

4. PEMBAHASAN

4.1. Analisa Fisik

4.1.1. Rasio Pengembangan

Rasio pengembangan merupakan salah satu parameter yang menggambarkan kualitas dari suatu produk sehingga merupakan tolak ukur dalam keberhasilan pengembangan produk. Suatu produk ekstrudat dikatakan baik apabila memiliki pengembangan yang tinggi dan densitas yang rendah. Rasio pengembangan tersebut sangat dipengaruhi oleh bahan mentah, kadar air bahan, suhu ekstrusi, diameter *die*, serta kecepatan ulir (Bisharat, *et al.*, 2013).

Pada uji rasio pengembangan radial diperoleh hasil bahwa semakin meningkatnya konsentrasi wortel yang ditambahkan akan memicu penurunan nilai dari rasio pengembangan radial. Hal ini sesuai dengan Bisharat, *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa serat wortel pada dinding sel dapat menurunkan tingkat pengembangan dan gelatinasi pati. Terlebih lagi, ikatan antara pati dan serat dapat mengurangi elastisitas bahan. Serat memiliki kekuatan mengikat air lebih kuat daripada pati sehingga mencegah kehilangan air dan menyebabkan rasio pengembangan menurun. Serat tersebut juga dapat meningkatkan tekanan (*internal pressure*) sehingga terbentuk struktur yang lebih mudah patah dan berakibat pada pengembangan yang buruk. Hal ini juga diperkuat oleh Kaisangsri, *et al.* (2016) bahwa serat tidak larut pada wortel menyebabkan persebaran serta pada matriks pati tidak merata sehingga terjadi penggumpalan serat pada titik tertentu. Hal ini memicu pecahnya dinding sel dan mencegah *air bubble* untuk mengembang maksimal. Penurunan pengembangan radial juga disebabkan karena semakin tingginya penambahan wortel berarti semakin rendahnya jagung. Kadar amilopektin pada jagung yang semakin rendah membuat pengembangan buruk karena amilopektin merupakan pati yang sensitif terhadap panas sehingga bersifat membantu pengembangan ekstrudat (Kristiawan, *et al.*, 2016).

Terlebih lagi, Bisharat, *et al.* (2013) juga menambahkan bahwa penurunan rasio pengembangan radial tersebut dapat terjadi karena suhu mesin ekstruder yang semakin berlebihan menyebabkan degradasi pati yang menghambat perkembangan *bubble* serta

melemahkan tekstur ekstrudat. Selain itu, pada penelitian itu juga dinyatakan bahwa adanya kandungan air pada bahan yang berfungsi sebagai *plasticizer* membuat pati jagung (amilopektin) berubah struktur dan mengalami *glass transition* serta elastisitas bahan berkurang sehingga adonan terdeformasi dan pengembangan berkurang.

Pada penelitian ini pula dilakukan uji terhadap rasio pengembangan longitudinal. Pengembangan longitudinal menggambarkan pengembangan yang searah dengan arah aliran *die*. Pengembangan longitudinal berlawanan dengan pengembangan radial yang menggambarkan pengembangan melintang yang tegak lurus dengan arah aliran *die* (Kristiawan, *et al.*, 2016). Hubungan berbanding terbalik antar keduanya juga nampak pada uji korelasi di Tabel 5. Hasil uji kedua pengembangan ini sesuai dengan teori Karkle, *et al.* (2012) yang meneliti karakteristik pada ekstrudat yang diberi penambahan apel. Apel berkontribusi menambah kandungan serat pada ekstrudat layaknya wortel kering pada penelitian ini. Pada penelitian tersebut, dilaporkan bahwa adanya serat apel meningkatkan nilai rasio pengembangan longitudinal namun menurunkan nilai rasio pengembangan radial. Hal ini dapat terjadi karena serat tak larut berada pada fase terdispersi di matriks pati serta mengurangi elastisitas pati karena posisi pati tergantikan oleh serat. Partikel tersebut selanjutnya tersusun secara longitudinal karena tekanan pada *die* ekstruder. Terlebih lagi, penambahan wortel meningkatkan densitas sehingga akan banyak sel kecil yang terbentuk dan terdistribusi didalam ekstrudat karena gaya adesi yang rendah pada adonan. Hal ini memicu terjadinya nukleasi sel yang mampu meningkatkan densitas ekstrudat sehingga pengembangan longitudinal semakin tinggi namun menurunkan pengembangan radial..

4.1.2. Bulk Density

Bulk density didefinisikan sebagai kemampuan material memenuhi volume suatu wadah kosong sehingga dapat diperoleh massa (gram) ekstrudat yang dapat ditempatkan dalam sebuah 1 L wadah kosong. Oleh karena itu, nilai *bulk density* dapat pula disebut sebagai rasio dari massa ekstrudat dengan volume wadah (Patil,*et al.*, 2005). Berdasarkan hasil uji dapat dilihat bahwa meningkatnya konsentrasi wortel yang ditambahkan berkontribusi terhadap peningkatan nilai *bulk density*. Peningkatan nilai *bulk density* secara tidak langsung menunjukkan adanya penurunan pada ukuran ekstrudat sehingga

ekstrudat menjadi lebih padat serta mampu memenuhi wadah hingga penuh. Semakin banyaknya ekstrudat yang dibutuhkan untuk memenuhi suatu wadah akan memperkecil ruang kosong dalam wadah tersebut. Hal ini akan meningkatkan massa total ekstrudat sehingga berkontribusi pada peningkatan nilai *bulk density*. Hal ini didukung oleh Rinaldi, *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa penurunan rasio pengembangan radial memicu adanya peningkatan densitas mikrostruktur dari ekstrudat sehingga nilai *bulk density* juga meningkat. Hal ini juga nampak dari uji korelasi pada Tabel 5. yang menyatakan adanya hubungan yang berbanding terbalik antara ketiga densitas dengan rasio pengembangan radial.

Nilai *bulk density* pada ekstrudat tersebut hanya berkisar antara 0,036 hingga 0,106 g/cm³. Hasil ini sesuai dengan Lucas & Rooney(2001) yang menyatakan bahwa rendahnya nilai *bulk density* ini dikarenakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai *bulk density* adalah kadar amilosa pada bahan mentah. Hal ini didukung oleh Salunkhe & Deshpande (1991) yang menyatakan bahwa jagung merupakan bahan yang mengandung amilopektin lebih tinggi dibandingkan amilosa dengan perbandingan 75:25. Selain itu, kadar air dalam ekstrudat juga turut berpengaruh pada nilai *bulk density*. Hal ini karena peningkatan kadar air mampu membuat struktur dari amilopektin berubah sehingga terjadi penurunan elastisitas bahan. Hal ini memicu penurunan pengembangan ekstrudat sehingga *bulk density* meningkat (Gui, *et al.*, 2012). Akan tetapi, pada pengujian kadar air bahan menunjukkan data kadar air yang tidak terlalu jauh berbeda, yaitu berkisar antara 7 hingga 9%.

4.1.3. *Piece Density*

Piece density adalah suatu ukuran untuk mengetahui seluruh pengembangan secara volumetrik. Nilai *piece density* diperoleh dari rasio antara massa dan volume ekstrudat utuh. Selain dipengaruhi oleh karakteristik bahan mentah, kadar air dalam ekstrudat juga turut mempengaruhi nilai *piece density* (Karkle, *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil pengamatan, semakin meningkatnya penambahan konsentrasi wortel, akan memicu pula peningkatan nilai *piece density*. Nilai *piece density* terendah terdapat pada perlakuan kontrol yaitu $0,056 \pm 0,005$ g/cm³, sedangkan nilai *piece density* tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan wortel konsentrasi 20% yaitu $0,099 \pm 0,008$ g/cm³.

Hal ini didukung oleh teori Kaisangsri, *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa *piece density* berbanding terbalik dengan rasio pengembangan radial. Hal ini karena peningkatan konsentrasi wortel tentu akan meningkatkan kadar serat pada ekstrudat. Meningkatnya konsentrasi serat terutama serat tak larut membuat distribusi serat pada matriks pati tidak merata sehingga terjadi agregasi serat pada titik tertentu. Hal ini memicu putusnya matriks pati sehingga struktur dinding sel rusak dan pengembangan ekstrudat menurun. Penurunan pengembangan ekstrudat ini tentunya akan memicu peningkatan nilai *piece density*.

4.1.4. Solid Density

Solid density adalah massa jenis ekstrudat saat tidak berongga sehingga pengukuran dilakukan dengan menumbuk ekstrudat guna menghilangkan rongga udara dalam ekstrudat. Densitas ini dapat diukur menggunakan alat yang disebut *stereopycnometer* maupun dengan perhitungan rumus yang melibatkan rasio massa dengan volume ekstrudat yang ditumbuk (Bisharat, *et al.*, 2013). Berdasarkan hasil penelitian, nilai *solid density* semakin meningkat dengan adanya peningkatan konsentrasi wortel yang ditambahkan. Secara keseluruhan, hasil dari ketiga uji densitas sesuai dengan teori dari Bisharat, *et al.* (2013) yang meneliti efek dari penambahan sayuran kering berupa brokoli serta bubuk pasta zaitun. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai densitas seiring dengan peningkatan kandungan serat yang ditambahkan dalam ekstrudat. Hal ini karena serat tersebut dapat merusak dinding sel sehingga mencengah pengembangan radial. Hal inilah yang menjadi pemicu tingginya nilai densitas. Terlebih lagi, dari hasil tersebut pula dapat dilihat bahwa peningkatan saat konsentrasi wortel 5% belum mengakibatkan perubahan yang signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena nilai *solid density* tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik bahan mentah namun juga dipengaruhi oleh kadar air produk dan kondisi pemrosesan selama ekstrusi.

4.1.5. Porosity

Porosity didefinisikan sebagai distribusi ukuran pori yang terdapat dalam suatu bahan. Porositas dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut *mercury porosimeter*. Selain itu, nilai porositas juga dapat dihitung menggunakan rumus yang melibatkan

nilai dari *solid density* dan *piece density* (Bisharat, *et al.*, 2013). Pada uji *porosity* secara umum peningkatan wortel akan meningkatkan nilai *porosity*, namun pada penambahan wortel sebanyak 20% terjadi penurunan nilai porositas. Hal ini menyimpang dari Bisharat, *et al.* (2013) yang meneliti efek kondisi ekstrusi pada karakteristik struktural ekstrudat jagung yang diperkaya sayuran kering. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa penambahan brokoli kering pada ekstrudat mampu menurunkan nilai porositasnya. Hal ini berarti nilai porositas berlawanan dengan nilai densitas. Fenomena ini dapat terjadi dikarenakan serat yang terkandung dalam sayuran kering yang berada pada rongga dinding sel menghambat kemampuan pati untuk mengembang dan mengalami gelatinasi sehingga tercipta ekstrudat yang padat dengan nilai densitas yang tinggi dan porositasnya rendah. Ketidaksesuaian hasil dengan teori dapat terjadi karena ekstrudat yang digunakan untuk uji *solid density* berbeda dengan ekstrudat yang digunakan untuk uji *piece density*. Ekstrudat yang berbeda tersebut tentunya memiliki nilai porositas yang tidak mungkin sama. Selain itu, penyimpangan hasil berupa porositas yang semakin tinggi seiring dengan penambahan konsentrasi wortel dapat terjadi karena tingginya suhu selama proses ekstrusi memungkinkan granula pati rusak, membentuk massa yang elastis, sehingga mengurangi viskositas bahan. Kemudian matriks tersebut menangkap gas yang dilepas selama pengembangan ekstrudat sehingga struktur yang terbentuk tidak terlalu padat. Hal inilah yang memicu tingginya nilai porositas. Terlebih lagi, tingginya porositas juga dimungkinkan karena meningkatnya kecepatan ulir akan meningkatkan tekanan dalam ekstruder. Ketika bahan diekstrusi dan keluar melalui *die*, tekanan mendadak turun sehingga terbentuk uap air yang akan meningkatkan nilai porositas (Bisharat, *et al.*, 2013).

Nilai porositas berdampak pada analisa tekstural ekstrudat yang meliputi *hardness* dan *crispness*. Semakin tinggi wortel yang ditambahkan akan meningkatkan nilai *hardness*, namun menurunkan nilai *crispness* dan *porosity*. Hal ini karena wortel mengandung serat tak larut yang akan membuat distribusi serat dalam matriks pati tidak merata dan rasio pengembangan radial berkurang. Akibatnya ekstrudat menjadi lebih padat, dinding selnya menebal, serta pori-pori atau rongga udara yang terbentuk semakin kecil (Kaisangsri, *et al.*, 2016). Sehingga dapat disimpulkan bahwa porositas berbanding terbalik dengan *hardness*, namun berbanding lurus dengan nilai *crispness*.

4.1.6. Warna

Warna tergolong salah satu karakteristik yang penting. Hal ini karena warna dapat menjadi penentu penerimaan konsumen terhadap suatu produk. Oleh sebab itu, pengukuran warna dengan *chromameter* penting untuk dilakukan saat akan mengembangkan produk pangan baru yang dimodifikasi. Faktor utama yang mempengaruhi warna adalah bahan mentah dari ekstrudat serta reaksi kimia yang terjadi selama proses ekstrusi (Patil, *et al.*, 2005). Parameter warna ditunjukkan melalui variabel L, a*, dan b*. Jika nilai L (*lightness*) adalah positif maka sampel berwarna terang, sedangkan apabila negatif maka sampel berwarna gelap. Apabila nilai a* bernilai positif maka sampel cenderung berwarna merah, sedangkan apabila bernilai negatif maka warna sampel cenderung hijau. Selanjutnya apabila nilai b* bernilai positif maka sampel cenderung berwarna kuning, sedangkan apabila berwarna negatif maka sampel akan cenderung berwarna biru (Lebesi & Tzia, 2009).

Pada analisa warna diperoleh penurunan nilai L antar perlakuan seiring dengan penambahan konsentrasi wortel. Hal ini sesuai dengan Gui, *et al.* (2012) yang meneliti efek dari berbagai kondisi ekstrusi terhadap ekstrudat ginseng merah. Penelitian tersebut berfokus pada berbagai variabel kondisi ekstrusi berupa kandungan pada bahan, kecepatan perputaran ulir, serta suhu ekstruder. Melalui penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa semakin meningkatnya suhu ekstrusi serta kecepatan ulir akan menyebabkan warna ekstrudat yang dihasilkan semakin gelap. Hal ini juga dibuktikan dari hasil uji suhu yang telah dilakukan menggunakan termometer *infrared* yang menunjukkan peningkatan seiring dengan lamanya proses ekstrusi. Suhu yang terukur selama penelitian ini berkisar antara 100-140°C. Gui, *et al.* (2012) juga menambahkan bahwa perubahan warna yang semakin gelap juga dipicu oleh dua faktor yaitu lamanya proses ekstrusi sehingga suhu mesin ekstruder semakin tinggi serta adanya penambahan ginseng merah yang sama halnya dengan penambahan wortel kering yang akan menambah kandungan protein pada ekstrudat. Adanya protein serta suhu tinggi memicu rusaknya pigmen yang sensitif terhadap panas serta menstimulasi terjadinya pencoklatan non enzimatis (reaksi *Maillard*) yang terjadi antara gula pereduksi dengan asam amino. Pada nilai a* dihasilkan nilai minus yang bervariasi yaitu antara -2,55 hingga -1,36. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrudat yang terbentuk cenderung berwarna

hijau. Ditinjau dari nilai b^* , penambahan wortel menunjukkan warna yang semakin kuning. Gui, *et al.* (2012) menyatakan pula bahwa nilai a^* dan b^* juga bergantung pada suhu ekstruder, kadar air, serta kecepatan ulir. Kondisi selama proses ekstrusi yang melibatkan suhu tinggi akan memicu reaksi yang terjadi pada gula preduksi dan asam amino sehingga terbentuklah senyawa yang berwarna. Terlebih lagi, warna kuning yang dihasilkan juga disebabkan karena adanya betakaroten yang terkandung dalam wortel. Betakaroten merupakan pigmen yang memberi warna kuning hingga oranye tergantung konsentrasi yang ditambahkan (Potter & Hotchkiss, 1995). Hal ini diperkuat juga oleh Kaisangsri, *et al.* (2016), yang menyatakan bahwa wortel kering mengandung betakaroten sekitar 9 hingga 11 mg/100 gram bahan. Warna kuning yang terbentuk pada ekstrudat tersebut juga dikarenakan penggunaan bahan mentah berupa jagung. Potter & Hotchkiss (1995) menyatakan pula bahwa jagung mengandung karotenoid yang merupakan pro-vitamin A dalam bentuk *xanthophyll* yang berwarna kuning-oranye.

4.1.7. Karakteristik Tekstural

Karakteristik tekstural merupakan salah satu sifat fisik yang penting terutama bagi makanan yang tergolong *ready to eat*. Faktor yang menjadi penentu utama dalam karakteristik ini adalah komposisi bahan mentah serta kadar air dalam bahan. Analisa tekstural yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji *hardness* dan *crispness*. *Hardness* merupakan suatu uji yang digunakan untuk mengetahui gaya yang dibutuhkan untuk menekan suatu material hingga patah (Patil, *et al.*, 2005). Pada penelitian ini, nilai *hardness* yang dihasilkan dari ekstrudat jagung yang ditambah dengan berbagai konsentrasi wortel berkisar antara 906,13 hingga 3088,4 gf. Nilai *hardness* dari produk ekstrudat tidak terlalu tinggi apabila dibandingkan dengan nilai *hardness* dari produk *ready to eat* lainnya, seperti *cheetos* dan *twistko*. Hal ini karena menurut Patil, *et al.* (2005) produk ekstrudat bersifat sangat higroskopis sehingga teksturnya dipengaruhi oleh kelembaban udara sekitar. Pada uji tersebut pula diperoleh hasil bahwa semakin banyak konsentrasi wortel yang dihasilkan akan memicu tingginya nilai *hardness*. Hal ini sesuai dengan Kaisangsri, *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa wortel mengandung serat tak larut. Semakin tinggi serat tak larut yang terkandung akan membuat distribusi serat dalam matriks pati tidak merata sehingga memicu agregasi serat dan dinding sel pecah. Akibatnya hal ini membuat rasio pengembangan radial berkurang sehingga

ekstrudat menjadi lebih padat serta pori-pori yang terbentuk semakin kecil. Beliau juga menambahkan bahwa peningkatan nilai *hardness* juga dikarenakan serat tergolong *filler material* yang dapat mengisi ruang didalam pori-pori ekstrudat.

Uji *crispness* dapat dianalisa dari suara yang dihasilkan saat suatu material dipatahkan. Suara ini sangat berhubungan dengan proses rusaknya sel (Cueto, *et al.*, 2015). Selain melalui sensori, nilai *crispness* juga dapat diketahui dari *peak* yang terbentuk saat pengujian sampel dengan *texture analyzer*. Pada analisa *crispness* menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi wortel yang ditambahkan akan menurunkan nilai dari *crispness* tersebut. Hasil uji ini sesuai dengan Karkle, *et al.* (2012) yang meneliti tentang karakteristik selular serta mekanis ekstrudat jagung yang diberi penambahan apel. Pada uji tersebut apel serupa dengan wortel kering yang kaya akan kandungan serat. Pada penelitian tersebut melaporkan bahwa ekstrudat tanpa penambahan apel menghasilkan pengembangan radial yang maksimal serta memiliki distribusi sel yang heterogen. Hal ini menyebabkan ekstrudat tersebut sensitif terhadap adanya tekanan sehingga nilai *hardness* yang dihasilkan rendah. Hal ini tidak lepas dari banyaknya sel yang rusak saat ditempa tekanan karena sel yang lebih lemah akan lebih mudah rusak dan menghasilkan nilai *crispness* yang tinggi. Seiring dengan penambahan serat pada ekstrudat, membuat distribusi ukuran sel homogen. Dinding sel yang tidak terlalu mengembang memiliki kesamaan kekuatan dalam menahan gaya sehingga nilai *hardness* tinggi namun *crispness* yang terbentuk sedikit. Hubungan yang berbanding terbalik antara *hardness* dengan *crispness* juga tampak pada uji korelasi di Tabel 5. Pada penelitian itu juga disebutkan bahwa tiap *peak* yang terbentuk mewakili kegagalan massa sel atau patahnya sampel pada bagian tertentu.

4.2.Karakteristik Kimia

4.2.1. Betakaroten

Karotenoid merupakan pigmen yang berkontribusi memberi warna kuning hingga oranye. Karotenoid didefinisikan sebagai prekursor vitamin A yang berbentuk rantai alifatik yang terdiri atas 18 atom karbon serta ikatan rangkap gabungan dari hidrokarbon karotenoid disebut karoten. Turunan oksigenasi dari karotenoid adalah *xantophyll*. Betakaroten bersifat larut dalam lemak namun tidak larut dalam air. Stabilitas

betakaroten sangat mudah rusak oleh oksidasi karena udara, suhu tinggi, logam tertentu, serta lama waktu penyimpanan (Ball, 2006). Pada uji betakaroten terlebih dahulu dilakukan uji pada wortel segar yaitu sebesar 4,517 mg/100g dan wortel kering yaitu sebesar 14,360 mg/100g. Kandungan betakaroten pada wortel kering lebih tinggi dibandingkan pada wortel segar. Hal ini sesuai dengan Ball (2006) yang menyatakan bahwa proses *blanching* serta proses pemasakan dapat menyebabkan denaturasi protein yang terikat dalam karoten. Hal ini membuat karoten terlepas sehingga mudah terekstrak. Terlebih lagi, adanya perlakuan *blanching* saat pengeringan wortel mampu menginaktivasi enzim lipoksigenasi serta peroksidase yang berkontribusi dalam rusaknya karoten. Pada penelitian ini pula diperoleh kadar betakaroten pada biji jagung sebesar 0,150 mg/100g. Hal ini sesuai dengan Potter & Hotchkiss (1995) menyatakan bahwa jagung mengandung karotenoid yang merupakan pro-vitamin A dalam bentuk *xanthophyll*. Kandungan karotenoid pada bahan tersebut tergantung dari varietas, pendistribusian karotenoid, tingkat kematangan, penanganan pasca panen, iklim, pemrosesan dan penyimpanan (Ball, 2006).

Pada analisa betakaroten ekstrudat, peningkatan konsentrasi wortel meningkatkan kandungan betakaroten ekstrudat antar perlakuan. Kandungan betakaroten tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan wortel 20% yaitu $0,907 \pm 0,045$ mg/100g, sedangkan kandungan terendah terdapat pada perlakuan kontrol yaitu $0,106 \pm 0,005$ mg/100g. Betakaroten yang terkandung pada ekstrudat tidak sebanyak betakaroten yang terkandung pada bahan mentah. Hal ini didukung oleh Ball (2006) yang menyatakan bahwa pemrosesan dengan suhu yang terlalu tinggi terutama pada saat berada di mesin ekstruder membuat sebagian betakaroten pada bahan hilang. Hal ini karena panas dan oksigen membentuk *cis* isomer dan epoksi karotenoid. Hilangnya betakaroten juga dapat disebabkan karena suhu selama ekstrusi menyebabkan larutnya beberapa karoten karena jaringan lemak terlepas sebagai akibat dari pecahnya struktur sel. Meskipun sebagian betakaroten hilang, namun tetap ada betakaroten yang tersisa dalam ekstrudat. Hal ini karena wortel terdispersi dalam matriks pati dan pati tersebut melindungi dari degradasi akibat suhu tinggi. Dengan kata lain, pati mengenkapsulasi betakaroten agar tidak rusak (Kaisangsri, *et al.*, 2016).

Satuan untuk vitamin A yang telah disepakati dan umum digunakan adalah dalam bentuk RE (*Retinol Equivalent*). Aktivitas retinol untuk betakaroten umumnya dinyatakan dengan perbandingan 12:1 dan 24:1 dengan pro-vitamin A lainnya. Panduan konversi vitamin A dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Konversi Vitamin A

<i>Retinol Equivalent (RE)</i>	<i>Retinol Activity Equivalent (RAE)</i>
<i>1 retinol equivalent (μg RE)</i>	<i>1 retinol activity equivalent (μg RAE)</i>
= 1 μg of all-trans-retinol	= 1 μg of all-trans-retinol
= 6 μg of dietary all-trans-β-carotene	= 12 μg of dietary all-trans-β-carotene
= 12 μg of other dietary provitamin A carotenoids	= 24 μg of other dietary provitamin A carotenoids

(Ball, 2006).

Berdasarkan Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes(2002) anak berusia sekitar 9 hingga 13 tahun membutuhkan vitamin A kurang lebih 600 μg RAE/hari. Berdasarkan tabel konversi, 600 μg RAE/hari setara dengan 7200 μg betakaroten. Ekstrudat dengan penambahan wortel 10% mengandung 0,333 mg betakaroten yang setara dengan 333 μg betakaroten. Hal ini berarti ekstrudat dengan penambahan wortel 10% mampu memenuhi sekitar 4,6% dari kebutuhan vitamin A sehari-hari. Pada penelitian ini pula telah dilakukan uji betakaroten terhadap produk komersial berupa *snack twistko*. Nilai betakaroten yang diperoleh adalah sekitar 0,466 mg betakaroten yang setara dengan 466 μg betakaroten. Hal ini berarti *snack twistko* mampu memenuhi sekitar 6,47% dari kebutuhan vitamin A yang mana nilainya tidak terlalu berbeda jauh dengan produk ekstrudat dengan penambahan wortel kering sebanyak 10%.

4.2.2. Serat Pangan

Serat pangan merupakan sekumpulan jaringan tumbuhan yang bervariasi yang memiliki karakteristik tidak dapat dicerna oleh usus halus. *Total Dietary Fiber (TDF)* merupakan gabungan dari serat pangan larut dan serat pangan tak larut. Serat pangan larut terdiri atas pektin, *gums*, dan getah di beberapa buah-buahan serta sereal. Serat tidak larut terdiri atas selulosa, lignin, serta hemiselulosa yang banyak terdapat pada sayuran,

gandum, dan padi. Sebagian besar serat pangan yang sering ditemukan adalah serat pangan yang tergolong tidak larut (Cho & Dreher, 2001).

Pada uji serat pangan, terlebih dahulu dilakukan uji terhadap serat di bahan mentah berupa wortel kering. Kadar serat pangan pada wortel kering yaitu sebesar 85,145%. Hal ini sesuai dengan Kaisangsri, *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa wortel kering kaya akan *total dietary fiber*. Serat pangan yang dominan pada wortel kering tersebut adalah serat pangan tak larut. Serat pangan yang tak larut bermanfaat bagi tubuh dalam mengurangi resiko jantung koroner, *stroke*, kanker usus, tekanan darah tinggi, dan obesitas

Pada uji serat pangan ekstrudat diperoleh hasil yang fluktuatif antar perlakuannya. Hal ini menyimpang karena seharusnya semakin banyak wortel yang ditambahkan akan meningkatkan kandungan serat dalam ekstrudat. Penyimpangan ini terjadi karena meskipun metode analisa secara non-enzimatik sederhana dan tidak membutuhkan biaya tinggi, akan tetapi metode ini memiliki kelemahan berupa hanya bisa akurat digunakan untuk menguji bahan yang mengandung sedikit (kurang dari 2%) pati atau bahkan tidak mengandung pati sama sekali (Knudse, *et al.*, 1997). Bila dibandingkan dengan wortel kering, kandungan serat pangan pada ekstrudat sedikit lebih rendah. Hal ini sesuai dengan Stojceska, *et al.* (2008) yang meneliti karakteristik ekstrudat dengan penambahan kembang kol kering berbagai konsentrasi. Pada penelitian tersebut dikemukakan bahwa semakin tinggi konsentrasi kembang kol yang ditambahkan akan semakin meningkatkan nilai kandungan serat pada ekstrudat tersebut. Hal ini dapat terjadi karena adanya pembentukan pati yang resisten akibat peran serat. Terlebih lagi, beliau juga mengungkapkan bahwa pada produk ekstrudat, terjadi konversi serat tidak larut menjadi serat larut sehingga kandungan serat pada ekstrudat berkurang bila dibandingkan dengan kandungan serat pada bahan mentah. Berdasarkan data penelitian, serat pangan yang terkandung dalam ekstrudat tersebut cukup untuk memenuhi angka kebutuhan serat pangan. Hal ini didukung oleh Cho & Dreher (2001) yang menyatakan bahwa konsumsi serat pangan yang dibutuhkan sehari-harinya adalah sebanyak 20-35 gram.

4.2.3. Kombinasi Terbaik

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa penambahan wortel memang memberi nilai tambah pada produk ekstrudat baik dari sisi kandungan betakaroten maupun kandungan serat pangannya. Akan tetapi tidak dapat dipungkiri apabila penambahan wortel tersebut juga mengubah sifat fisik ekstrudat sebagai konsekuensinya. Pada penelitian ini pula terlebih dahulu dilakukan uji tekstur pada produk ekstrudat komersial yang beredar di pasaran seperti *twistko* dan menghasilkan nilai *hardness* sekitar 1400 gf dengan *crispness* sebanyak ± 7 *peak*. Berdasarkan dari perbandingan itu, maka dapat dikatakan bahwa penambahan wortel sebanyak 10% merupakan kombinasi terbaik. Hal ini karena pada perlakuan ini dihasilkan sifat fisik terutama *hardness* dan *crispness* yang tidak terlalu berbeda jauh dengan produk komersial dengan rasio pengembangan yang baik. Terlebih lagi, perlakuan penambahan wortel 10% menghasilkan nilai betakaroten yang cukup tinggi.

