.dan.butuh.ratusan.tahun.agar.bisa.terurai>. Diakses 11/01/2019.
- Anonymous. 2018. 24 persen sampah di Indonesia masih tak terkelola. Diunduh dari <https://www.cnnindonesia.com/gayahidup/20180425101643-282-293362/riset-24-persen-sampah-di-indonesia-masih-tak-terkelola>. Diakses 22/05/2019.
- Anonymous. 2018. Gunung sampah plastik raksasa menyumbat sungai di Indonesia. Diunduh dari <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-43855029>. Diakses 16/04/2019
- Badan Standardisasi Nasional. 1996. SNI 02-0691-1996 : Bata beton (Paving block).
- Badan Standardisasi Nasional. 1991. SNI 03-2403-1991 : Blok beton terkunci untuk permukaan jalan.
- Lenkiewics, Z. and Webster, M. 2017. How to transform plastic waste into paving tiles, A Step-by-step guide. Waste Aid UK : Chartered Institution of Wastes Management.
- Nikmah. 2018. Pemanfaatan limbah thermoplastic polyethylene terephthalate (PET) untuk aplikasi material paving bangunan sebagai

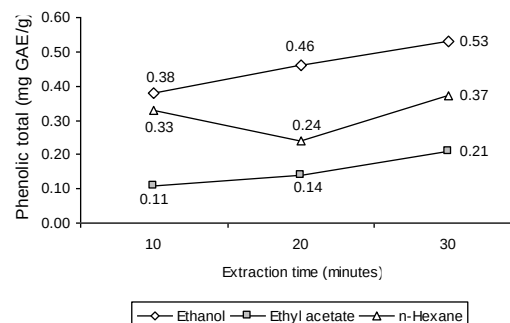
- solusi permasalahan lingkungan. Surabaya : Laporan Penelitian Departemen Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nishikant, K., Nachiket, A., Avadhut, I., and Sangar, A. 2016. Manufacturing of concrete paving block by using waste glass material. *International Journal of Scientific and Research Publications* 6 (6) : 61-69.
- Patnistik, E. 2018. Indonesia penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia. Diunduh dari <https://megapolitan.kompas.com/read/2018/08/19/21151811/indonesia-penyumbang-sampah-plastik-terbesar-kedua-di-dunia>. Diakses 11/01/2019
- Patnistik, E. 2019. Jakarta produksi 1.900-2.400 ton sampah plastik per hari. Diunduh dari <https://megapolitan.kompas.com/read/2018/08/10/14392781/jakarta-produksi-1900-2400-ton-sampah-plastik-per-hari>. Diakses 15/01/2019
- Rohman, A. K. 2016. Analisa uji kuat tekan paving block dengan memanfaatkan tailing sebagai pengganti sebagian semen. Purwokerto : Program Studi Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Skripsi.
- Sellakutty, D. 2016. Utilization of waste plastic in manufacturing of bricks and paver blocks. *International Journal of Applied Engineering Research* 11 (3) : 364-367.
- Swapp, S. 2017. Scanning Electron Microscopy. Diunduh dari https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html. Diakses 26/05/2019.
- Yamashita, K., Yamamoto, N., Mizukoshi, A., Noguchi, M., Ni, Y., and Yanagisawa, Y. 2009. Compositions of volatile organic compounds emitted from melted virgin and waste plastic pellets. *Journal of the Air & Waste Management Association* 59 (3) : 273-278.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

FaST- Jurnal Sains dan Teknologi

Jurnal Sains dan Teknologi merupakan salah satu wadah publikasi ilmiah untuk berbagai bidang ilmu dan teknologi. Pedoman penulisan ini dibuat untuk keseragaman format penulisan dan kemudahan penulis dalam proses penerbitan naskah di jurnal ini.

1. Naskah / artikel yang dimuat adalah artikel asli dari hasil penelitian, ulasan ilmiah (Review), atau komunikasi singkat yang belum pernah diterbitkan dalam media masa lainnya. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar / lokakarya agar diberi keterangan yang lengkap.
2. Naskah ditulis dalam Bahasa Indonesia, diketik menggunakan program MS-word dengan format .doc atau docx dan dikirimkan secara online. Dalam kondisi tertentu *soft copy* (CD atau DVD atau flashdisc) dapat dikirim kepada Redaksi Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UPH, Lippo Karawaci Tangerang 15811, atau dikirim lewat email ke redaksi selambat-lambatnya 1 bulan sebelum waktu penerbitan.
3. Ketentuan standar pengetikan naskah :
 - a. Ukuran kertas : A4 (21x 29,5 cm) dan *margin* : *top* 2,5 cm, *bottom* 2,5 cm, *left* 2,5 cm, *right* 2,0 cm, dan jarak antar kolom 1,0 cm.
 - b. Jenis huruf Times New Roman 12, dengan jarak ketik 1.5 spasi, kecuali untuk Abstract dan Daftar Pustaka dibuat 1 spasi, namun jarak antar pustaka dalam Daftar Pustaka 1.0 spasi.
 - c. Jumlah halaman maksimal 20 halaman
 - d. Gambar diberi nomor serta judul pada posisi bawah gambar. Keterangan gambar (*legend*) ditaruh di bagian bawah gambar (lihat contoh).



Gambar 1. Judul gambar...

- e. Tabel diberi nomor dan judul pada posisi atas tabel, dengan bentuk Tabel lajur, hanya judul tabel dan penutup yang diberi garis seperti contoh berikut .

Tabel 1. Judul tabel

No	.....	.....	.....
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....

Keterangan :

- f. Penggunaan istilah asing yang belum lazim digunakan dalam bahasa Indonesia dicetak miring (*Italic*)
- g. Judul tulisan dan judul bab ditulis huruf besar dan diletakkan pada bagian tengah dari lebar naskah. Judul sub-bab diletakkan pada pinggir kiri naskah.
4. Organisasi /Sistematika penulisan :
 - a. Untuk naskah laporan hasil penelitian, cara penyusunan naskahnya sebagai berikut : **JUDUL** (Huruf cetak, bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dalam [.]), **Nama penulis** (diberi nomor *superscript*) dan lembaga dan alamat (berdasar nomor *superscript*),

-
- Korespondensi penulis (alamat email), Abstrak dan Kata kunci, *Abstract* dan *Key word* (bahasa Inggris), Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Saran (bila ada), Daftar Pustaka, dan Ucapan Terima Kasih (bila ada). Tabel dan grafik jumlahnya maksimal 10 dan hendaknya dimasukkan dalam naskah dan diberi nomor.
- b. Untuk naskah karya ilmiah lainnya organisasi penulisannya diserahkan pada penulis tetapi tetap diberi Judul dan abstrak dalam bahasa Indonesia dan Inggris.
 - c. Judul Naskah, penulis, dan abstrak dibuat satu kolom, sedangkan isi naskah dibuat dua kolom. Gambar dan Tabel dapat dibuat satu atau dua kolom tergantung pada besar kecilnya.
5. Kepustakaan
- Pustaka yang disitasi dalam naskah berdasarkan pada pengarang atau penulisnya. Pustaka minimal 60% berasal dari jurnal. Semua pustaka yang disitasi dalam naskah harus terdaftar pada akhir naskah dan disusun secara alfabetik menggunakan sistem APA (*American Psychological Association*) Style sbb:
- Daftar pustaka disusun secara urutan alfabetik (A-Z) berdasarkan nama penulis, diikuti tahun penerbitan, judul, dan sumber publikasinya.
 - Nama penulis didahului nama famili/nama terakhir diikuti huruf pertama nama kecil / nama pertama, baik untuk penulis pertama, kedua, dan seterusnya.
- Judul karangan untuk buku ditulis dengan huruf besar pada setiap awal kata yang bukan kata sambung, sedangkan untuk jurnal hanya pada awal kalimat.
 - Sumber publikasi untuk buku ditulis kota : Penerbit, untuk Jurnal ditulis Volume (nomor) : halaman, untuk bab dalam buku ditulis dalam nama editor (Eds), Judul buku, halaman, kota penerbitan : nama penerbit, untuk Prosiding ditulis dalam Nama editor (Eds), Nama prosiding, halaman, Kota : Penyelenggara Seminar, untuk Laporan ditulis Kota : lembaga pembuat laporan, untuk Thesis ditulis kota, negara : Universitas, S1/S2/S3 thesis, untuk internet ditulis diunduh alamat web, pada tgl/bulan/tahun.
 - Sitasi dalam teks : Satu penulis ditulis Nama famili, tahun; Dua penulis ditulis Nama famili dan Nama famili, tahun; lebih dari dua penulis ditulis Nama famili penulis pertama *et al.*, tahun.
6. Redaksi berhak melakukan editing tanpa merubah isi dan makna tulisan. Apabila pada waktu editing terdapat ketidak jelasan isi dan makna pada tulisan, maka tulisan akan dikembalikan kepada penulis untuk diperbaiki. Hasil perbaikan harap segera dikirim kepada redaksi sesuai waktu yang telah ditetapkan.

JUDUL ARTIKEL (dalam Bahasa Indonesia) (font TNR 12) (spasi 1)

[ARTICLE TITLE] (In English) .. (spasi 1)

Penulis^{1*}, Penulis², dan Penulis³

¹Departemen terkait, Nama Institusi, alamat; ²----- dst

*Korespondensi penulis : alamat email (spasi 1)

ABSTRACT (in English)

Article are written in A4 size (21x 29.5 cm) and margins: top 2.5 cm, bottom 2.5 cm, left 2.5 cm, right 2.0 cm, and distance between columns 1.0 cm. Abstracts are written in English using Times New Roman 12 Point Spaces 1. Abstract contains the essence of the article, consisting of introduction, goals, methods, results and discussion, and conclusions. Abstract references are not permitted. Abstracts are written in one paragraph and must not exceed 300 words. The final part of the abstract is included 3-5 keywords and sort alphabetically each word / phrase. (spase 1, max 300 words)

Keywords :,,,, (max 5 words, sort alphabetically)

ABSTRAK (dalam Bahasa Indonesia)

Penulisan artikel ditulis de ngan ukuran A4 (21x 29,5 cm) dan margin : top 2,5 cm, bottom 2,5 cm, left 2.5 cm, right 2,0 cm, dan jarak antar kolom 1,0 cm. Abstrak ditulis dengan bahasa Indonesia, menggunakan Times New Roman 12 Point Spasi 1. Abstrak memuat intisari artikel, berisi pengantar, tujuan, metode, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan. Abstrak tidak diperkenankan terdapat rujukan pustaka. Abstrak ditulis dalam bentuk satu paragraf dan tidak boleh melebihi 300 kata. Bagian akhir abstrak dicantumkan 3–5 kata kunci dan urutkan sesuai abjad tiap kata/frasa. (spasi 1, maksimal 300 kata)

Kata kunci :,,, (maksimal 5 kata, urutkan berdasar abjad)

PENDAHULUAN

Jumlah halaman keseluruhan artikel maksimal 20, jumlah gambar dan tabel maksimal 10 (Sapsi 1.5)

Pendahuluan/pengantar berisi uraian tentang apa penelitian Anda dan mengapa penelitian itu dilakukan. Uraian ini didukung dengan kajian pustaka yang berupa data-data dari sumber lain, penelitian sejenis, atau penelitian sebelumnya. Juga dimasukan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bagian ini berisi penjelasan bahan dan alat (instrumen) yang digunakan. Bahan yang digunakan jelaskan spesifikasinya. Alat-alat yang sudah umum digunakan tidak perlu diperinci, namun yang harus dicantumkan adalah alat uji, yaitu disebutkan spesifikasinya seperti merk, tipe dan lain-lain.

Metode Penelitian

Metode harus dijelaskan selengkap mungkin agar peneliti lain dapat melakukan verifikasi. Metode analisis parameter yang bersifat spesifik harus dicantumkan, kecuali yang bersifat umum cukup diberikan acuannya (referensi). Cara analisis data (bila ada) perlu dicantumkan. (Spasi 1,5)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Judul Sub bab.....

Hasil berisi paparan temuan penelitian. Data yang disajikan adalah data yang sudah diolah dan siap dibaca untuk menjawab tujuan penelitian (bukan data mentah), selain itu untuk memperjelas dapat diberikan ilustrasi berupa gambar dan tabel. Namun, hasil yang telah dijelaskan dengan tabel atau ilustrasi tidak perlu dipaparkan dalam uraian teks secara terperinci. Paparan hasil ditulis dalam bentuk paragraf, tidak dalam bentuk pembagian per subbab/poin.

Judul Sub Bab....

Persamaan matematis, dikemukakan dengan jelas dan diketik menggunakan program untuk formula, misalnya Equation atau Math Type. Angka desimal, ditandai dengan koma (,) untuk bahasa Indonesia dan titik (.) untuk bahasa Inggris. Tabel dan gambar harus dicantumkan, kemudian secara berurutan diberi nomor dan diacu berurutan dalam naskah, judul ditulis dengan singkat dan jelas. Tabel dibuat dalam bentuk tabel terbuka (yaitu hanya terdapat garis horizontal di kepala tabel dan bagian akhir tabel. Ilustrasi berupa

gambar meliputi foto, grafik, peta, dan bagan. Foto harus memiliki resolusi yang tinggi sehingga citra yang dihasilkan tajam dan jelas. Resolusi minimal 300 dpi atau lebih. Untuk gambar foto, hasil plot, dsb. sebaiknya digambarkan dengan *grayscale* kecuali bila kondisi memang tidak memungkinkan digambar dengan *grayscale*, maka diperbolehkan berwarna.

Nama ilmiah; nama ilmiah ditulis sesuai kaidah penulisan ilmiah menurut ICZN untuk tata nama hewan, ICBN untuk tata nama tumbuhan, demikian juga untuk virus dan bakteri harus sesuai dengan tata nama virus dan bakteri. Satuan, pengukuran secara kuantitatif menggunakan Satuan Internasional.

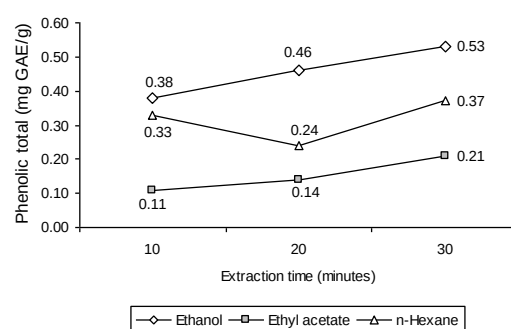
Judul Sub Bab

Jumlah gambar dan tabel dalam pembahasan maksimal 10. Contoh tabel dan gambar sebagai berikut :

Tabel 1. Judul tabel

No	.....	.....	.....
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....

Keterangan :



Gambar 1. Judul gambar.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ditulis secara ringkas dan jelas, dalam bentuk paragraf, bukan poin. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian.

SARAN

----- (Optional)

UCAPAN TERIMA KASIH

----- (Optional)

DAFTAR PUSTAKA .

Pustaka spasi 1,0, tetapi jarak antar pustaka diberi sela spasi 1.
Jumlah pustaka **minmal 10 buah**.

Jurnal

Banerjee, D., Chakrabarti, S., Hazra, A. K., Banerjee, S., Ray, J. and Mukherjee, B. 2008. Antioxidant activity and total phenolics of some mangroves in Sundarbans. *African Journal of Biotechnology* 7 (6) : 805-810.

Buku / Monograph

Dalimartha, S. 2005. *Ramuan Tradisional untuk Pengobatan Diabetes Mellitus*. Bogor : Penerbit Penebar Swadaya.

Ranganna, S. 1986. *Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable products* 2nd Ed. New Delhi : Tata McGraw-Hill Pub. Co.Ltd.

Bab dalam Buku

Hart, R. J. 1998. Food Science and The Transport of Food. In Heap, R., Kierstan, M. and Ford, G. (Eds). *Food Transportation*, p. 1-21. London : Thomson Science.

Prosiding

Nurbaeti, S.N., Sari, R. and Pratiwi, L. 2013. Comparison of antibacterial efectivity from Kesum (*Polygonum minus* Huds) methanol extract against methanol fraction. In Sagiman, S., Catur, S., and Zakiatulyaqin (Eds). *Proceeding 6th International Seminar of Indonesian Society for Microbiology*, p. 30-36. Pontianak, Indonesia : Indonesian Society for Microbiology.

Internet

Food and Drug Administration (FAO). 2000. Bad bug book – Aflatoxins. Downloaded from <http://vm.cfsan.fda.gov/mow/chap41.html>. Accessed on 3/3/2000.

Laporan

Dianitami, R. 2009. Efek rumput laut *Euchema* sp. terhadap kadar glukosa darah dan jumlah trombosit tikus Wistar yang diinduksi aloksan. Semarang : Laporan Akhir Penelitian. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro.

Skripsi/Thesis/Disertasi

Basyuni, M. 2008. Studies on terpenoid biosynthesis of mangrove tree species. Agricultural Sciences, Kagoshima, Japan : Kagoshima University. Skripsi / Thesis / Disertasion.