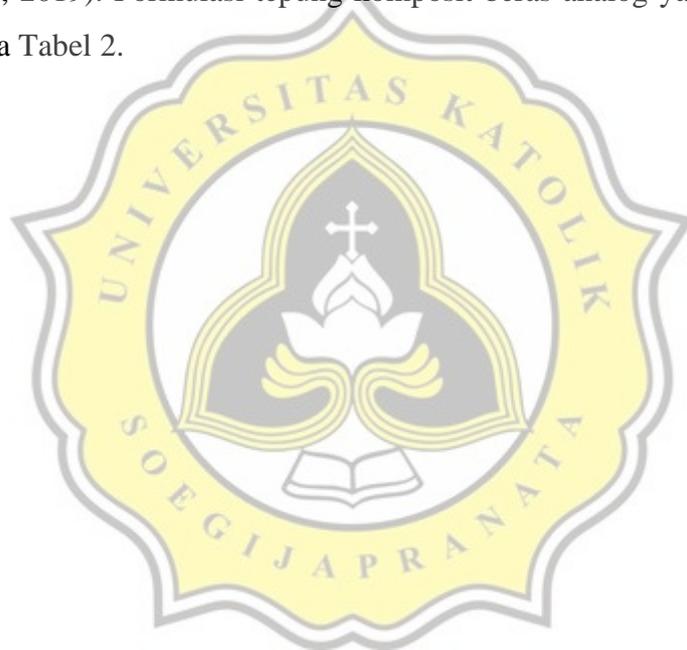


### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Komposit Bahan Baku Beras Analog

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan beras analog berbentuk tepung komposit. Tepung komposit merupakan campuran beberapa tepung yang berbeda dan biasanya berasal dari sereal, kacang-kacangan dan umbi-umbian. Tujuan dibuatnya tepung komposit untuk mencapai karakteristik fungsional dan komposisi nutrisi spesifik sesuai yang diinginkan. Penggunaan tepung komposit juga ditujukan untuk meningkatkan penggunaan bahan-bahan lokal seperti sereal, umbi-umbian dan kacang-kacangan (Ratnawati *et al.*, 2019). Formulasi tepung komposit beras analog yang berbeda bahan dapat dilihat pada Tabel 2.



Tabel 2. Formulasi Komposit Bahan Baku Beras Analog Beserta Kandungan Gizi Bahan Baku yang Digunakan

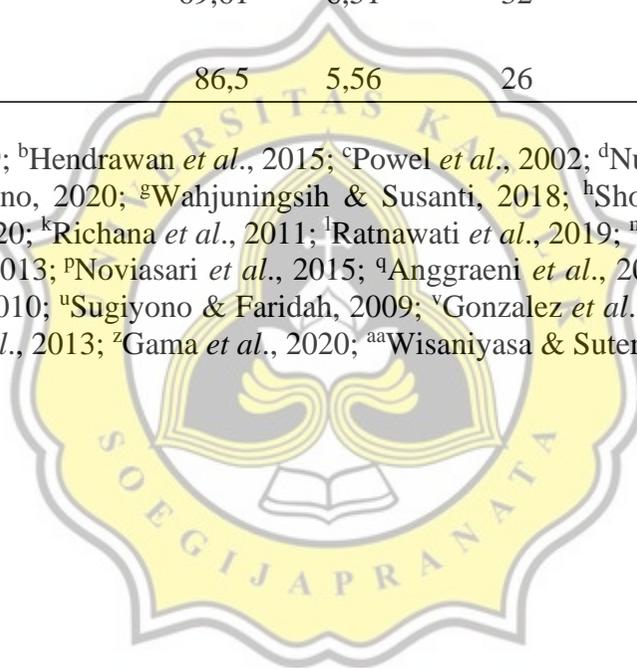
Beras	Tepung Komposit	Kandungan Gizi (%)			Rasio Tepung Komposit (%)	Referensi
		Karbohidrat	Serat Pangan	Indeks Glikemik		
Beras Sosoh <sup>a</sup>		79,8	0,6	74		Ohtsubo <i>et al.</i> , 2005
Beras Analog 1	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	50	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
	Sagu aren <sup>b,d</sup>	86,08	1,74	83	25	
	Pati jagung <sup>d,e</sup>	89,43	1,68	75	25	
Beras Analog 2	Mocaf <sup>f,g,h</sup>	86,36	3,78	46	50	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
	Pati jagung <sup>d,e</sup>	89,43	1,68	75	50	
Beras Analog 3	Tepung jagung <sup>i,j,k</sup>	79,28	8,24	42	64,29	Anindita <i>et al.</i> , 2020
	Tepung kedelai <sup>i,j,l</sup>	33,35	9,89	21	25,51	
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	10,20	
Beras Analog 4	Tepung jagung <sup>i,j,k</sup>	79,28	8,24	42	40	Budijanto <i>et al.</i> , 2017
	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	30	
	Sagu aren <sup>b,d</sup>	86,08	1,74	83	30	
Beras Analog 5	Tepung jagung <sup>i,j,k</sup>	79,28	8,24	42	49,26	Kurniawati <i>et al.</i> , 2016
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	25,53	
	Tepung kedelai <sup>i,j,l</sup>	33,35	9,89	21	20,37	
	Bekatul <sup>m,n</sup>	49,4	25,3	21	4,84	
Beras Analog 6	Tepung jagung pulut <sup>o,k,a</sup>	78,35	7,68	41	7,40	Noviasari <i>et al.</i> , 2013
	Tepung jagung lokal <sup>o,k,p</sup>	79,41	6,62	47	57,60	
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	35	
Beras Analog 7	Tepung jagung pulut <sup>o,k,a</sup>	78,35	7,68	41	3,70	Noviasari <i>et al.</i> , 2015
	Tepung jagung lokal <sup>o,k,p</sup>	79,41	6,62	47	56,30	

	Tepung kedelai <sup>i,j,l</sup>	33,35	9,89	21	10	
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	30	
Beras Analog 8	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	30	Budijanto & Yuiyanti, 2012
	Tepung jagung <sup>i,j,k</sup>	79,28	8,24	42	40	
	Pati jagung <sup>d,e</sup>	89,43	1,68	75	15	
	Sagu aren <sup>b,d</sup>	86,08	1,74	83	15	
Beras Analog 9	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	67,52	Fauziyah <i>et al.</i> , 2017
	Tepung porang <sup>q,r,s</sup>	81,69	74,4	20	5,80	
	Tepung kacang merah <sup>g,a</sup>	58,48	14,38	26	27	
Beras Analog 10	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	28	Hendrawan <i>et al.</i> , 2015
	Tepung talas <i>Beneng</i> <sup>b,t</sup>	75,99	2,47	69	42	
	Tepung garut <sup>g,u</sup>	81,97	6,76	32	30	
Beras Analog 11	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	69	69,50	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	29,50	
	Rempah	NA	NA	NA	1	
Beras Analog 12	Tepung sorgum <sup>b,c</sup>	80,83	4,65	32	70	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	30	
Beras Analog 13	Mocaf <sup>f,g,h</sup>	86,36	3,78	46	80	Wahjuningih & Susanti, 2018
	Tepung garut <sup>g,u</sup>	81,97	6,76	32	10	
	Tepung kacang merah <sup>g,a</sup>	58,48	14,38	26	10	
Beras Analog 14	Mocaf <sup>f,g,h</sup>	86,36	3,78	46	45	Sukamto <i>et al.</i> , 2018
	Tepung jagung <sup>i,j,k</sup>	79,28	8,24	42	45	
	Tepung kedelai <sup>i,j,l</sup>	33,35	9,89	21	10	
Beras Analog 15	Mocaf <sup>f,g,h</sup>	86,36	3,78	46	75	Putri & Sumardion, 2020
	Tepung biji alpukat <sup>f,v</sup>	78,56	7,32	51	12,5	
	Tepung ampas tahu <sup>f,w,x</sup>	46,7	21,43	12	12,5	

Beras Analog 16	Tepung garut <sup>g,u</sup>	81,97	6,76	32	35	Nugraheni <i>et al.</i> , 2020
	Modifikasi tepung garut dengan RS 3 <sup>y,z</sup>	86,72	9,07	31	5	
	Tepung kecambah kacang merah <sup>aa,c</sup>	64,82	34,29	13	20	
	Tepung kecambah <sup>ab,a</sup> sorgum	69,61	6,51	32	20	
	Pati sagu <sup>a,b</sup>	86,5	5,56	26	20	

Keterangan: NA = *Not Available*

Sumber kandungan gizi: <sup>a</sup>Afandi *et al.*, 2019; <sup>b</sup>Hendrawan *et al.*, 2015; <sup>c</sup>Powel *et al.*, 2002; <sup>d</sup>Nurjanah *et al.*, 2016; <sup>e</sup>Alam & Nurhaeni, 2008; <sup>f</sup>Putri & Sumardiono, 2020; <sup>g</sup>Wahjuningsih & Susanti, 2018; <sup>h</sup>Sholichah *et al.*, 2017; <sup>i</sup>Budijanto *et al.*, 2017; <sup>j</sup>Anindita *et al.*, 2020; <sup>k</sup>Richana *et al.*, 2011; <sup>l</sup>Ratnawati *et al.*, 2019; <sup>m</sup>Tuarita *et al.*, 2017; <sup>n</sup>Kurniawati *et al.*, 2016; <sup>o</sup>Noviasari *et al.*, 2013; <sup>p</sup>Noviasari *et al.*, 2015; <sup>q</sup>Anggraeni *et al.*, 2014; <sup>r</sup>Jiang *et al.*, 2018; <sup>s</sup>Lukitaningsih *et al.*, 2012; <sup>t</sup>Lin *et al.*, 2010; <sup>u</sup>Sugiyono & Faridah, 2009; <sup>v</sup>Gonzalez *et al.*, 2019; <sup>w</sup>Faisal *et al.*, 2016; <sup>x</sup>Kamble & Rani, 2020; <sup>y</sup>Faridah *et al.*, 2013; <sup>z</sup>Gama *et al.*, 2020; <sup>aa</sup>Wisaniyasa & Suter, 2016; <sup>ab</sup>Warle *et al.*, 2015.



Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa tepung jagung, tepung sorgum, mocaf, dan pati sago banyak digunakan dalam tepung komposit beras analog. Tepung kedelai dan tepung kacang merah juga banyak digunakan dalam tepung komposit untuk menambahkan kandungan gizi seperti serat dan protein. Tepung-tepung dari bahan lain juga digunakan untuk pemanfaatan bahan-bahan sumber karbohidrat lokal. Pati jagung memiliki kadar karbohidrat paling tinggi (89,43%), sedangkan tepung kedelai memiliki kadar karbohidrat paling rendah (33,35%). Bahan dengan kadar serat pangan paling tinggi yaitu tepung porang (74,4%), sedangkan beras sosoh memiliki kadar serat pangan paling rendah (0,60%). Indeks glikemik bahan pangan tertinggi adalah sago aren (IG=83), sedangkan bahan dengan indeks glikemik terendah yaitu tepung ampas tahu (IG=12).

Menurut Afandi *et al.* (2019), kadar karbohidrat tinggi pada bahan pangan yaitu mengandung karbohidrat diatas 50% berat kering. Pati jagung memiliki kadar karbohidrat paling tinggi karena diperoleh dari ekstraksi dari biji jagung. Proses ekstraksi pati jagung melalui beberapa tahap, yaitu penggilingan biji, pemisahan kulit dan lembaga, perendaman dengan air panas, pemisahan endapan, perendaman endapan dengan natrium metabisulfid, pencucian dengan natrium hidroksida dan air, serta pengeringan dan pengayakan. Selama proses ekstraksi protein, lemak, dan mineral pada jagung akan hilang dan yang diperoleh hanya pati sehingga kadar karbohidrat pati jagung tinggi. Selain itu, serat pangan pada pati jagung rendah yaitu 1,68% (Alam & Nurhaeni, 2008). Oleh karena itu, pati jagung memiliki kadar indeks glikemik yang tinggi (IG = 75) (Nurjanah *et al.*, 2016). Nilai indeks glikemik yang tinggi pada pati jagung juga dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran pori granula pati. Pati jagung memiliki jumlah pori banyak dan ukuran pori besar karena permukaan granula pati jagung kasar sehingga lebih mudah untuk dicerna oleh enzim pencernaan (Arif *et al.*, 2013).

Tepung kedelai merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang sering digunakan dalam pembuatan beras analog. Tepung kacang-kacangan seperti kacang kedelai dan kacang merah merupakan bahan pangan yang tinggi protein (20-40%) sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kadar protein beras anaog. Pada kacang kedelai memiliki kadar lemak yang tinggi sehingga mempengaruhi kadar karbohidrat kacang kedelai. Karbohidrat dihitung berdasarkan pengurangan komponen lain (protein, lemak, abu, dan

air) dalam suatu bahan. Semakin tinggi kadar protein, lemak, abu, dan air dalam suatu bahan maka kadar karbohidratnya semakin rendah. Selain itu dengan penambahan tepung kedelai dan kacang merah dapat menambah kandungan serat pada beras analog, dimana kadar serat pangan pada tepung kedelai sebesar 9,89% (Ratnawati *et al.*, 2019) dan tepung kacang merah sebesar 14,38 (Wahjuningsih & Susanti, 2018). Kandungan serat pangan yang tinggi (> 6%) pada tepung kedelai dan kacang merah menyebabkan nilai indeks glikemik bahan tersebut menjadi rendah (< 55) (Budijanto *et al.*, 2017).

Bahan dengan kadar karbohidrat rendah selain tepung kedelai, yaitu bekatul dan tepung ampas tahu. Bahan tersebut digunakan untuk menambahkan kandungan serat pada beras analog (Putri & Sumardiono, 2020; Kurniawati *et al.*, 2016). Bekatul merupakan bagian terluar bulir beras yang terbuang selama proses penyosohan beras (Tuarita *et al.*, 2017). Kadar karbohidrat bekatul rendah (49,4%) karena karbohidrat bekatul diperoleh dari bagian endosperma yang terbawa saat proses penyosohan. Semakin banyak tahap penyosohan yang dilakukan maka kadar karbohidrat bekatul semakin meningkat. Bekatul memiliki potensi sebagai pangan fungsional karena kandungan serat pangannya yang cukup tinggi akan tetapi pemanfaatannya masih kurang. Sebagian besar serat yang terdapat dalam bekatul antara lain selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin (Luthfianto *et al.*, 2017). Bekatul memiliki indeks glikemik rendah (IG < 55) yaitu 21 (Kurniawati *et al.*, 2016).

Tepung ampas tahu memiliki kadar karbohidrat rendah karena komposisi protein relatif tinggi (31,93%) (Putri & Sumardiono, 2020). Sebagian protein tepung ampas tahu tidak dapat terekstrak, terlebih menggunakan proses penggilingan sederhana. Selain itu, sebagian besar tepung ampas tahu terdiri dari serat tidak larut berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Serat pangan tidak larut mempercepat waktu transit pada usus sehingga penyerapan gizi seperti glukosa dapat terhambat sehingga nilai indeks glikemiknya paling rendah yaitu 12 (Kamble & Rani, 2020).

Sagu aren memiliki indeks glikemik yang tinggi yaitu 83. Nilai indeks glikemik sagu aren tinggi karena diperoleh dari batang pohon aren dengan menghilangkan serat untuk memperoleh pati dari batang pohon aren. Sagu aren diperoleh melalui beberapa tahap

yaitu penebangan pohon aren yang sudah matang, pengumpulan serbuk pati dari batang aren, pencucian dan penyaringan serat, pengendapan, pembilasan pati, dan pengeringan. Oleh karena itu, kadar serat pada sago aren rendah sehingga mempengaruhi nilai indeks glikemik sago aren (Sahari *et al.*, 2014). Sago aren digunakan dalam pembuatan beras analog untuk meningkatkan tekstur beras analog (Noviasari *et al.*, 2017<sup>b</sup>).

Tepung porang banyak mengandung serat larut air yang dikenal sebagai glukomanan (*Konjac Glucomannan/KGM*). Glukomanan merupakan polisakarida dari jenis hemiselulosa yang terdiri dari ikatan rantai galaktosa, glukosa dan mannososa. Glukomanan memiliki viskositas yang sangat tinggi karena memiliki sifat penyerapan air yang tinggi, dimana satu gram glukomanan dapat menyerap air sebanyak 100 g air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengental, pengemulsi, surfaktan dan pengikat. Kadar KGM dalam tepung porang berkisar antara 50-70% (Ariyanti & Abidin, 2015). Oleh karena itu, tepung porang dalam pembuatan beras analog digunakan sebagai bahan pengikat dan menambah kadar serat pangan, khususnya serat larut air. Kadar serat yang tinggi pada tepung porang menyebabkan nilai indeks glikemik tepung porang juga rendah (IG 20) sehingga dalam jangka waktu tertentu konsumsi tepung porang dapat memperbaiki profil glukosa darah (Fauziah *et al.*, 2017).

Selain tepung porang, pati sago dalam pembuatan beras analog digunakan sebagai sumber karbohidrat dan bahan pengikat agar butiran beras yang dihasilkan tidak mudah hancur dan rapuh saat dimasak (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>). Sifat pengikat pada pati ini terjadi karena adanya amilopektin yang lebih banyak dibandingkan dengan amilosa. Amilopektin berperan penting dalam daya kembang (*swelling power*) karena struktur amilopektin mengandung gugus hidrofil yang reaktif mengikat air sehingga dapat terjadi gelatinasi atau terbentuknya koagulasi koloid dengan ikatan rantai polimer dan tidak dapat kembali ke bentuk semula (Jading *et al.*, 2011). Pati sago sebagian besar patinya terdiri dari amilopektin lebih banyak (53,6%) daripada amilosa (32,99%) (Hendrawan *et al.*, 2015). Selain itu, pati sago merupakan bahan pangan sumber serat karena kadar serat pangannya sebesar 5,56% dan indeks glikemik pati sago tergolong rendah yaitu 26 (Afandi *et al.*, 2019).

Pada studi ini, dapat diketahui bahwa tepung jagung, mocaf, tepung sorgum, tepung porang pati sagu, tepung talas dan tepung garut dapat dimanfaatkan menjadi sumber karbohidrat dalam pembuatan beras analog karena kadar karbohidrat dan serat yang lebih tinggi dibandingkan beras sosoh (Suismono & Hidayah, 2011). Pati sagu dan tepung porang dalam pembuatan beras analog dapat dijadikan sebagai bahan pengikat karena pati sagu mengandung amilopektin yang reaktif mengikat air (Jading *et al.*, 2011), sedangkan tepung porang memiliki glikomanan yang dapat mengikat air dalam jumlah banyak (Ariyanti & Abidin, 2015). Bekatul dan tepung ampas tahu digunakan untuk meningkatkan kandungan serat pada beras analog (Kurniawati *et al.*, 2016; Putri & Sumardiono, 2020). Sagu aren digunakan sebagai sumber karbohidrat dan meningkatkan tekstur beras analog (Sahari *et al.*, 2014). Tepung kedelai dan tepung kacang merah ditambahkan dalam pembuatan beras analog ditujukan untuk meningkatkan kadar protein dan serat pangan (Anindita *et al.*, 2020; Wahjuningsih & Susanti, 2018).

Penggunaan bahan baku yang berbeda pada pembuatan beras analog maka kandungan gizi dan karakteristik sensori beras analog yang dihasilkan juga berbeda. Keragaman bahan dalam pembuatan beras analog dapat dijadikan sebagai alternatif makanan pokok untuk mendapatkan keragaman sumber gizi. Contohnya beras analog yang berasal dari beberapa bahan baku seperti jagung, kedelai, dan bekatul memiliki gizi yang tinggi akan protein, lemak, dan serat. Pemilihan bahan baku dengan indeks glikemik rendah berkontribusi menghasilkan beras analog dengan nilai indeks glikemik yang rendah (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>).

### 3.2. Bentuk dan Warna Beras Analog

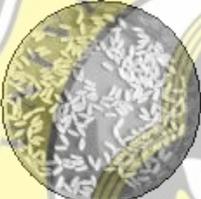
Beras analog pada *review* ini dibuat dengan metode ekstrusi panas yang telah dipublikasi. Pemilihan beras analog dengan metode ekstrusi panas karena hasil karakteristik bentuk beras analog hampir serupa dengan beras sosoh (Gambar 2). Pembuatan beras analog dengan metode ekstrusi akan mengalami proses pengaliran bahan (*shearing*) ke dalam ekstruder, lalu mengalami pencampuran, pengadonan pada *kneading zone* ekstruder, pemanasan/pemasakan pada *cooking zone* ekstruder dan pembentukan ketika keluar dari *die*, dimana bentuk dan ukuran lubang *die* dapat disesuaikan dengan keinginan. Selain itu, pada proses ekstrusi juga terjadi gelatinasi pati karena adanya proses pemanasan dan retrogradasi pati yang telah mengalami gelatinasi sehingga didapatkan butir beras analog yang padat (Budi *et al.*, 2013). Berbeda dengan pembuatan beras analog dengan metode granulasi dilakukan dengan cara bahan-bahan kering dicampurkan kemudian ditambahkan dengan air, lalu campuran tersebut digranulasi menggunakan *roll-granulator* dan dikeringkan sehingga hasil beras analog yang dihasilkan cenderung bulat dan rapuh (Gambar 2) (Sumardiono *et al.*, 2014).



Gambar 2. Perbedaan Beras Analog Dengan Metode Granulasi (2a) dan Beras Analog Dengan Metode Ekstrusi (2b) (Sumber: Herawati *et al.*, 2014 (Gambar 2a) dan Dokumentasi Pribadi (Gambar 2b dan Beras sosoh))

Warna beras analog dapat diukur menggunakan alat *chromameter*. Hasil dari pengukuran warna didapatkan nilai L, nilai a dan nilai b. Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan yang semakin mendekati angka 100 semakin cerah, sedangkan nilai a merupakan pengukuran warna kromatik campuran merah (angka positif) – hijau (angka negatif) dan nilai b merupakan pengukuran warna kromatik kuning (angka positif) – biru (angka negatif) (Noviasari *et al.*, 2013). Hasil pengukuran warna beberapa beras analog ditampilkan pada Tabel 3.

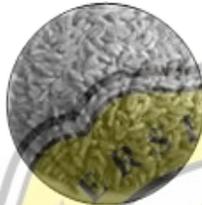
Tabel 3. Hasil Pengukuran Warna Beberapa Beras Sosoh dan Beras Analog

Beras	L	a	b	Gambar	Referensi
Beras Sosoh	80,54	0,25	15,38		Noviasari <i>et al.</i> , 2013
Beras Analog 5	59,41	NA	NA		Kurniawati <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 6	71,76	0,21	17,69		Noviasari <i>et al.</i> , 2013
Beras Analog 7	55,21	2,87	16,95		Noviasari <i>et al.</i> , 2015

Beras Analog 8    55,82    4,23    26,15    Budijanto & Yuiyanti, 2012



Beras Analog 11    49,71    2,11    11,34    Rasyid *et al.*, 2016

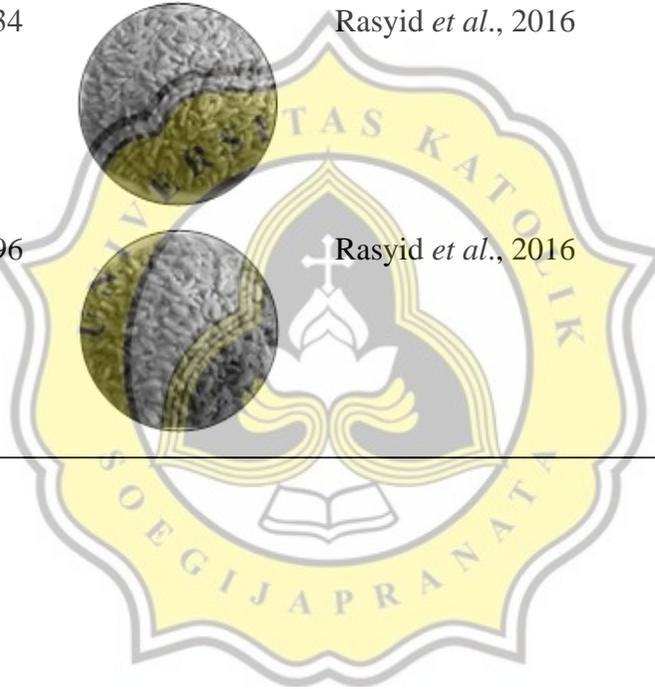


Beras Analog 12    59,82    1,82    13,96    Rasyid *et al.*, 2016



---

Keterangan: NA = *Not Available*



Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa beras sosoh memiliki tingkat kecerahan paling tinggi yaitu 80,54, sedangkan beras analog 11 memiliki tingkat kecerahan paling rendah yaitu 49,71. Pada beras analog 6 memiliki hasil pengukuran warna yang hampir mendekati beras sosoh. Hasil pengukuran beras analog 5 hanya diketahui tingkat kecerahan beras analog yang lebih rendah dibandingkan dengan beras sosoh, tetapi lebih cerah dibandingkan dengan beras analog 7 dan beras analog 8.

Beras analog 6 memiliki warna yang hampir mirip dengan beras sosoh karena tepung komposit yang digunakan berasal dari tepung jagung pulut putih, tepung jagung lokal putih, dan pati sagu. Meskipun hasil pengukuran warnanya mendekati beras sosoh tetapi warnanya masih cenderung kekuningan karena nilai b beras analog 6 (17,69) lebih tinggi dibandingkan nilai b pada BS (15,38) (Noviasari *et al.*, 2013). Pada beras analog 7 juga menggunakan tepung komposit dari tepung jagung pulut putih, tepung jagung lokal putih, dan pati sagu tetapi ada penambahan tepung kedelai, dimana tepung kedelai berwarna coklat kekuningan sehingga hasil pengukuran kecerahan beras analog 7 lebih gelap dibandingkan beras analog 6 (Noviasari *et al.*, 2015). Pada beras analog 8 berwarna kuning karena menggunakan tepung komposit yang berasal dari tepung sorgum (30%) dan tepung jagung (40%). Tepung jagung yang berwarna kuning dan tepung sorgum yang berwarna kuning kecoklatan menyebabkan beras analog yang dihasilkan juga berwarna kuning (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>).

Beras analog 11 dan beras analog 12 sama-sama menggunakan tepung komposit dari tepung sorgum dan pati sagu. Namun pada beras analog 11 ada penambahan campuran rempah sebanyak 1% sehingga tingkat kecerahan beras analog 11 lebih rendah dibandingkan dengan beras analog 12 karena tepung sorgum mengandung tanin yang relative tinggi sehingga berwarna kuning kecoklatan dan juga penambahan campuran rempah memiliki warna spesifik (Rasyid, *et al.*, 2016). Sesuai dengan pernyataan Noviasari *et al.* (2017<sup>a</sup>), bahwa perbedaan warna pada beras analog disebabkan oleh bahan baku yang digunakan dalam tepung komposit. Intensitas warna beras analog secara keseluruhan dipengaruhi oleh bahan yang memiliki warna lebih dominan seperti tepung jagung kuning, tepung sorgum, tepung kedelai, dan penambahan rempah.

### 3.3. Perbandingan Kadar Karbohidrat Beras Analog Yang Berbeda Bahan Dan Pengaruhnya Terhadap Obesitas Dan Diabetes Melitus Tipe 2

Beras analog merupakan makanan sumber karbohidrat karena terbuat dari bahan-bahan sumber karbohidrat seperti sagu, singkong, dan jagung (Sadek *et al.*, 2016). Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi tubuh manusia, dimana satu gram karbohidrat dapat menghasilkan energi sebanyak 4 kkal (Ariyadi & Anggraini, 2010). Konsumsi karbohidrat untuk penderita diabetes melitus tipe 2 direkomendasikan sebesar 45-65% total asupan energi (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI), 2015). Konsumsi karbohidrat termasuk kategori rendah apabila <45%, kategori cukup antara 45 - 65%, dan kategori tinggi apabila >65% (Immawati & Wirawanni, 2014). Rekomendasi karbohidrat 45% total energi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekomendasi Karbohidrat 45% Total Energi

Laki-Laki			
Usia (tahun)	Energi (kkal)	45% total energi (kkal)	Karbohidrat 45% total energi (g/hari)
16 - 18	2650	1193	298
19 - 29	2650	1193	298
30 - 49	2550	1148	287
50 - 64	2150	968	242
65 - 80	1800	810	203
<b>Rata-rata</b>		1062	266
Perempuan			
Usia (tahun)	Energi (kkal)	45% total energi (kkal)	Karbohidrat 45% total energi (g/hari)
16 - 18	2100	945	236
19 - 29	2250	1013	253
30 - 49	2150	968	242
50 - 64	1800	810	203
65 - 80	1550	698	174
<b>Rata-rata</b>		887	222
<b>Rata-rata gabungan</b>		974	244

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa asupan karbohidrat laki-laki dan perempuan berbeda. Asupan karbohidrat laki-laki lebih banyak dibandingkan perempuan dengan rata-rata konsumsi karbohidrat sebesar 266 g/hari, sedangkan perempuan rata-rata konsumsi

karbohidrat sebesar 222 g/hari. Rata-rata konsumsi karbohidrat laki-laki dan perempuan jika digabungkan, maka didapatkan angka 244 g/hari. Konsumsi karbohidrat rendah pada *review* ini yaitu dibawah angka 244 g/hari tetapi tidak kurang dari 130 g/hari. Sumber karbohidrat dipilih sesuai dengan tujuan pembuatan beras analog sehingga kandungan karbohidrat pada beras analog juga berbeda-beda (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>). Perbandingan kadar karbohidrat pada beras analog yang berbeda bahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kadar Karbohidrat Beras Analog yang Berbeda Bahan

Beras	Karbohidrat (%)	Karbohidrat (g/hari)	Energi (kkal)	Referensi
Beras Analog 2	94,7	284	1136	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
Beras Analog 4	94,14	282	1130	Budijanto <i>et al.</i> , 2017
Beras Analog 12	92,83	278	1114	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 11	92,53	278	1110	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 6	92,01	276	1104	Noviasari <i>et al.</i> , 2013
Beras Analog 1	91,6	275	1099	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
Beras Analog 8	91,58	275	1099	Budijanto & Yuiyanti, 2012
Beras Analog 13	89,88	270	1079	Wahjuningsih & Susanti, 2018
Beras Analog 10	89,65	269	1076	Hendrawan <i>et al.</i> , 2015
Beras Analog 15	80,76	242	969	Putri & Sumardiono, 2020
Beras Sosoh	79,8	239	958	Ohtsubo <i>et al.</i> , 2005
Beras Analog 7	77,66	233	932	Noviasari <i>et al.</i> , 2015
Beras Analog 3	77,55	233	931	Anindita <i>et al.</i> , 2020
Beras Analog 5	76,95	231	923	Kurniawati <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 9	75,19	226	902	Fauziyah <i>et al.</i> , 2017
Beras Analog 14	72,94	219	875	Sukamto <i>et al.</i> , 2018
Beras Analog 16	69,55	209	835	Nugraheni <i>et al.</i> , 2020

Keterangan: Perhitungan kadar karbohidrat dengan metode *by different* sehingga karbohidrat (g/hari) = karbohidrat (%) dikalikan 100 g. Perhitungan energi = karbohidrat (g/hari) dikalikan 4kkal. 1 g karbohidrat menghasilkan energi 4 kkal.

Pada Tabel 5 menunjukkan urutan kadar karbohidrat beras analog dari terbesar hingga terkecil. Beras analog 2 hingga beras analog 10 termasuk dalam kategori konsumsi karbohidrat cukup (karbohidrat 244 – 352 g/hari). Beras analog 15 hingga beras analog 16 termasuk dalam kategori konsumsi karbohidrat rendah (karbohidrat < 244 g/hari).

Faktor pertama yang menyebabkan perbedaan kadar karbohidrat pada beras analog adalah keragaman, pemilihan, dan ratio bahan baku yang digunakan dalam pembuatan beras analog. Beras analog yang menggunakan bahan tinggi karbohidrat seperti mocaf, pati jagung, dan sagu aren dalam jumlah yang banyak akan menghasilkan beras analog dengan kadar karbohidrat yang tinggi. Sebaliknya, beras analog yang menggunakan bahan rendah karbohidrat seperti tepung kedelai, tepung ampas tahu, dan bekatul dalam jumlah yang banyak akan menghasilkan beras analog dengan kadar karbohidrat yang rendah (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>). Faktor kedua yang mempengaruhi kadar karbohidrat adalah proses ekstrusi. Proses pemanasan dengan tekanan seperti ekstrusi menyebabkan pati tergelatinisasi (51-78°C) dan membentuk berinteraksi dengan komponen lain seperti protein dan lemak. Interaksi tersebut dapat mengurangi jumlah lemak dan protein sehingga dapat meningkatkan hasil perhitungan kadar karbohidrat (Nurhayati *et al.*, 2014).

Konsumsi karbohidrat tinggi dapat meningkatkan indeks massa tubuh sebagai indikator terjadinya obesitas. Asupan karbohidrat tinggi meningkatkan jumlah glukosa yang masuk tubuh dan memicu pembentukan piruvat dan asetil-KoA yang tinggi sehingga pembentukan asam lemak juga meningkat. Asam lemak yang terbentuk mengalami esterifikasi dengan triosefosfat yang dihasilkan dari glikolisis menjadi trigliserida. Trigliserida yang berlebihan akan disimpan dalam bentuk lemak dibawah kulit dan terakumulasi (Hidayati *et al.*, 2006). Oleh karena itu asupan karbohidrat rendah diperlukan untuk mengurangi pembentukan asam lemak yang dapat meningkatkan indeks massa tubuh. Selain itu, konsumsi makanan karbohidrat rendah dapat mengurangi jumlah glukosa masuk ke dalam peredaran darah sehingga dapat meningkatkan sensitivitas insulin (Immawati & Wirawanni, 2014).

Beras analog 16 memiliki kadar karbohidrat paling rendah karena terbuat dari tepung kecambah kacang merah dan tepung kecambah sorgum. Tepung kecambah kacang merah dan tepung kecambah sorgum didapatkan dari proses perkecambahan. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase meningkat selama proses perkecambahan untuk mendegradasi karbohidrat menjadi komponen metabolik untuk pertumbuhan biji, sehingga kadar karbohidrat tepung kecambah rendah. Proses perkecambahan dapat menguraikan rantai polisakarida hingga 90% menjadi karbohidrat sederhana (Anggrahini, 2007). Selain itu, kadar protein tepung

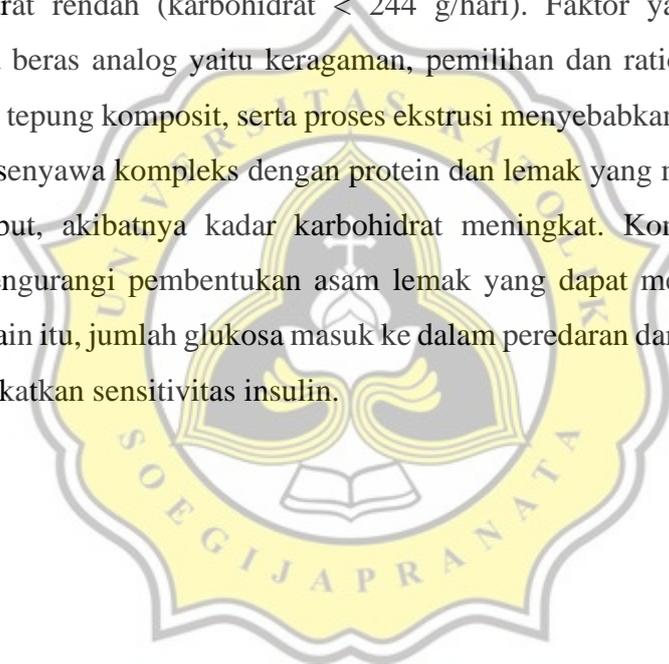
kecambah kacang merah (17,59%) (Wisaniyasa & Suter, 2016) dan tepung kecambah sorgum (11,67%) (Warle *et al.*, 2015) memiliki kadar protein lebih tinggi dibandingkan tepung kacang merah (13,96%) (Wisaniyasa & Suter, 2016) dan tepung sorgum (6,39%) (Hendrawan *et al.*, 2015) sehingga dapat meningkatkan hasil perhitungan kadar karbohidrat beras analog. Penambahan tepung kacang-kacangan seperti tepung kacang kedelai dan tepung kacang merah dapat menurunkan kadar karbohidrat karena kandungan protein, lemak, dan abu beras analog menjadi meningkat. Semakin tinggi kadar protein, lemak dan abu maka kadar karbohidrat semakin rendah (Ratnawati *et al.*, 2019).

Beras analog (3, 5, 7, dan 14) terbuat dari tepung komposit yang mengandung tepung kedelai. Tepung komposit beras analog 14 dan 7 menggunakan tepung kedelai sebanyak 10%. Namun, beras analog 14 memiliki kadar karbohidrat lebih rendah dibandingkan beras analog 7 karena komposisi tepung tinggi karbohidrat yang digunakan beras analog 7 lebih banyak dibandingkan beras analog 14 sehingga kadar karbohidrat beras analog 7 lebih tinggi. Tepung komposit beras analog (3, 5, dan 7), selain tepung kedelai juga mengandung pati sagu. Pati sagu dapat meningkatkan kadar karbohidrat beras analog karena fraksi amilosa pati sagu larut dalam air dan keluar dari granula pati ketika tergelatinisasi, kemudian amilosa membentuk senyawa kompleks dengan protein dan lemak sehingga kadar protein dan lemak menurun (Nurhayati *et al.*, 2014; Jading *et al.*, 2011). Kandungan amilosa pada pati sagu lebih tinggi yaitu 32,99% (Hendrawan *et al.*, 2015) dibandingkan dengan mocaf (22,48%) (Wahjuningsih & Susanti, 2018) dan tepung jagung (26,19%) (Richana *et al.*, 2011). Oleh karena itu, kadar karbohidrat beras analog 14 lebih rendah dibandingkan beras analog (3, 5, dan 7).

Beras analog 9 dan 13 terbuat dari tepung komposit yang mengandung tepung kacang merah. Namun, beras analog 9 memiliki kadar karbohidrat lebih rendah dibandingkan dengan beras analog 13 karena rasio tepung kacang merah yang digunakan pada beras analog 9 lebih banyak (tepung merah sebanyak 27%) dibandingkan beras analog 13 (tepung kacang merah sebanyak 10%). Kadar karbohidrat beras analog 9 lebih tinggi dibandingkan beras analog 14 karena tepung kedelai memiliki karbohidrat lebih rendah daripada tepung kacang merah. Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>, pemilihan dan ratio bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi kadar karbohidrat beras analog.

Beras analog 15 masih tergolong dalam asupan karbohidrat rendah (karbohidrat < 244 g/hari). Tepung komposit beras analog 15 memanfaatkan tepung dari limbah yaitu tepung biji alpukat, dan tepung ampas tahu. Kadar karbohidrat rendah pada beras analog 15 dipengaruhi oleh tepung ampas tahu, dimana tepung ampas tahu memiliki kadar protein yang tinggi (31,93%) (Putri & Sumardiono, 2020) karena saat pembuatan tahu, sebagian protein pada kedelai tidak dapat terekstrak, terlebih menggunakan proses penggilingan sederhana sehingga kadar karbohidrat menurun (Sudaryati *et al.*, 2012).

Pada *review* ini diketahui bahwa beras analog (3, 5, 7, 9, 14, 15, dan 16) termasuk dalam asupan karbohidrat rendah (karbohidrat < 244 g/hari). Faktor yang mempengaruhi karbohidrat pada beras analog yaitu keragaman, pemilihan dan ratio bahan baku yang digunakan dalam tepung komposit, serta proses ekstrusi menyebabkan pati tergelatinisasi dan membentuk senyawa kompleks dengan protein dan lemak yang menurunkan jumlah komponen tersebut, akibatnya kadar karbohidrat meningkat. Konsumsi karbohidrat rendah dapat mengurangi pembentukan asam lemak yang dapat meningkatkan indeks massa tubuh. Selain itu, jumlah glukosa masuk ke dalam peredaran darah dapat berkurang sehingga meningkatkan sensitivitas insulin.



### 3.4. Perbandingan Kadar Serat Beras Analog Yang Berbeda Bahan Dan Pengaruhnya Terhadap Obesitas Dan Diabetes Melitus Tipe 2

Konsumsi serat pangan memiliki manfaat yang baik bagi kesehatan, yaitu menghambat penyerapan glukosa, meningkatkan kepadatan feses, mencegah kanker usus besar, sebagai pelindung sistem pencernaan, dan meningkatkan pergerakan dari usus (Yustika, 2018). Namun, konsumsi serat yang berlebihan dapat memberikan efek negatif seperti mengurangi absorpsi zat gizi seperti vitamin dan mineral sehingga meningkatkan resiko osteoporosis pada usia lanjut, serta menyebabkan flatulensi karena hasil dari fermentasi serat pada usus besar menghasilkan gas (Santoso, 2011). Menteri Kesehatan RI (2019) merekomendasikan asupan serat pangan untuk orang dewasa adalah 22-37 g/hari, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekomendasi asupan serat pangan

Laki-Laki		Perempuan	
Usia (tahun)	Serat (g/hari)	Usia (tahun)	Serat (g/hari)
16 - 18	37	16 - 18	29
19 - 29	37	19 - 29	32
30 - 49	36	30 - 49	30
50 - 64	30	50 - 64	25
65 - 80	25	65 - 80	22

Pada Tabel 6 rekomendasi serat terendah pada perempuan dengan usia 65-80 tahun, sedangkan yang tertinggi pada laki-laki dengan usia 16-29 tahun. Rekomendasi asupan serat pangan pada laki-laki lebih banyak dibandingkan dengan perempuan. Semakin produktif (19-49 tahun) usia seseorang maka rekomendasi asupan serat semakin tinggi dan sebaliknya. Konsumsi makanan sumber serat pangan dalam jumlah yang cukup dapat mencukupi rekomendasi asupan serat pangan. Beras analog merupakan salah satu bahan makanan sumber serat. Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan (PERKA BPOM) (2016) produk pangan yang merupakan sumber serat minimal mengandung serat 3% dan produk pangan yang tinggi serat memiliki kadar serat  $\geq 6\%$ . Penggunaan tepung komposit yang berbeda bahan pada beras analog menghasilkan

kandungan serat pangan yang berbeda pula. Perbandingan kadar serat pangan pada beras analog yang berbeda bahan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Kadar Serat Pangan Beras Analog yang Berbeda Bahan

Beras	Serat Pangan (%)	Serat Pangan (g/hari)	Referensi
Beras Analog 15	26,98	80,94	Putri & Sumardiono, 2020
Beras Analog 16	20,78	62,34	Nugraheni <i>et al.</i> , 2020
Beras Analog 5	13,3	39,9	Kurniawati <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 9	12,14	36,42	Fauziyah <i>et al.</i> , 2017
Beras Analog 3	10,53	31,59	Anindita <i>et al.</i> , 2020
Beras Analog 14	7,99	23,97	Sukamto <i>et al.</i> , 2018
Beras Analog 13	7,04	21,12	Wahjuningsih & Susanti, 2018
Beras Analog 11	6,67	20,01	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 7	5,84	17,52	Noviasari <i>et al.</i> , 2015
Beras Analog 6	5,75	17,25	Noviasari <i>et al.</i> , 2013
Beras Analog 12	5,57	16,71	Rasyid <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 4	5,22	15,66	Budijanto <i>et al.</i> , 2017
Beras Analog 2	4,21	12,63	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
Beras Analog 8	4,02	12,06	Budijanto & Yuiyanti, 2012
Beras Analog 1	4	12	Novaisari <i>et al.</i> , 2017 <sup>b</sup>
Beras Analog 10	3,18	9,54	Hendrawan <i>et al.</i> , 2015
Beras Sosoh	0,6	1,8	Ohtsubo <i>et al.</i> , 2005

Keterangan: Sampel pengujian serat pangan 1 gram sehingga serat pangan (g) = (serat pangan (%) per 1 gram kemudian dikalikan dengan 100 gram (pemisalan 1 porsi nasi)). Perhitungan serat pangan (g/hari) = serat pangan (g) dikalikan 3 (konsumsi makan per hari).

Tabel 7 menunjukkan urutan beras analog dengan kadar serat dari yang terbesar hingga yang terkecil. Beras sosoh tidak memenuhi persyaratan pangan sumber serat karena kadar seratnya hanya 0,6%. Beras analog 15 sampai dengan beras analog 11 merupakan pangan tinggi serat pangan ( $\geq 6\%$ ), sedangkan beras analog 7 sampai dengan beras analog 10 merupakan pangan sumber serat ( $\leq 3\%$ ). Beras analog yang memenuhi rekomendasi asupan serat pangan (22-37 g/hari) adalah beras analog 9, beras analog 3, dan beras analog 14.

Konsumsi serat pangan dapat mencegah terjadinya obesitas dan diabetes melitus tipe 2. Serat pangan khususnya serat larut dapat membentuk gel dengan menyerap cairan dalam

lambung sehingga dapat memperlambat proses pengosongan lambung dan mencegah konsumsi makanan yang berlebihan. Serat tidak larut mempercepat waktu transit dalam usus sehingga penyerapan gizi khususnya glukosa tidak banyak terserap. Serat yang tidak terserap dalam usus halus akan difermentasi oleh bakteri dalam usus besar dan menghasilkan asam lemak rantai pendek jenis asetat, propionat, dan butirat, kemudian terserap kembali menuju aliran darah. Asam-asam lemak rantai pendek tersebut dapat mengurangi pelepasan asam lemak bebas dalam aliran darah sehingga dalam jangka waktu lama dapat menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan sensitivitas insulin (Immawati & Wirawanni, 2014).

Konsumsi pangan tinggi serat (serat pangan  $\geq 6\%$ ) efektif dalam menurunkan kadar gula darah pada penderita diabetes melitus tipe 2. Namun, beras analog yang tidak memiliki kadar serat tinggi (serat pangan  $< 6\%$ ) tetapi masih tergolong dalam sumber serat pangan (serat pangan  $\geq 3\%$ ) tidak menutup kemungkinan dapat menurunkan kadar gula darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 dengan menambah konsumsi dari sayur-sayuran dan buah-buahan yang tinggi serat. Semakin tinggi konsumsi serat dalam jumlah yang cukup maka semakin rendah kadar glukosa darah (Immawati & Wirawanni, 2014).

Kadar serat pangan pada beras analog dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu keragaman, pemilihan dan rasio bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang beragam menghasilkan kandungan gizi yang berbeda pula pada beras analog. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku yang beragam diperlukan untuk menghasilkan beras analog dengan kandungan gizi yang diinginkan. Bahan dengan kandungan serat yang tinggi seperti seperti tepung ampas tahu, tepung kecambah, tepung kedelai, tepung kacang merah, dan bekatul dapat dipilih untuk menghasilkan beras analog dengan kadar serat tinggi. Penggunaan bahan baku yang tinggi serat (serat pangan  $\geq 6\%$ ) dalam jumlah yang banyak menghasilkan beras analog dengan kadar serat tinggi (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>).

Faktor kedua adalah pemanasan saat ekstrusi beras analog. Proses pemanasan saat ekstrusi beras analog dapat merubah sifat kelarutan serat. Perubahan sifat kelarutan serat disebabkan oleh pemendekan rantai polimer akibat adanya energi mekanis dan termal sehingga serat tidak larut dapat berubah menjadi serat larut (Triwitono, 1999). Contohnya

hemicelulosa tidak larut berubah menjadi hemicelulosa larut pada suhu 121°C, dimana pada suhu tersebut hemicelulosa dapat terhidrolisis (Nurjanah *et al.*, 2018). Selain itu, adanya pemendekan rantai polimer menyebabkan kemampuan serat larut air dalam membentuk matriks gel untuk menahan air berkurang (mengalami kerusakan) (Triwitono, 1999). Pemanasan dengan tekanan seperti ekstrusi menyebabkan sebagian ikatan glikosidik putus pada percabangan  $\alpha$ -1,6 sehingga terjadi perubahan struktur amilopektin menjadi amilosa. Semakin tinggi amilosa semakin berpotensi dalam pembentukan pati resisten (Setiarto *et al.*, 2015).

Faktor ketiga adalah retrogradasi pati yang memicu terbentuknya pati resisten. Saat retrogradasi pati terjadi penggabungan kembali molekul amilosa dan amilopektin untuk membentuk struktur baru yang lebih kompleks dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat sehingga sulit dicerna oleh enzim pencernaan. Pati resisten yang tahan terhadap hidrolisis enzim pencernaan seperti enzim  $\alpha$ -amilase, pankreatin, dan pullulanase, dimana enzim tersebut digunakan dalam pengujian serat pangan sehingga pati resisten dihitung sebagai serat tidak larut (Nurjanah *et al.*, 2018). Pernyataan tersebut juga didukung oleh Setiarto *et al.* (2015), bahwa pati resisten dapat diukur sebagai komponen serat pangan tidak larut karena terukur bersama-sama dengan serat dalam bahan pangan.

Tepung komposit beras analog 15 terdiri atas mocaf, tepung ampas tahu dan tepung biji alpukat. Tingginya kadar serat pada beras analog 15 disebabkan karena penambahan tepung ampas tahu yang memiliki kadar serat pangan tinggi, yaitu 21,43% (Faisal *et al.*, 2016). Sebagian besar tepung ampas tahu terdiri dari serat pangan khususnya serat tidak larut (berupa selulosa 5,5%, hemicelulosa 12%, dan lignin 11,5%) (Kamble & Rani, 2020). Selain itu, adanya dengan tepung biji alpukat yang memiliki kadar serat yang tinggi yaitu 7,32% dengan serat pangan tidak larut sebesar 4,4% (Gonzalez *et al.*, 2019). Mocaf yang digunakan dalam pembuatan beras analog 15 berperan menghasilkan pati resisten karena pembuatan mocaf melalui fermentasi bakteri asam laktat yang akan menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase. Enzim  $\alpha$ -amilase mendegradasi amilopektin menjadi maltosa dan triosa, serta menyisakan limit dekstrin. Limit dekstrin yang dihasilkan tidak dapat dicerna oleh enzim  $\alpha$ -amilase dalam pencernaan manusia. Limit dekstrin merupakan bagian tengah dari amilopektin dengan ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosida, sedangkan

enzim  $\alpha$ -amilase secara spesifik memotong ikatan  $\alpha$ -1,4-glukosida (Sadek *et al.*, 2016). Oleh karena itu, beras analog memiliki kadar serat pangan paling tinggi.

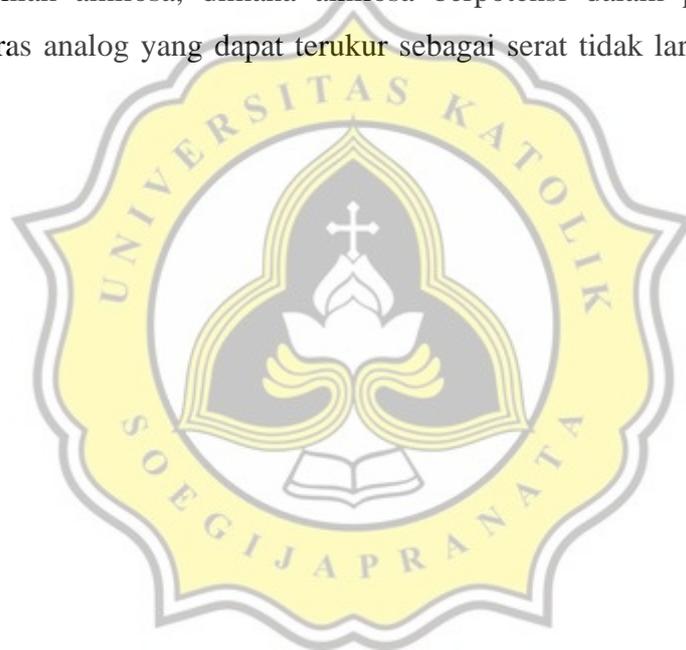
Beras analog 16 memiliki kadar serat pangan tertinggi kedua setelah beras analog 15. Kadar serat pangan rendah pada beras analog 16 karena tepung komposit yang digunakan mengandung tepung kecambah kacang merah, tepung kecambah sorgum, dan modifikasi tepung garut dengan pati resisten tipe 3. Tepung kecambah kacang merah dan tepung kecambah sorgum dapat meningkatkan kadar serat pangan karena dipengaruhi oleh sintesis karbohidrat pembentuk dinding sel seperti selulosa dan hemiselulosa (Aminah & Hersoelistyorini, 2012). Dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Wisaniyasa & Suter (2016), tepung kacang merah yang tidak dikecambahkan memiliki kadar serat pangan sebesar 32,23 %, sedangkan tepung kacang merah yang dikecambahkan memiliki kadar serat pangan sebesar 34,29 %. Modifikasi tepung garut dengan pati resisten tipe 3 menambah jumlah pati resisten yang dapat terhitung sebagai serat tidak larut (Setiarto *et al.*, 2015).

Beras analog (3, 7, 9, 13, dan 14) terbuat dari tepung komposit yang mengandung tepung kacang-kacangan yaitu tepung kedelai dan tepung kacang merah. Tepung kacang-kacangan dapat meningkatkan kadar serat pangan pada beras analog karena mengandung serat pangan yang tinggi (> 6%). Kadar serat pangan tepung kedelai sebesar 9,8% (Ratnawati *et al.*, 2019), sedangkan tepung kacang merah memiliki kadar serat pangan sebesar 14,38% (Wahjuningsih & Susanti, 2018). Pemilihan bahan dengan kadar serat pangan tinggi dan digunakan dalam jumlah yang banyak dalam tepung komposit beras analog maka semakin tinggi kadar serat pangan beras analog (Noviasari *et al.*, 2017<sup>a</sup>).

Bekatul digunakan dalam tepung komposit beras analog 5. Bekatul didapat kan dari penyosohan beras yang merupakan bagian terluar bulir beras. Secara morfologi, bekatul terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan pericarp, testa, dan *aleurone*. Lapisan-lapisan tersebut mengandung serat pangan berupa selulosa, hemiselulosa, pektin, arabinosilan, lignin, dan  $\beta$ -glukan (Tuarita *et al.*, 2017). Selain itu penggunaan tepung jagung juga meningkatkan kadar serat pangan dan pati resisten pada beras analog. Kadar serat pangan tepung jagung sebesar 8,24% dan kadar amilosa sebesar 26,19%. Semakin banyak

kandungan amilosa maka semakin banyak pati resisten yang akan terbentuk (Richana *et al.*, 2011). Oleh karena itu, beras analog 5 kadar serat pangan lebih tinggi dibandingkan beras anaog (3, 7, 9, 13, dan 14).

Berdasarkan perbandingan serat pada *review* ini diketahui bahwa beras analog (3, 5, 9, 11, 13, 14, 15, dan 16) merupakan pangan tinggi serat (>6%). Namun, jika dikonsumsi dalam 1 hari (3 kali konsumsi) maka hanya beras analog (3, 9, dan 14) yang memenuhi rekomendasi asupan serat yaitu 22-37 g/hari (Menteri Kesehatan RI, 2019). Oleh karena itu, pemilihan keragaman bahan dan ratio yang digunakan harus tepat. Selain itu, proses pemanasan saat ekstrusi dapat merubah sifat kelarutan serat (Triwitono, 1999) dan meingkatkan jumlah amilosa, dimana amilosa berpotensi dalam pembentukan pati resisten pada beras analog yang dapat terukur sebagai serat tidak larut (Setiarto *et al.*, 2015).



### 3.5. Pemetaan Beras Analog

Berdasarkan perbandingan karbohidrat beras analog didapatkan beras analog (3, 5, 7, 9, 14, 15, dan 16) termasuk dalam asupan karbohidrat rendah (karbohidrat < 244 g/hari). Pada perbandingan serat beras analog didapatkan beras analog (3, 9, dan 14) yang memenuhi rekomendasi asupan serat yaitu 22-37 g/hari. Hasil pemetaan beras analog dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pemetaan Beras Analog yang Efektif

Beras	Karbohidrat (g/hari)	Serat pangan (%)	Serat pangan (g/hari)	Indeks Glikemik	Referensi
Beras Analog 15	242	26,98	80,94	NA	Putri & Sumardiono, 2020
Beras Analog 7	233	5,84	17,52	50	Noviasari <i>et al.</i> , 2015
Beras Analog 3	233	10,53	31,59	NA	Anindita <i>et al.</i> , 2020
Beras Analog 5	231	13,3	39,9	54	Kurniawati <i>et al.</i> , 2016
Beras Analog 9	226	12,14	36,42	NA	Fauziyah <i>et al.</i> , 2017
Beras Analog 14	219	7,99	23,97	NA	Sukamto <i>et al.</i> , 2018
Beras Analog 16	209	20,78	62,34	NA	Nugraheni <i>et al.</i> , 2020

Keterangan: NA = *Not Available*

Pada Tabel 8 diketahui bahwa beras analog (3, 9, dan 14) merupakan beras analog yang efektif untuk menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2. Beras analog (5, 15, dan 16) termasuk dalam konsumsi serat melebihi rekomendasi asupan serat per hari (> 37 g/hari), sedangkan beras analog 7 kurang memenuhi rekomendasi asupan serat per hari (< 22 g/hari). Indeks glikemik beras analog yang diketahui hanya beras analog 7 dan beras analog 5 tetapi nilai indeks glikemik beras analog tersebut tergolong rendah (IG < 55).

Konsumsi karbohidrat tinggi dapat meningkatkan jumlah glukosa dalam tubuh dan pembentukan trigliserida, dimana trigliserida yang berlebihan akan disimpan dalam bentuk lemak dibawah kulit dan terakumulasi sehingga indeks massa tubuh meningkat. Indeks massa tubuh merupakan indikator terjadinya obesitas (Hidayati *et al.*, 2006).

Apabila obesitas terjadi maka produksi asam lemak bebas dalam tubuh akan meningkat dan sel adiposit rusak akibatnya sitokin proinflamasi (seperti *Tumor Necrosis Factor* (TNF)- $\alpha$  dan *Interleukin* (IL)-6) diproduksi sebagai sinyal terjadi inflamasi pada sel. Sitokin proinflamasi dapat mengganggu kerja insulin sehingga translokasi transporter glukosa 4 (GLUT4) ke permukaan sel terhambat dan kadar glukosa dalam darah akan meningkat, dalam jangka waktu tertentu berkembang menjadi diabetes melitus (Paleva, 2019). Oleh karena itu, konsumsi karbohidrat rendah dengan kandungan serat pangan yang cukup dapat membantu menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2 (Immawati & Wirawanni, 2014).

Konsumsi karbohidrat rendah dan serat pangan tinggi perlu dibatasi. Konsumsi karbohidrat terlalu rendah (< 130 g/hari) tidak dianjurkan karena susunan saraf pusat dan eritrosit membutuhkan karbohidrat (glukosa) sebagai energi (Immawati & Wirawanni, 2014). Konsumsi serat pangan terlalu tinggi (> 37 g/hari) menyebabkan absorpsi zat gizi seperti vitamin dan mineral berkurang sehingga meningkatkan resiko osteoporosis pada usia lanjut, serta menyebabkan flatulensi sebagai hasil fermentasi serat pada usus besar (Santoso, 2011).

Beras analog (3, 9, dan 14) terpilih sebagai beras analog efektif karena memenuhi kriteria sebagai beras analog dengan asupan karbohidrat rendah (< 244 g/hari) tetapi tidak kurang dari 130 g/hari dan kadar serat pangan termasuk kategori tinggi serat pangan (> 6%) tetapi tidak melebihi atau kurang dari rekomendasi asupan serat (22-37 g/hari). Konsumsi karbohidrat rendah dapat menurunkan jumlah glukosa yang masuk dalam tubuh dan pembentukan trigliserida, sedangkan konsumsi serat pangan tinggi dalam jumlah yang cukup dapat memperlambat laju pengosongan lambung, mengurangi penyerapan zat gizi, mengurangi asam lemak bebas di aliran darah sehingga sensitivitas meningkat, dan menurunkan nilai indeks pada makanan. Oleh karena itu, konsumsi makanan berlebihan dapat dicegah sehingga indeks massa tubuh tetap stabil, serta respon glikemik menjadi rendah sehingga sensitivitas insulin meningkat dan mencegah diabetes melitus tipe 2 menjadi diabetes kronis (Immawati & Wirawanni, 2014).

Indeks glikemik beras analog yang diketahui hanya beras analog 7 dan 5. 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<sup>a</sup>). Indeks glikemik beras analog 7 sebesar 50 dan beras analog 5 sebesar 54. Nilai indeks glikemik beras analog tersebut tergolong dalam indeks glikemik rendah ( $IG < 55$ ) sehingga diduga beras analog lain juga memiliki indeks glikemik yang rendah. Sesuai dengan pernyataan Immawati & Wirawanni (2014) bahwa serat pangan dapat menurunkan indeks glikemik pada makanan. Semakin rendah nilai indeks glikemik maka karbohidrat yang dicerna menjadi gula darah semakin lambat dan pelepasan glukosa pada peredaran darah semakin lambat. Oleh karena itu, makanan yang memiliki nilai indeks glikemik rendah baik dikonsumsi oleh seseorang yang menderita obesitas dan diabetes melitus tipe 2 (Kurniawati *et al.*, 2016). Serat pangan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai indeks glikemik. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi indeks glikemik, yaitu kandungan amilosa dan amilopektin, daya cerna pati, kadar lemak dan protein, serta cara pengolahan seperti pemanasan (Arif *et al.*, 2013).

Pada pemetaan beras analog ini diketahui bahwa beras analog (3, 9, dan 14) terpilih sebagai beras analog yang efektif untuk menekan prevalensi obesitas dan diabetes melitus tipe 2 karena memenuhi kriteria asupan karbohidrat rendah ( $< 244$  g/hari) dan rekomendasi asupan serat (22-37 g/hari). Beras analog (5, 15, dan 16) merupakan pangan tinggi serat ( $> 6\%$ ) tetapi jika dikonsumsi dalam 1 hari (3 kali konsumsi) akan melebihi rekomendasi asupan serat. Kelebihan asupan serat dapat menyebabkan efek negatif bagi kesehatan. Namun, beras analog (5, 15, dan 16) tetap dapat dikonsumsi tetapi hanya 1 kali konsumsi saja untuk menghindari asupan serat yang berlebih. Beras analog 7 memenuhi kriteria asupan karbohidrat rendah tetapi merupakan pangan sumber serat ( $> 3\%$ ) dan tidak memenuhi rekomendasi asupan serat ( $< 22$  g/hari). Namun, beras analog 7 tetap dapat dikonsumsi dengan mengonsumsi makanan lain seperti buah-buahan dan sayuran yang memiliki serat tinggi sehingga rekomendasi asupan serat harian dapat tercapai.