

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki beragam jenis tanaman yang menjadi sumber karbohidrat, seperti beras, jagung, sorgum, sagu dan umbi-umbian. Namun, tingkat konsumsi sumber pangan non beras lebih rendah dibandingkan dengan konsumsi beras (Noviasari *et al.*, 2017^a). Menurut Badan Pusat Statistik (2020) rata-rata konsumsi beras per kapita seminggu tahun 2019 sebesar 1,504 kg, sedangkan konsumsi jagung sebesar 0,039 kg dan ketela pohon sebesar 0,084 kg. Pada umumnya, komoditas non beras kurang dimanfaatkan karena mayoritas masyarakat Indonesia menganggap beras sebagai sumber karbohidrat paling penting (Nuryani, 2013). Konsumsi beras berlebih dapat menyebabkan obesitas karena mengandung karbohidrat yang tinggi (79,8%), namun rendah serat (0,6%) (Ohtsubo *et al.*, 2005).

Perkembangan teknologi pengolahan pangan menyebabkan terjadinya perubahan pola konsumsi masyarakat khususnya perkotaan. Pola konsumsi makanan tradisional yang banyak mengandung karbohidrat dan serat seperti jagung dan umbi-umbian, kini bergeser menjadi pola konsumsi makanan modern dengan tinggi karbohidrat, protein dan lemak tetapi rendah serat seperti nasi, mie, dan *junk food*. Pola makan modern tersebut dapat meningkatkan prevalensi diabetes melitus tipe 2 dan obesitas di Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan cadangan pangan yang dapat membantu menekan prevalensi obesitas, salah satunya makanan yang mengandung tinggi serat dan rendah karbohidrat seperti beras analog (Hartanti & Mulyati, 2018).

Obesitas terjadi akibat penimbunan lemak tubuh yang berlebihan ditandai dengan peningkatan massa jaringan adiposa karena energi yang masuk melebihi energi yang dikeluarkan, sehingga terjadi akumulasi dalam bentuk lemak (Cahyaningrum, 2015). Menurut laporan hasil Riskesdas (2018) penduduk Indonesia umur >18 tahun terus mengalami peningkatan, mulai tahun 2013 sebanyak 14,8 % dan pada 2018 sebanyak 21,8 %. Akumulasi jaringan lemak pada penderita obesitas khususnya obeistas sentral yang menghasilkan asam lemak bebas secara berlebihan dapat mengakibatkan perpindahan asam lemak menuju hati melalui vena porta. Kelebihan asam lemak bebas

pada hati menyebabkan produksi sitokin inflamasi seperti TNF- α dan IL-6 yang dapat mengganggu pensinyalan insulin sehingga memicu terjadinya resistensi insulin sebagai faktor terjadinya diabetes mellitus tipe 2 (Paleva, 2019).

Diabetes melitus tipe 2 merupakan penyakit gangguan metabolik yang ditandai dengan kenaikan gula darah akibat penurunan sekresi insulin atau gangguan fungsi insulin (resistensi insulin) (Fatimah, 2015). Laporan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) (2018) menunjukkan bahwa prevalensi diabetes melitus di masing-masing provinsi Indonesia dari penduduk umur ≥ 15 tahun pada tahun 2013 mencapai 1,5% dan pada 2018 meningkat menjadi 2%. Oleh karena itu, dibutuhkan cadangan pangan yang dapat membantu menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2, seperti mengkonsumsi makanan yang rendah karbohidrat dan tinggi serat (Hartanti & Mulyati, 2018).

Mengkonsumsi makanan rendah karbohidrat artinya mengurangi jumlah karbohidrat yang dikonsumsi. Makanan yang rendah karbohidrat (<45% total energi) dapat mengurangi jumlah energi dan asupan glukosa yang masuk ke dalam peredaran darah (Immawati & Wirawanni, 2014). Makanan tinggi serat (6 gram/100 g makanan dalam bentuk padat) dapat mencegah konsumsi makanan yang berlebihan karena serat dapat mengurangi laju pengosongan lambung dan menurunkan indeks glikemik sehingga dapat mencegah konsumsi makanan yang berlebihan. Indeks glikemik merupakan nilai yang menggambarkan peningkatan kadar gula darah setelah mengkonsumsi makanan. Indeks glikemik rendah karena karbohidrat yang dicerna lambat, sebaliknya karbohidrat yang dicerna cepat maka indeks glikemiknya tinggi (Kurniawati *et al.*, 2016).

Beras analog merupakan produk olahan berbentuk beras sosoh. Bahan baku yang digunakan beras analog berupa tepung komposit atau campuran tepung yang berasal dari sereal, umbi-umbian dan kacang-kacangan, seperti tepung jagung, mocaf, tepung kacang kedelai dan tepung kacang merah. Beras analog umumnya diproduksi dengan metode ekstrusi. Beras analog yang memiliki bentuk menyerupai beras sosoh dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti beras karena masyarakat Indonesia menganggap beras sebagai makanan pokok penting dan adanya anggapan jika belum makan nasi dianggap belum makan atau dinilai memiliki nilai sosial yang rendah. Selain itu, beras

analog memiliki keunggulan, yaitu formulasi beras analog dapat diformulasikan sesuai dengan keinginan seperti beras analog dengan serat yang tinggi untuk penderita diabetes melitus tipe 2. (Noviasari *et al.*, 2017^a).

Penelitian beras analog untuk pengendali kegemukan sudah dilakukan oleh Sukamto *et al.* (2018) tetapi tidak mengulas lebih dalam tentang beras analog yang dapat mengendalikan kegemukan. Penelitian beras analog dengan indeks glikemik rendah sudah banyak diteliti dan dipublikasikan seperti yang diteliti oleh Budijanto *et al.*, 2017; Kurniawati *et al.*, 2016; Noviasari *et al.*, 2015 tetapi hanya membahas perbandingan indeks glikemik antar formulasi. *Review* tentang beras analog berbasis bahan pangan non beras telah dilakukan oleh Noviasari *et al.* (2017^a) yang mengulas tentang indeks glikemik. Penelitian dan *review* tentang beras analog tersebut masih memerlukan penjelasan lebih dalam tentang beras analog dapat menekan prevalensi obesitas dan indeks glikemik rendah pada beras analog dapat membantu pasien penderita diabetes melitus.

Oleh karena itu, pada studi literatur ini akan fokus membahas tentang beras analog yang rendah karbohidrat dan tinggi serat dapat membantu menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2. Fokus pembahasan pada karbohidrat karena beras analog merupakan pangan alternatif yang dapat menggantikan beras sebagai sumber karbohidrat dan karbohidrat berkaitan dengan indeks glikemik. Fokus pembahasan pada serat karena serat memiliki manfaat yang baik bagi kesehatan tubuh.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka identifikasi masalah yang diperoleh adalah:

1. Apa bahan-bahan yang pernah digunakan dalam formulasi beras analog?
2. Berdasarkan kadar karbohidrat, beras analog mana yang efektif untuk menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2, serta apa faktor yang mempengaruhi pemilihan beras analog?

3. Berdasarkan kadar serat pangan, beras analog mana yang efektif untuk menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2, serta apa faktor yang mempengaruhi pemilihan beras analog?
4. Beras analog mana yang paling efektif untuk menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2?

1.3. Tujuan Review

Tujuan *review* ini untuk memetakan beras analog berbeda bahan yang rendah karbohidrat dan tinggi serat terhadap keefektifan dalam penekanan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Obesitas

Obesitas merupakan suatu keadaan seseorang yang memiliki berat badan melebihi berat badan relatif seseorang akibat dari penumpukan kalori dari karbohidrat, protein, dan lemak. Penderita obesitas memiliki resiko penyakit degeneratif, seperti hipertensi, diabetes, dan jantung koroner (Nadimin *et al.*, 2015). Faktor-kator yang menyebabkan terjadinya obesitas, yaitu:

- Faktor genetik, obesitas dapat diturunkan dari generasi sebelumnya ke generasi berikutnya. Apabila kedua orang tua obesitas maka kemungkinan 80% anaknya akan menjadi obesitas. Faktor genetik dapat menentukan jumlah unsur sel lemak dalam tubuh seseorang, sebagai contoh ibu hamil yang mengalami obesitas maka unsur sel lemak yang berjumlah besar dan melebihi ukuran normal akan otomatis diturunkan kepada bayi selama dalam kandungan (Nurchahyo, 2011).
- Faktor lingkungan terdiri dari aktivitas fisik dan gizi. Asupan gizi dari karbohidrat dan lemak menghasilkan kalori yang tinggi. Kalori yang tidak digunakan akan disimpan dalam bentuk lemak dalam tubuh. Kurangnya aktifitas fisik merupakan salah satu penyebab utama dari peningkatan prevalensi obesitas (Nurchahyo, 2011).
- Faktor sosial ekonomi dan gaya hidup yang berubah modern beresiko menimbulkan obesitas. Contoh perubahan yang terjadi yaitu berangkat sekolah dan pergi bekerja

menggunakan kendaraan dan lebih menyukai bermain *hand phone* atau komputer dibandingkan berinteraksi dengan sesama. Selain itu, ketersediaan makanan *junk food* (makanan cepat saji) yang mudah didapat dan harganya terjangkau menyebabkan resiko obesitas menjadi lebih tinggi (Nurcahyo, 2011).

Obesitas tipe sentral merupakan jenis obesitas karena adanya kelebihan lemak pada perut atau lemak perut. Obesitas sentral lebih memiliki resiko munculnya penyakit seperti diabetes melitus tipe 2. Adiposit yang mengalami hipertrofi (adiposit membesar) akan menyebabkan asam lemak bebas berlebihan. Asam lemak yang berlebihan menyebabkan peningkatan jumlah perpindahan menuju ke hati melalui vena porta. Selain itu, adiposit yang mengalami hipertrofi terus-menerus akan mengalami kematian sel adiposit akibatnya terjadi produksi sitokin proinflamasi (protein yang berperan mengirimkan sinyal akibat inflamasi) seperti *Tumor Necrosis Factor (TNF)- α* dan *Interleukin (IL)-6*. Sitokin proinflamasi dapat mengganggu kerja insulin dengan menghambat pemberian sinyal *Insulin Reseptor Substrat (IRS)* dan *Phosphatidylinositol 3 – kinase (PI3K)* sehingga translokasi transporter glukosa 4 (GLUT4) ke permukaan sel terhambat. Terhambatnya GLUT4 ke permukaan sel maka kadar glukosa dalam darah akan meningkat, dalam jangka waktu tertentu berkembang menjadi diabetes melitus (Paleva, 2019).

Pencegahan obesitas dapat dilakukan, salah satunya adalah diet. Diet dilakukan dengan mengurangi porsi makan atau membatasi konsumsi makanan padat energi seperti *junk food*. Makanan yang berserat seperti singkong, jagung, dan kacang-kacangan bermanfaat dalam proses penurunan berat badan. Tujuan dilakukan diet yaitu mengurangi asupan energi sehingga terjadi penurunan berat badan, mencapai status gizi yang sesuai, dan mencapai indeks massa tubuh (IMT) normal (Nurcahyo, 2011).

1.4.2. Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 merupakan salah satu klasifikasi penyakit diabetes terbanyak (sebesar 90-95%) dari keseluruhan jumlah penyakit diabetes melitus. Diabetes melitus tipe 2 terjadi karena resistensi insulin, kerusakan insulin, defisiensi produksi insulin, atau gangguan kerja insulin. Penderita diabetes melitus tipe 2 umumnya mengalami obesitas,

namun dapat pula dialami oleh seseorang yang tidak mengalami obesitas. Apabila diabetes melitus tipe 2 tidak segera ditangani maka akan menjadi komplikasi diabetes. Salah satu contoh penanganan penyakit diabetes melitus tipe 2 dapat dilakukan dengan cara terapi gizi medis. Tujuan terapi gizi medis pada individu penderita diabetes melitus tipe 2 adalah membantu menjaga kadar glukosa normal, mencegah komplikasi diabetes, dan menyediakan kalori yang cukup untuk menjaga berat badan tetap terkontrol (Noermalawati & Wirjatmadi, 2014).

Makanan dengan indeks glikemik tinggi seperti nasi putih, mie, roti dan makaroni (makanan padat energi) akan meningkatkan kadar gula darah dengan cepat. Pengetahuan indeks glikemik pada bahan makanan dapat membantu pasien penderita obesitas dalam memilih makanan dengan indeks glikemik rendah seperti ubi dan beras merah. Makanan yang mengandung indeks glikemik tinggi dapat meningkatkan resistensi insulin dan penurunan kerja pankreas dalam memproduksi insulin. Mengonsumsi makanan tinggi serat pada individu penderita diabetes juga dibutuhkan untuk mengontrol kadar gula darah agar tetap normal (Bertalina & Anindyati, 2016).

1.4.3. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan salah satu zat gizi yang berfungsi sebagai sumber energi utama bagi tubuh manusia. Satu gram karbohidrat dapat menghasilkan energi 4 kkal (Ariyadi & Anggraini, 2010). Konsumsi karbohidrat yang tinggi dapat meningkatkan simpanan glikogen pada tubuh dan semakin tinggi simpanan glikogen maka semakin banyak pula aktivitas yang dapat dilakukan. Kelebihan karbohidrat dalam tubuh dapat diubah menjadi lemak di dalam hati (Nurfadillah, 2019). Afandi *et al.* (2019) mengatakan bahwa bahan pangan tinggi karbohidrat mengandung karbohidrat diatas 50% berat kering. Karbohidrat dapat berasal dari berbagai macam sumber contohnya seperti pada padi-padian atau serelia, umbi-umbian, kacang-kacangan dan gula. Contoh umbi-umbian yang memiliki kadar karbohidrat yang tinggi adalah ubi kelapa (*Dioscorea alata* L.), ganyong (*Canna edulis* Ker.), suweg (*Amorphophallus campanulatus*), keladi (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), talas (*Xanthosoma sagittifolium* L.), garut/irut (*Maranta arundinacea* L.), gembili (*Dioscorea esculenta* L.) (Sibuea, 2014).

Komponen utama pembentuk karbohidrat adalah unsur Karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Secara umum karbohidrat terdiri atas 3 jenis yaitu monosakarida, disakarida, dan oligosakarida (Siregar, 2014).

- Monosakarida adalah karbohidrat yang paling sederhana dan tidak bisa diuraikan lagi, contoh dari monosakarida adalah glukosa, galaktosa, dan fruktosa (Syafura, 2016).
- Disakarida adalah jenis karbohidrat yang terbentuk dari ikatan glikosida dari gugus C 1 monosakarida ke suatu gugus OH dari monosakarida lain, contoh dari disakarida adalah sukrosa (glukosa+fruktosa), laktosa (glukosa+galaktosa), dan maltose (glukosa+glukosa) (Syafura, 2016).
- Oligosakarida adalah karbohidrat yang tersusun dari dua sampai sepuluh susunan monosakarida contohnya adalah maltotriosa. Selain ketiga jenis tersebut, terdapat juga polisakarida yaitu karbohidrat yang tersusun dari sepuluh monosakarida contohnya adalah pati (Syafura, 2016).

Pati resisten adalah komponen pati yang tahan terhadap hidrolisis asam lambung dan tidak dapat dicerna enzim α -amilase yang dihasilkan oleh kelenjar pankreas. Pati resisten terbentuk melalui gelatinasi dan retrogradasi pati. Nilai kalori yang dihasilkan pati resisten rendah, yaitu 11,7 kJ/g setara dengan 1,9 Kkal/g. Proses gelatinasi menyebabkan granula pati membengkak dan *irreversible*. Pati tergelatinasi akan mengalami retrogradasi dengan cara menurunkan suhu dan mengkristal kembali. Retrogradasi merupakan penggabungan kembali molekul-molekul pati untuk membentuk struktur baru yang lebih kompleks dan sulit dicerna oleh enzim pencernaan. Molekul amilosa lebih cepat mengalami retrogradasi karena lebih cepat mempengaruhi pembentukan gel (Setiarto *et al.*, 2015). Rantai lurus amilosa yang membentuk kristal tahan terhadap enzim α -amilase sehingga menurunkan respon glukosa dalam darah (Wahjuningsih, 2019).

1.4.4. Serat

Serat dalam makanan atau serat pangan (*dietary fiber*) merupakan bagian dari karbohidrat yang resisten terhadap pencernaan di lambung dan usus halus tetapi terjadi metabolisme pada kolon karena adanya bakteri yang memecah serat tersebut (Kusharto, 2006). Berdasarkan kelarutannya serat dibedakan menjadi dua, yaitu serat larut air dan serat tidak

larut air. Komponen serat larut air yaitu pektin, gum dan mucilages, sedangkan yang tidak larut air yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serat pangan dapat diperoleh dari sayur-sayuran, buah-buahan, sereal, umbi-umbian, dan kacang-kacangan (Dhingra *et al.*, 2012).

Serat memiliki manfaat kesehatan antara lain dapat menghambat penyerapan glukosa, meningkatkan kepadatan feses, mencegah kanker usus besar, sebagai pelindung sistem pencernaan, dan meningkatkan pergerakan dari usus (Yustika, 2018). Serat merupakan komponen penyusun diet manusia yang sangat penting, dengan adanya serat, maka penyerapan karbohidrat, lemak, dan protein menjadi berkurang. Serat memberikan rasa kenyang cukup lama, jika hal ini dilakukan secara teratur dan berkesinambungan, maka kegemukan dapat dihindari (Menteri Kesehatan RI, 2017). Asupan serat pangan bagi orang dewasa adalah 22-37 g/hari (Menteri Kesehatan RI, 2019). Konsumsi serat yang berlebihan (melebihi rekomendasi asupan serat) dapat memberikan pengaruh yang merugikan bagi tubuh, yaitu mengurangi absorpsi zat gizi sehingga kekurangan beberapa zat gizi seperti vitamin larut dalam lemak (terutama vitamin D dan E) dan kekurangan mineral sehingga meningkatkan resiko osteoporosis pada usia lanjut, serta menyebabkan flatulensi karena hasil dari fermentasi serat pada usus besar menghasilkan gas (Santoso, 2011).

1.4.5. Asupan Makanan Rendah Karbohidrat dan Tinggi Serat Untuk Menekan Obesitas dan Diabetes Melitus Tipe 2

Kosensus Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI) (2015) merekomendasikan konsumsi karbohidrat untuk penderita diabetes melitus tipe 2 sebesar 45-65% total asupan energi. Terutama makanan dengan karbohidrat yang berserat tinggi. Pembatasan karbohidrat <130 g/hari (<26% total asupan energi) tidak dianjurkan karena beberapa jaringan dan sel tertentu seperti susunan saraf pusat dan eritrosit membutuhkan glukosa sebagai energi. Konsumsi karbohidrat termasuk kategori rendah apabila <45%, kategori cukup antara 45% sampai 65%, dan kategori tinggi apabila >65% (Immawati & Wirawanni, 2014).

Asupan karbohidrat tinggi meningkatkan jumlah glukosa yang masuk tubuh dan menghasilkan piruvat dan asetil-KoA yang tinggi pula sehingga meningkatkan pembentukan asam lemak. Asam-asam lemak mengalami esterifikasi dengan triosefosfat yang dihasilkan dari glikolisis menjadi trigliserida sehingga kadar trigliserida tinggi. Trigliserida yang berlebih disimpan dalam bentuk lemak dibawah kulit dan jangka waktu panjang dapat menyebabkan peningkatan indeks massa tubuh sebagai indikator terjadinya obesitas. (Hidayati *et al.*, 2006).

Konsumsi makanan rendah karbohidrat mengurangi jumlah glukosa masuk ke dalam peredaran darah sehingga dapat meningkatkan sensitivitas insulin, serta mengurangi pembentukan trigliserida yang dapat meningkatkan indeks massa tubuh. Selain itu, karbohidrat dengan respon glikemik yang rendah diperlukan untuk memperlambat penyerapan glukosa ke dalam peredaran darah (Immawati & Wirawanni, 2014). Karbohidrat diubah menjadi glukosa 100% dalam waktu 1-1,5 jam. Protein diubah menjadi glukosa sebanyak 60% dalam waktu 2-2,5 jam. Lemak diubah menjadi glukosa sebanyak 10% dalam waktu 5-6 jam. Oleh karena itu, konsumsi serat diperlukan untuk memperlambat penyerapan karbohidrat sehingga kadar gula darah tidak cepat naik (Werdani & Triyanti, 2014).

Bahan pangan tinggi serat (6 gram/100 g makanan dalam bentuk padat) dapat membantu menurunkan indeks glikemik pada makanan. Serat larut air dapat membentuk membentuk gel dengan menyerap cairan dalam lambung sehingga dapat memperlambat proses pengosongan lambung dan penyerapan zat gizi. Terhambatnya penyerapan gizi (khususnya glukosa) karena gel memperlambat gerakan peristaltik dari usus halus menuju daerah penyerapan, sedangkan serat tidak larut mempercepat waktu transit dalam usus halus sehingga tidak banyak zat gizi yang terserap. Serat tidak dapat diserap dalam usus halus, maka serat akan difermentasi oleh bakteri dalam usus besar. Hasil fermentasi serat oleh bakteri berupa asam-asam lemak rantai pendek jenis asetat, propionat dan butirrat. Asam-asam lemak rantai pendek tersebut diserap kembali menuju aliran darah. Asam asetat dan propionat dapat mengurangi pelepasan asam-asam lemak bebas di aliran darah dalam jangka waktu yang lama sehingga dapat menurunkan kadar glukosa darah dan

meningkatkan sensitivitas insulin. Selain itu, serat dapat menurunkan indeks glikemik pada makanan dan menjaga kadar gula darah tetap stabil (Immawati & Wirawanni, 2014).

Indeks glikemik merupakan informasi tentang kecepatan perubahan karbohidrat menjadi gula darah. Karbohidrat yang dicerna dengan cepat akan menghasilkan indeks glikemik tinggi, sebaliknya karbohidrat yang dicerna lambat menghasilkan indeks glikemik rendah. Karbohidrat yang dicerna dengan lambat akan memperlambat pengosongan lambung sehingga dapat mencegah konsumsi makanan yang berlebihan (Kurniawati *et al.*, 2016). Indeks glikemik dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan respon glikemiknya, yaitu indeks glikemik rendah (IG < 55), indeks glikemik sedang (IG 55-70), dan indeks glikemik tinggi (IG > 70) (Noviasari *et al.*, 2017^a). Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks glikemik, yaitu:

- Kadar serat pangan yang tinggi berkontribusi pada nilai indeks glikemik yang rendah. Serat pangan (khususnya serat larut air) dapat memperlambat laju pengosongan lambung dan penyerapan zat gizi (khususnya glukosa) sehingga laju peningkatan glukosa darah diperlambat. Semakin lambat laju peningkatan glukosa darah maka nilai indeks glikemik semakin rendah (Arif *et al.*, 2013).
- Kandungan amilosa yang semakin tinggi (>25%) berkontribusi terhadap perubahan kekuatan ikatan hidrogen. Amilosa mudah bergabung dan mengkristal kembali setelah mengalami proses pemanasan-pendinginan (retrogradasi) sehingga mudah terbentuk pati resisten. Pati resisten menyebabkan pencernaan menjadi lebih lambat karena amilosa memiliki ikatan hidrogen yang lebih kuat sehingga sukar dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan (Arif *et al.*, 2013).
- Daya cerna pati adalah tingkat kemudahan jenis pati untuk dihidrolisis oleh enzim pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih sederhana. Faktor daya cerna pati dibagi menjadi dua, yaitu faktor intrinsik (seperti ukuran granula pati, jumlah dan ukuran pori) dan faktor ekstrinsik (meliputi *transit time*, aktivitas amilase pada usus, dan jumlah pati). Daya cerna pati yang rendah dapat memberikan nilai indeks glikemik yang rendah pula karena hanya sedikit jumlah pati yang dihidrolisis oleh enzim pencernaan dalam waktu tertentu (Arif *et al.*, 2013).
- Pangan dengan kadar lemak dan protein tinggi cenderung memiliki indeks glikemik rendah. Pangan dengan kadar lemak dan protein tinggi cenderung memperlambat laju

pengosongan lambung dengan membentuk matriks dengan pati. Namun, makanan berlemak harus dikonsumsi secara bijaksana (Arif *et al.*, 2013).

- Cara pengolahan seperti pemanasan dan penggilingan/penepungan dapat mengubah sifat fisikokimia (seperti kadar lemak, protein, daya cerna, dan ukuran pati) pada bahan pangan. Pemanasan pati dengan air berlebihan menyebabkan retrogradasi pati sehingga dapat terbentuk pati resisten yang sulit dicerna oleh enzim pencernaan. Pengecilan ukuran granula pati maka luas permukaan granula pati semakin besar sehingga enzim pemecah pati semakin mudah bekerja. Oleh karena itu, jika ukuran granula pati kecil maka dapat memberikan nilai indeks glikemik yang tinggi (Arif *et al.*, 2013).

1.4.6. Beras

Beras merupakan sumber utama kalori dan mengandung mineral penting seperti magnesium, mangan, selenium, besi, fosfor, dan juga mengandung vitamin seperti thiamin, niasin dan asam folat (Fukagawa & Ziska, 2019). Beras merupakan bahan pangan pokok bagi mayoritas masyarakat Indonesia sehingga pola konsumsi sumber karbohidrat non beras kurang terdiversifikasi. Beras sosoh diproduksi dengan menghilangkan kandungan serat yang tinggi yaitu lapisan dedak dari beras kasar (Nuryani, 2013). Menurut Ohtsubo *et al.* (2005) beras sosoh memiliki kandungan karbohidrat sebesar 79,8%, serat pangan sebesar $0,6 \pm 0,1\%$, protein sebesar 6,6%, lemak sebesar $1,3 \pm 0,1\%$, abu sebesar 0,5% dan kadar air sebesar $10,9 \pm 0,1\%$. Beras sosoh mengandung karbohidrat tinggi ditambah dengan pola konsumsi yang berlebihan akan mendorong angka obesitas yang lebih cepat (Sukanto *et al.*, 2018).

Pemerintah mendorong masyarakat untuk mengkonsumsi aneka sumber karbohidrat lokal menjadi 36 kg/kapita/tahun. Tetapi kendalanya adalah adanya budaya masyarakat tentang anggapan jika belum makan nasi dianggap belum makan atau tidak makan juga dapat menyebabkan permintaan beras menjadi lebih tinggi (Mangku, 2017). Oleh karena itu, perlu dibuat beras analog sebagai alternatif pangan. Bentuk beras analog menyerupai beras, namun terbuat dari bahan pangan non beras. Diharapkan beras analog dapat diterima oleh masyarakat (Gultom *et al.*, 2014).

1.4.7. Beras Analog

Beras analog merupakan produk olahan berbentuk beras yang terbuat dari kombinasi sumber karbohidrat seperti tepung jagung, tepung sorgum dan mocaf dengan atau tanpa tepung beras sehingga sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai alternatif pangan pengganti beras (Loebis *et al.*, 2017). Pada tahun 1960an, pemerintahan Indonesia memperkenalkan beras “tekad”, dimana bentuknya menyerupai bulir yang terbuat dari beras, singkong, jagung, dan kedelai dengan menggunakan ekstrusi dingin. Namun, beras “tekad” tersebut gagal untuk dipasarkan sebagai pengganti beras padi karena bentuknya tidak menyerupai beras dan kualitasnya tidak baik saat dimasak. Hal tersebut telah menjadi pengalaman dalam mengembangkan teknologi untuk membuat beras analog. Sekarang ini banyak yang melakukan studi tentang beras analog dan sudah ada yang berhasil mengembangkannya (Budijanto & Yuliana, 2015). Tetapi permintaan beras analog di masyarakat Indonesia belum banyak sehingga sampai saat ini beras analog masih diproduksi dan dipasarkan dalam skala terbatas (Novitasari *et al.*, 2017).

Beras analog juga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional jika ditinjau dari kandungan gizinya (Noviasari *et al.*, 2017^a). Pangan fungsional dapat didefinisikan sebagai olahan pangan dalam bentuk apapun yang mampu memberikan manfaat kesehatan bagi tubuh, dengan demikian ada penggunaan atau penambahan bahan dengan tujuan untuk memberikan nilai kesehatan dalam produk olahan tersebut (Kusumayanti *et al.*, 2016). Beras analog memiliki beberapa keunggulan yaitu memiliki sifat fungsional, dapat dimasak dengan *rice cooker* dan dikonsumsi bersama dengan lauk pauk seperti beras pada umumnya, memiliki indeks glikemik yang lebih rendah, kandungan mineral dan serat lebih tinggi, dalam pemasakan beras analog membutuhkan air yang lebih sedikit dan waktunya lebih singkat, dan formula beras analog dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan (contohnya di formulasikan untuk penderita diabetes dan obesitas) (Noviasari *et al.*, 2017^a).

A. Bahan-bahan Dalam Pembuatan Beras Analog

1. Pati

Pati merupakan bahan baku dalam pembuatan beras analog. Pada prinsipnya semua bahan baku baik sereal maupun umbi-umbian yang digunakan mengandung pati (Budi *et al.*, 2013). Pati yang sering digunakan dalam penelitian pembuatan beras analog berasal dari jagung (Anindita *et al.*, 2020; Kurniawati *et al.*, 2016; Noviasari *et al.*, 2013), sorgum (Noviasari *et al.*, 2017^b; Fauziyah *et al.*, 2017), dan singkong (Wahjuningsih dan Susanti, 2018; Putri dan Sumardiono, 2020). Sedangkan pati yang berasal dari sagu dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat dan pengikat agar mendapatkan butiran-butiran beras yang kokoh, tidak mudah hancur dan rapuh (Noviasari *et al.*, 2017^a).

a. Jagung (*Zea mays*)

Jagung merupakan sumber karbohidrat dan protein setelah beras. Jagung merupakan komoditas pangan terbesar kedua setelah padi yang berkontribusi dalam penyediaan bahan pangan dan bahan baku industri (Atmaka & Amanto, 2010). Masyarakat Indonesia umumnya mengonsumsi jagung dalam bentuk jagung bakar, jagung serut, dan sup jagung (Utomo, 2012). Adapula masyarakat Indonesia seperti penduduk Desa Montongsekar, Kabupaten Tuban yang mengolah jagung menjadi nasi jagung, dibuat dengan cara memisahkan antara bulir jagung dengan kulit arinya dan digiling menjadi seperti tepung (Szarera & Faidah, 2014). Jagung mengandung karbohidrat dan serat pangan yang tinggi. Karbohidrat jagung berkisar antara 75 - 80%, sedangkan serat larut air tepung jagung antara 1,06-1,32% dan serat tidak larut antara 5,02-6,6% (Richana *et al.*, 2011).

Jagung pulut atau jagung ketan merupakan jenis jagung khusus yang mempunyai citarasa enak, lebih gurih, lebih pulen dan lembut. Jagung pulut memiliki karakteristik fisikokimia yang berbeda dengan jagung non pulut dan juga mengandung nutrisi yang cukup untuk dikembangkan sebagai pendukung diversifikasi dan industri pangan. Biji kering jagung pulut dapat diolah menjadi

bahan setengah jadi seperti tepung dan beras jagung. Kandungan gizi biji jagung pulut setara dengan jagung non pulut namun yang membedakan adalah kadar amilosa dan amilopektinnya. Jagung pulut yang diolah menjadi tepung memiliki kandungan karbohidrat berkisar antara 79,80 - 80,21% (Suarni & Subagio, 2019).

b. Sorgum

Sorgum merupakan tanaman serealia ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung (Suarni & Subagio, 2013). Tanaman sorgum toleran terhadap kekeringan dan genangan air dan relative tahan terhadap gangguan hama/penyakit. Biji sorgum dapat digunakan sebagai bahan pangan serta bahan baku industri pakan dan pangan seperti industri gula, monosodium gultamat (MSG), asam amino, dan industri minuman. Dengan kata lain sorgum dapat dikembangkan untuk diversifikasi pangan (Sirappa, 2003). Tanaman sorgum merupakan tanaman dengan kandungan gizi lebih baik dibandingkan beras. Sorgum memiliki kandungan karbohidrat sebesar 65%-80%, protein sebanyak 7-15%, lemak sebanyak 1,5-6%, dan serat sebanyak 6,8-8,4% (Dewi *et al.*, 2020). Walaupun potensi sorgum di Indonesia cukup besar tetapi pengembangannya masih lamban karena kurangnya pengetahuan tentang nilai gizi pada sorgum sehingga perlu dilakukan usaha untuk mempromosikan keunggulan sorgum sebagai bahan pangan yang memiliki sifat fungsional seperti memiliki antioksidan, mineral, dan serat pangan (Suarni, 2016).

c. Singkong (*Manihot esculenta*)

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya akan sumber pangan karbohidrat. Salah satu komoditas pangan sumber karbohidrat yang melimpah di Indonesia adalah singkong atau disebut juga ubi kayu (Hersoelistyorini *et al.*, 2015). Singkong memiliki banyak nama daerah, diantaranya adalah ketela pohon, ubi jenderal, ubi inggris, puhung, kasape, bodin, telo jenderal (Jawa), sampeu, huwi dangdeur, huwi jenderal (Sunda), kasbek (Ambon), dan ubi prancis (Padang). Singkong sudah lama dikenal dan ditanam oleh penduduk di dunia. Berdasarkan hasil penelusuran pakar botani dan petanian, tanaman singkong berasal dari kawasan benua Amerika beriklim tropis. Pada tahun 1968 Indonesia menjadi

negara penghasil singkong ke-5 di dunia (Thamrin *et al.*, 2013). Singkong biasanya diolah dengan cara direbus, digoreng, atau dikukus dan dijadikan sebagai makanan ringan bukan sebagai makanan pokok (Feliana *et al.*, 2014). Singkong memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi komoditas berbasis karbohidrat untuk industri. Upaya pengembangan singkong sebagai penyangga ketahanan pangan adalah melalui pembuatan tepung ubi kayu agar produk yang dihasilkan lebih disukai konsumen dan sifat fisikokimianya meningkat sehingga dapat dijadikan sebagai pengganti tepung terigu (Hersoelistyorini *et al.*, 2015).

Namun, produk olahan dari tepung singkong memiliki kualitas kurang baik karena tekstur produk yang dihasilkan biasanya relatif keras setelah mengalami gelatinase dan aroma khas singkong (apeg) kurang disukai. Perbaikan kualitas tepung singkong telah dilakukan melalui modifikasi proses pengolahan dengan cara fermentasi yang menghasilkan tepung mocaf (*modified cassava flour*). Untuk proses fermentasinya digunakan starter bakteri asam laktat (BAL). Selain tidak berbahaya untuk kesehatan, fermentasi ini dapat menurunkan kadar HCN pada singkong. Mocaf dibuat dengan menggunakan prinsip memodifikasi sel ubi kayu secara fermentasi. Mikroba yang tumbuh selama fermentasi tersebut menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan antara lain naiknya viskositas, serta waktu dan suhu gelatinisasi (Yulifianti & Ginting, 2011). Secara umum pembuatan mocaf meliputi beberapa tahap, yaitu pengupasan, pencucian, pengirisan, fermentasi, pencucian kembali, pengeringan, penepungan/penggilingan, dan pengayakan (Badriani *et al.*, 2020). Menurut Wahjuningsih & Susanti (2018) kandungan karbohidrat mocaf sebesar 91,48% dan kandungan seratnya sebesar 3,78%.

d. Sagu (*Metroxylon sagu*)

Sagu banyak tumbuh di daerah pantai atau dataran rendah di Indonesia. Masyarakat Indonesia bagian Maluku, Papua, Sulawesi (Utara, Selatan, Tenggara), Kalimantan Tengah, Sumatera Barat, Riau dan Aceh menjadikan sagu sebagai makanan pokok sumber karbohidrat. Kandungan pati tertinggi pada

tanaman sagu berumur sekitar 12,5-13 tahun ketika akan berbunga (kandungannya sekitar 41%) (Bantacut, 2011). Isi sagu yang baik adalah isi sagu yang baru ditebang dan langsung diproduksi, jika sudah ditebang dan didiamkan beberapa hari maka akan terjadi penurunan kualitas yang ditandai dengan berubahnya warna menjadi merah. Satu batang sagu dengan diameter 50-60 cm dapat menghasilkan pati sagu sebanyak 6-7 karung dengan muatan per karungnya 15 kg, sedangkan untuk batang sagu dengan diameter 70-90 cm dapat menghasilkan pati sagu sebanyak 8-10 karung dengan muatan per karungnya 15 kg. Pati sagu merupakan komoditas yang potensial untuk dikembangkan lanjut terutama sebagai pangan alternatif pengganti beras (Putri *et al.*, 2019).

2. Air, Lipid dan Bahan Pengikat

Bahan-bahan lain yang digunakan dalam pembuatan beras analog, yaitu air, lipid, dan bahan pengikat (Budi *et al.*, 2013).

- Air dalam pembuatan beras analog digunakan untuk melembabkan adonan beras analog selama proses pembentukan (khususnya menggunakan ekstruder) dan sifat produk akhir beras analog. Air berfungsi sebagai agen pembentuk untuk bahan pati sehingga menghasilkan produk yang lebih padat (Budi *et al.*, 2013). Kadar air yang lebih tinggi dapat menghambat pembentukan gelembung sehingga menghasilkan produk yang lebih padat. Penambahan air dalam pembuatan beras analog biasanya sebanyak 12-25% (Mishra *et al.*, 2012).
- Lipid dalam pembuatan beras analog digunakan sebagai pelumas (*lubricant*) karena mampu mengurangi gaya gesek antara partikel dalam campuran, serta antar permukaan *screw* dan *barrel* pada ekstruder. Lipid yang digunakan dapat berupa lemak atau minyak. Lipid dapat menurunkan viskositas adonan di atas suhu 40°C sehingga bahan-bahan dalam adonan dapat tercampur dengan baik dalam ekstruder. Penggunaan monogliserida juga dapat digunakan untuk mempertahankan keberadaan air dalam adonan sehingga sifat-sifat plastis adonan di dalam *barrel* dapat dipertahankan meskipun ada proses pemanasan (Budi *et al.*, 2013).
- Bahan pengikat ditambahkan dalam pembuatan beras analog bertujuan untuk mempertahankan bentuk bulir beras yang utuh setelah proses ekstrusi. Contoh

pengikat yang dapat digunakan dalam pembuatan beras analog adalah sodium alginate. Contoh bahan pengikat lainnya dapat berupa bahan kitin seperti kitosan, kitosamin, kitosa atau turunan kitin lain dari jamur dan/atau cangkang krustasea, protein, polisakarida, akasia, kasein, karagenan, gelatin, metilselulosa, gum dan metoksipektin rendah (Mishra *et al.*, 2012).

3. Bahan Tambahan

Bahan tambahan dalam pembuatan beras analog meliputi pewarna, *flavor*, fortifikan dan antioksidan. Bahan tambahan bersifat pilihan dalam pembuatan beras analog (Budi *et al.*, 2013).

- Pewarna digunakan untuk memberikan warna tertentu dari beras analog yang dihasilkan. Jika warna beras analog yang diinginkan putih maka pigmen titanium dioxide dapat digunakan untuk mencerahkan warna adonan beras analog. Jika warna lain yang diinginkan dapat menggunakan pigmen warna yang tidak beracun (Mishra *et al.*, 2012).
- *Flavor* merupakan bahan tambahan dengan tujuan memberikan cita rasa dan aroma yang menarik (Budi *et al.*, 2013). Albumin dari telur merupakan salah satu contoh *flavor* yang digunakan dalam beras analog. Contoh *flavor* lainnya adalah bubuk kari, bubuk cabai, garam, vanili, jahe, merica, timi, kunyit, sage, kayu manis, cengkeh, bawang putih dan bawang merah. Penggunaan garam dalam jumlah yang tinggi dapat mempengaruhi rasa dan mengurangi daya kerja bahan pengikat (Mishra *et al.*, 2012).
- Fortifikan dapat digunakan dalam pembuatan beras analog dalam jumlah 0,1-5% dari berat akhir komposisi beras analog. Contoh fortifikan yang digunakan dalam pembuatan beras analog adalah vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, vitamin B5, vitamin B7, vitamin B9, vitamin B12, vitamin C, vitamin E, dan vitamin K, serta mineral seperti zat besi, selenium, seng dan kalsium. Penggunaan senyawa besi pirofosfat (FePP) direkomendasikan untuk menambah zat besi pada beras analog karena tidak memberikan perubahan warna dan rasa pada beras analog yang dihasilkan (Mishra *et al.*, 2012).
- Antioksidan ditambahkan dengan tujuan mencegah oksidasi vitamin dalam beras analog. Contoh antioksidan adalah vitamin C, alfa-tokoferol,

butylatedhydroxyanisole (BHA), sodium bisulfite, potassium bisulfite dan gallate ester. Penambahan antioksidan ditambahkan bersama-sama dengan fortifikan untuk mempertahankan kualitas fortifikan yang sensitif terhadap panas seperti vitamin A, B dan E. (Mishra *et al.*, 2012).

B. Pembuatan Beras Analog

Pembuatan beras analog dapat dilakukan dengan menggunakan metode granulasi dan metode ekstrusi (Noviasari *et al.*, 2017^a). Metode granulasi dilakukan dengan menggunakan alat granulator. Proses pembuatan beras analog dengan metode granulasi meliputi pencampuran tepung dan air kemudian dilanjutkan dengan pengayakan, granulasi dengan mesin granulator, penyangraian dan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 72 jam (Herawati *et al.*, 2014). Adapula yang dilakukan dengan cara bahan-bahan kering dicampurkan kemudian ditambahkan dengan air sebanyak 25-55%, kemudian campuran tersebut digranulasi menggunakan roll-granulator, setelah itu dikeringkan selama 3-40 menit dengan temperatur 70-105°C. Pengeringan dilakukan hingga kadar airnya dibawah 20% (Sumardiono *et al.*, 2014). Proses pembuatan beras analog dengan metode granulasi menghasilkan beras dengan karakteristik sangat berbeda dari yang diinginkan yaitu bentuknya cenderung bulat, densitas lebih rendah dan mudah pecah (Budi *et al.*, 2013).

Metode ekstrusi menggunakan alat ekstruder yang prosesnya mulai dari pengangkutan/transport bahan/*feed*, pencampuran, pemasakan, dan pembentukan. Ekstruder diskripsikan sebagai reaktor dengan aliran kontinue mampu untuk memproses biopolymer dan campuran bahan dengan suhu relative tinggi, dibawah tekanan yang tinggi, dan kelembaban yang rendah (Camire *et al.*, 2009). Ekstruder dilengkapi dengan cetakan (*die*) untuk menghasilkan produk berbentuk lonjong yang hampir menyerupai butir beras sehingga beras analog lebih mudah diterima oleh masyarakat (Diniyah *et al.*, 2016). Berdasarkan ulirnya ekstruder dibedakan menjadi dua yaitu ulir tunggal dan ulir ganda (Mishra *et al.*, 2012).

Ekstrusi dibedakan menjadi dua kategori yaitu ekstrusi dingin dan ekstrusi panas. Ekstrusi dingin, dalam prosesnya serupa dengan memproduksi pasta, tidak menggunakan energi

termal tambahan selain panas yang dihasilkan selama proses itu sendiri (temperatur lebih dari rendah dari 70°C). Sedangkan ekstrusi panas menggunakan temperatur lebih dari 70°C dengan transfer panas melalui panas stim pada *barrel jacket*. Kelebihan penggunaan ekstrusi panas dalam pembuatan beras analog antara lain terjadi proses gelatinisasi secara langsung di dalam ekstruder sehingga tidak perlu lagi tahap pengukusan (Diniyah *et al.*, 2016).

Secara umum pembuatan beras analog dengan metode ekstrusi terdiri atas empat tahap, yaitu formulasi, prekondisi, ekstrusi dan pengeringan.

- Tahapan formulasi dilakukan dengan tujuan membuat campuran bahan baku beras analog dengan komposisi yang diinginkan, bahan baku harus digiling terlebih dahulu supaya lebih mudah diolah ditahap berikutnya (Budi *et al.*, 2013).
- Tahap prekondisi ini dapat tidak dilakukan tetapi disarankan untuk dilakukan karena pada tahap prekondisi ini bertujuan untuk menyeragamkan hidrasi partikel antara campuran adonan dengan stim. Pada tahap prekondisi adonan dipertahankan pada kondisi hangat 80°-90°C dan basah selama waktu tertentu, baru kemudian dimasukkan kedalam ekstruder. Pencampuran yang baik dibutuhkan agar permukaan partikel bahan dapat kontak dengan stim secara rata (Budi *et al.*, 2013).
- Tahap ekstrusi adonan akan mengalami pemanasan lagi tetapi suhunya sedikit lebih tinggi. Disamping itu, adonan juga akan mengalami proses homogenisasi, *shearing*, dan pembentukan ketika keluar melewati *die* (Budi *et al.*, 2013).
- Tahap pengeringan dilakukan untuk mendapatkan kadar air yang optimal sehingga umur simpannya dapat meningkat. Pengeringan ini biasanya dilakukan hingga kadar air beras analog mencapai 4-15% (Mishra *et al.*, 2012).